#TREC 14
S MART ENERGY
MART AGRICULTURE
MART COMMUNITY

14th Thailand Renewable Energy for Community Conference

งานประชุมสัมมนาวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 (TREC-14)

10-12 พฤศจิกายน 2564
ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

: Smart Energy
: Smart Agriculture
: Smart Community

1 EI นวัตกรรมด้านพลังงาน
Energy Innovation

2 EA พลังงานและการบริหารจัดการเพื่อการเกษตร
Energy and Management for Agricultural

3 EV สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน
Environment for Community

4 CE ไฟฟ้าชุมชน
Community Electricity

5 FH เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน
Fuel and Heat for Communities

6 EM การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล
Community Energy Management by Digital Technology

MAEJO GO ECO UNIVERSITY
MAEJO UNIVERSITY SUSTAINABLE

TCEB THAILAND CONVENTION & EXHIBITION BUREAU
ptt
PTS combination
LECO EMPOWERING RESULTS
บริษัท กลุ่มพระยา จำกัด PHRAYA GROUP COMPANY LIMITED.
DYNAMACH ENGINEERING
FT ENERGY Future Technology Thailand
MAXIMAL INTER TRADING
STRUCTURE Design & Construction Company Limited
E4C.INNOVATION
SOLARTRON

(Full Paper)

งานประชุมสัมมนาวิชาการ
รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
แห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 14
(TREC-14)

ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารอธิการบดี

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ยินดีต้อนรับผู้เข้าร่วมงานทุกท่าน เข้าสู่การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ (๑๔th Thailand Renewable Energy for Community Conference; TREC ๑๔) ทางมหาวิทยาลัยรู้สึกเป็นเกียรติและมีความยินดีอย่างยิ่งในการจัดงานครั้ง นี้ ภายใต้แนวคิด “Smart Energy – Smart Agriculture – Smart Community” เพื่อส่งเสริม สนับสนุน และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนจากนักวิจัย นักวิชาการ ชุมชนด้านพลังงาน องค์กรของหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย ภายใต้การนำเสนอผลงานในรูปแบบผสมผสาน ตามแนวชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ตามสถานการณ์ปัจจุบัน

การจัดสัมมนาวิชาการวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาและขับเคลื่อนงานวิจัย นวัตกรรม และเทคโนโลยีพลังงานของประเทศไทยให้เกิดความยั่งยืน โดยนำแหล่งพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ไปประยุกต์ใช้กับชุมชนนั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนและก้าวไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ตลอดจนการมุ่งสู่การพัฒนาในด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน รวมถึงการส่งเสริมงานวิจัยด้านพลังงาน และพลังงานทางเลือกเพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับชุมชน

ขอขอบคุณ คณะผู้จัดงาน นักวิจัย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ที่สนับสนุนและให้ความร่วมมือในการจัดงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลของการจัดงานในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการขับเคลื่อน และการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสู่ชุมชนของประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีรพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารจากคณบดี

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ รวมไปถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการบริหารจัดการพลังงานให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนของประเทศ สอดคล้องกับแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว (TIEB) ของประเทศ ภายใต้กรอบแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ และแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง สอดคล้องกับการจัดตั้งวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีเป้าประสงค์เพื่อผลิตบัณฑิตพัฒนาพลังงานวิจัยรวมถึงการบริการวิชาการให้เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมและชุมช ซึ่งจะครบรอบ ๑๕ ปีถัดไป พ.ศ. ๒๕๖๕

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในฐานะตัวแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีความยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่คณะกรรมการของสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยที่ได้ให้โอกาสในการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ (TREC๑๔) ภายใต้แนวคิด “Smart Energy Smart Agriculture Smart community” ซึ่งการจัดงานครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อชุมชน ประชาชน นักศึกษา บุคลากร อาจารย์ นักวิจัย องค์กร และหน่วยงานต่าง ๆ ในการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ผลงานวิจัยให้เกิดการบูรณาการในภาพรวมสำหรับการนำไปใช้แก้ไขปัญหาทางด้านพลังงานของประเทศอันนำเพื่อการสร้างความยั่งยืนทางด้านพลังงานทดแทนและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศ

สุดท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่จากการนำเสนอ ในการประชุมประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ นี้ จะเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงานของประเทศไทยและขอขออวยพรให้จัดการประชุมสัมมนาในครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวง)
คณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารประธานที่ปรึกษา

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ในนามของประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยซึ่งได้จัดตั้งมากว่า ๑๐ ปี แล้ว การก่อตั้งเพื่อวัตถุประสงค์ในการ นำความรู้จากภาควิชาการที่ได้ ศึกษา วิจัย สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน ลงสู่ประชาชน ชุมชนให้เกิดการใช้งานจริง ให้ประเทศพึ่งพาเทคโนโลยีที่เหมาะสมของนักวิจัยไทย โดยเน้นการนำพลังงานและรูปแบบการจัดการพลังงาน เพื่อนำไปใช้ได้จริงอย่างเหมาะสมต่อชุมชนในประเทศไทย และเพื่อให้เกิดผลได้อย่างแท้จริงจากการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานสะอาด ซึ่งรวมถึงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล และพลังงานจากน้ำหรือพลังงานที่เหมาะสม

การจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งนี้เป็นครั้งที่ ๑๔ แล้ว ภายใต้ชื่องาน “Smart Energy Smart Agriculture Smart Community (พลังงานอัจฉริยะ เกษตรอัจฉริยะเพื่อชุมชนอัจฉริยะ)” นี้ เป็นการจัดงานในรูปแบบใหม่อีกครั้งหนึ่งของสมาคมฯ ซึ่งเป็นความร่วมมือกัน ระหว่าง วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่งจะเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อนักวิชาการ อาจารย์ นักวิจัย ชุมชน เกษตรกร รวมทั้งนิสิต นักศึกษาทั่วประเทศ ได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ ตลอดจนเป็นการกระตุ้นการสร้างผลงานวิจัย การพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์เชิงวิชาการ ความเชี่ยวชาญ ชำนาญการ ระหว่างนักวิจัย นักวิชาการและชุมชน ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยเพื่อสร้างความเป็นอัจฉริยะให้กับสังคมและชุมชนในประเทศและแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานของชาติได้อย่างสัมฤทธิ์ผล ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยได้อย่างยั่งยืนในอนาคต ในฐานะตัวแทนของสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ขอโอกาสพิเศษนี้ใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และผู้สนับสนุนทุกหน่วยงานในการร่วมกันเป็นเจ้าภาพในการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการฯ ขอบคุณคณะกรรมการสมาคมฯ ทุกท่าน รวมถึงทีมงานในการจัดงานครั้งนี้

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ ๑๔ ในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงด้วยดี และเป็นประโยชน์ต่อองค์ความรู้โดยรวมของภาคชุมชนและด้านวิชาการของประเทศต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)
ประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

สารนายกสมาคมฯ

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ปี ๒๕๖๔ ปีนี้การเผชิญหน้ากับภาวะวิกฤติการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-๑๙ ยังต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสัมมนาวิชาการ TREC ๑๔ เป็นรูปแบบทั้ง Online และ Onsite ภายใต้มาตรการสาธารณสุขอย่างเคร่งครัด แต่อย่างไรก็ตามชุมชนพลังงานและชุมชนเกษตร ต้องปรับตัวให้สามารถอยู่ร่วมกันและอยู่ได้ภายใต้ภาวะโรคระบาด แสวงหาการเลือกใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยที่สุด รวมไปถึงการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงาน

ในนามของนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่ง สมาคมฯ ได้ดำเนินกิจกรรม “งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย” เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการของนักวิชาการ นักศึกษา ประชาชนทั่วไปและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ในชุมชน อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา ๑๓ ปี ซึ่งงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ ภายใต้ชื่องาน “Smart Energy Smart Agriculture Smart Community” เพื่อเป็นการเชื่อมโยงชุมชนพลังงาน ชุมชนเกษตร สู่การเป็นชุมชนอัจฉริยะ ให้สามารถดำเนินชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงยุคโควิด-๑๙ ระบาด พร้อมแสวงหามาตรการหรือแนวทางการอยู่รอดของชุมชนภายหลังการฟื้นฟูของโควิด-๑๙ รวมถึงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานราก ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเครือข่ายพลังงานชุมชน ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) นับได้ว่าเป็นงานประชุมวิชาการแห่งเดียวในประเทศไทย ที่มีการบูรณาการระหว่างภาคนักวิชาการ ภาคเอกชน และภาคชุมชนเข้าด้วยกัน

กระผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ หรือ TREC ๑๔ นี้ สามารถตอบโจทย์การสร้างเครือข่ายชุมชนพลังงานอัจฉริยะและชุมชนเกษตรอัจฉริยะ ในยุคโควิท ๑๙ ทำให้ทุกภาคส่วนร่วมมือร่วมใจกันทำประโยชน์ให้กับสังคมและชุมชนสามารถปรับตัวและอยู่รอดได้อย่างแท้จริง ส่งเสริมให้งานด้านวิชาการ ขยายผลลงสู่ภาคชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

(ดร.อำพล อาภาธนากร)
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

กำหนดการ
งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔
๑๔th Thailand Renewable Energy for Community Conference
วันที่ ๑๐ – ๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๔
ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
.....

วันพุธ ที่ ๑๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๔	
๐๘.๐๐ – ๐๙.๐๐ น.	ลงทะเบียน ณ **วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่**
๐๙.๐๐ – ๑๐.๓๐ น.	พิธีเปิดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๔ - กล่าวต้อนรับ โดย ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย **(ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)** - กล่าวรายงาน โดย นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย **(ดร.อำพล อาภาธนากร)** - ประธานกล่าวเปิดงาน โดย รองนายกรัฐมนตรีและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน **(ผู้แทน)** - ประธานกล่าวเปิดงานร่วม โดย รองผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่ **(นายชัชวาลย์ ฉายะบุตร)** โดย ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่บริหารชื่อเสียงองค์กรและกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) **(นางกนกพร รอดรุ่งเรือง)** - พิธีมอบโล่เกียรติยศแก่ผู้สนับสนุนการจัดงาน โดย ตัวแทนสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
๑๐.๓๐ – ๑๑.๐๐ น.	บรรยายพิเศษ “Energy Disruption and Thailand Energy Community in The Future” โดย ผู้อำนวยการวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร **(รศ.ดร.วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร)**
๑๑.๐๐ – ๑๑.๓๐ น.	บรรยายพิเศษ “โรงเรือนอัจฉริยะกับสมุนไพรทางเลือกสำหรับพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากชุมชน” โดย ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **(ศ.ดร.อานัฐ ตันโช)**
๑๑.๓๐ – ๑๒.๐๐ น.	**กล่าวต้อนรับ และบรรยายพิเศษ** “การพัฒนามหาวิทยาลัยแม่โจ้สู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งความยั่งยืนเพื่อชุมชน” โดย อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้ **(รศ.ดร.วีระพล ทองมา)**
	หมายเหตุ รับประทานอาหารว่าง ระหว่างการบรรยาย
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น.	รับประทานอาหารกลางวัน

๑๓.๓๐ – ๑๔.๓๐ น.	เสวนาพิเศษ **“วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อวิถีชีวิตของสังคมเกษตรกรไทย”** โดย **ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย **ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์** ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย **นายพิชัย เลิศพงศ์อดิศร** นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ **ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี** รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้ **นางอัจฉริยา เจริญศักดิ์** ผู้จัดการฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ดำเนินรายการ โดย **ดร.อำพล อาภาธนากร** นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
๑๔.๓๐ – ๑๕.๐๐ น.	**“บทบาท หน้าที่ ของสมาคมฯ ต่อการขับเคลื่อนด้านพลังงานชุมชน”** โดย คณะกรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
๑๕.๐๐ – ๑๗.๓๐ น.	**กิจกรรม Show & Share** พลังงานชุมชน (ห้องประชุมใหญ่)
๑๗.๓๐ น. เป็นต้นไป	เข้าที่พัก รับประทานอาหารเย็น และพักผ่อนตามอัธยาศัย

วันพฤหัสบดี ที่ ๑๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๔

๐๘.๐๐ – ๐๙.๐๐ น.	ลงทะเบียน ณ **วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่**	
๐๙.๐๐ – ๑๒.๐๐ น.	**นำเสนอบทความวิชาการ** ห้องที่ ๑: นวัตกรรมด้านพลังงาน ห้องที่ ๒: พลังงานและการบริหารจัดการเพื่อการเกษตร ห้องที่ ๓: สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน ห้องที่ ๔: ไฟฟ้าชุมชน ห้องที่ ๕: เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน ห้องที่ ๖: การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล	**กิจกรรมคลินิกชุมชน** หัวข้อ: สมุนไพรทางเลือก การขออนุญาต การแปรรูป และการจำหน่าย หัวข้อ: สมุนไพรไทยกับการป้องกันและรักษาโควิด-๑๙ หัวข้อ: เกษตรสมัยใหม่ “ทำน้อยแต่ได้มาก” และการสร้างคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ หัวข้อ: พลังงานกับการจัดการภัยพิบัติ
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
๑๓.๐๐ – ๑๗.๐๐ น.	**นักวิชาการ** ห้องที่ ๑: นวัตกรรมด้านพลังงาน ห้องที่ ๒: พลังงานและการบริหารจัดการเพื่อการเกษตร ห้องที่ ๓: สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน ห้องที่ ๔: ไฟฟ้าชุมชน ห้องที่ ๕: เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน ห้องที่ ๖: การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล	**ชุมชน** Workshop **“Smart Farming” (เกษตรอัจฉริยะ)**
๑๘.๐๐ น. เป็นต้นไป	พิธีมอบธงการจัดงาน TREC ๑๕ / พักผ่อนตามอัธยาศัย	

วันศุกร์ ที่ ๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๔

๐๘.๐๐ – ๑๐.๓๐ น.	เยี่ยมชม และแลกเปลี่ยนความรู้ **“ฐานเรียนรู้เกษตรอัจฉริยะ และพลังงานชุมชน”**
๑๐.๓๐ – ๑๐.๔๕ น.	รับประทานอาหารว่าง
๑๐.๔๕ – ๑๒.๐๐ น.	สรุปการจัดกิจกรรมและนำเสนอ
๑๓.๐๐ น. เป็นต้นไป	เดินทางกลับโดยสวัสดิภาพ

หมายเหตุ กำหนดการสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
1	EA-1	การศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งครีบบนแผ่นดูดซับความร้อน	พิทักษ์ พร้อมไธสง, ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์, เพชรพิสิฐ เอี่ยมสอาด, นรินทร์ กุลนภาดล, พงษ์เจต พรหมวงศ์ และ สมพล สกุลหลง	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
2	EA-2	ปฏิกิริยาการควบแน่นของน้ำจากอากาศด้วยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับตู้แช่เย็น	นิกราน หอมดวง, เจนจิรา อุตเรือน, กิตติกร สาสุจิตต์, ชูรัตน์ ธารารักษ์, นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่, แสนวสันต์ ยอดคำ, ประนอม ยังคำมั่น	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
3	EA-3	การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลระยะไกลพลังงานต่ำ	อาทิตย์ ยาวุฑฒิ, พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์, สมศักดิ์ วรรณชัย, จักรรินทร์ ถิ่นนคร, ยุพเยาว์ หัสจรรย์, มนสิกานต์ ทัศวิล	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
4	EA-4	การเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไย	พัชรี อินธนู, กนกพร คำปลิว, แสนวสันต์ ยอดคำ, พัชรินทร์ สุภาพันธ์	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
5	EA-5	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างการปลูกข้าวแบบสมัยใหม่กับการปลูกข้าวแบบทั่วไป	แสนวสันต์ ยอดคำ, พัชรี อินธนู, นาธาน จะทอ, สริญญา พรมรุกขชาติ	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
6	EA-6	การศึกษาสมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา	สุลักษณา มงคล,อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ชวโรจน์ ใจสิน, ธงชัย มณีชูเกตุ, ธัญลักษณ์ สันเดช, ภานุวิชญ์ พุทธรักษา ธนวัฒน์ นิลขาว, สราวุธ พลวงษ์ศรี	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
7	EA-7	โมเดลสวนผักปันรัก ในยุคโควิด 19	นิวดี คลังสีดา, สัณหพร กาเรียน, จุฑาทิพย์ ชมภูมี, และภาคิณ มณีโชติ	45-51
8	EA-8	นวัตกรรมพลังงานทดแทนและการจัดการอย่างยั่งยืนสำหรับเกษตรอินทรีย์	ปิยะพงษ์ ยงเพชร, ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล, ไตรมาศ พูลผล, เทอดเกียรติ แก้วพวง, ถกลรัตน์ ทักษิมา, ณัฐกิตต์ อยู่ด้วง, พัชรา ยงเพชร, กนกพร ดิษฐกระจันทร์	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
9	EA-9	การทำนายอุณหภูมิเพื่อการออกแบบขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในโรงเพาะเห็ดฟาง	เตชาธร ชัยวงศ์, ภคมน ปินตานา, ธเนศ ไชยชนะ, ชวโรจน์ ใจสิน, ชลัมพล ธารารักษ์	60-65
10	EA-10	การอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน	ธัญวรัตม์ ประเดชบุญ, ฐิยฉัตร ชูวิทย์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ศิรินุช จินดารักษ์	66-70
11	EA-11	การศึกษาสมรรถนะของโรงงานผลิตพืชแบบต้นทุนต่ำสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้ว	รัชฎาภรณ์ วรรณนุช, สุลักษณา มงคล	71-77

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
12	EV-1	การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำตรวจคุณภาพอากาศสิ่งแวดล้อม PM 2.5	ศิริชัย ลาภาสระน้อย เกรียงกมล มงคลเมือง ปรเมษฐ์ นวมโคกสูง	78-86
13	EV-2	การพัฒนาแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์	ปฏิพัทธิ์ ถนอมพงษ์ชาติ, ณัฐนันท์ พุกอินทร์, แทนชนก ยอดยิ่ง, ภคมน ปินตานา	87-94
14	EV-3	สมรรถนะการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงสังเคราะห์ ด้วยวิธีแม่แบบชนิดอ่อน	พชรภา สิงลี, ณัฐธยาน์ พงศ์สถาบดี	95-101
15	EV-4	คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก:กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง	สุทธิพร เคียนทอง, ปฐมพงศ์ พรมมาบุญ, ณรงค์ เครือกันทา, กนกกัญญา รวมไมตรี, ญาดามณี เชื่อนใจ, และวราคม วงศ์ชัย	102-108
16	EV-5	การใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่	ทิพารัตน์ สหตรงจิตร, ลักขณา พันธุ์แสนศรี , ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี	109-116
17	EV-6	การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับต้น ใบเปลือก และซังข้าวโพด สู่ผลิตภัณฑ์กระถางชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี, ทิพารัตน์ สหตรงจิตร ลักขณา พันธุ์แสนศรี	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
18	EV-7	พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่	ลักขณา พันธุ์แสนศรี, ทิพารัตน์ สหตรงจิตร, ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี	130-136
19	EV-8	การศึกษาอิฐทางเดินเท้าจากขยะ(เศษไม้ทั่วไป) ผสมเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว	จีรัฐติกุล กล้าหาญ , สุริยา มากล้น , สมบัติ กำมอญ , กานตยุทธ ตรีบุญนิธิ , กฤตภาส หอมระรื่น	137-141
20	EV-9	หลังคาที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน กรณีศึกษา จ.พิษณุโลก	ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา , นิรชา เขียวหลาน , พิชากร เสรีอรุโณ และ สมชาย เมอแล	142-146
21	EV-10	การพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีนสำหรับควบคุมการผลิตถ่านดูดกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชุมชน	โสรญา สุวรรณฝน, นันทนา โพธิ์แสง, สุวัฒน์ สูงเลิศส่งฟ้า, อารีย์ ไวยรัชพานิช, อภิชาติ คงแป้น, ภัทราณี นาคคงคำ, จันที ชัยสิทธิ์, และเทียนทอง หัดโนนตุ่น	147-152
22	EV-11	กระบวนการผลิตและการวิเคราะห์การต้นทุนของภาชนะธรรมชาติจากใบตองตึง	โชติกา จีนาแก้ว, สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี	153-160

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
23	CE-1	การศึกษาศักยภาพวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรในจังหวัดน่านเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน	กฤษนนท์ สนธิ, อรรนนท์ บัวศรี	161-166
24	CE-2	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน กรณีศึกษาสำหรับโรงเรียนประจำตำบลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล	ณัฐพล ใจสำรวม	167-172
25	CE-3	กรณีศึกษาอุปสรรคในการเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm ของโรงไฟฟ้าชีวมวล	กัมปนาท ทับมณี, ภูมิอานันท์ นิยมนา, พิชญ์พงษ์ จันทา, กัมปนาท ซิลวา, พีรวัฒน์ สายสิริรัตน์, นุวงศ์ ชลคุป	173-177
26	CE-4	แนวทางการพิจารณากิจกรรมเพื่อสังคม (CSR) สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน	พิชญ์พงษ์ จันทา, วัชรากร อินทะโน, Khemrath Vithean, กัมปนาท ซิลวา, นุวงศ์ ชลคุป	178-183
27	CE-5	การประเมินด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ในการเชื่อมโยงระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาพิกัดกำลัง 100 กิโลวัตต์ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ น่าน	ไตรรัตน์ ปะทิ	184-188
28	CE-6	การพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมอย่างมีส่วนร่วมเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและชีวิตที่ดี	เสริมสุข บัวเจริญ, ธเนศ ไชยชนะ, กิตติกร สาสุจิตต์, ภคมน ปินตานา, ปาริชาติ บัวเจริญ	189-199
29	FH-1	การใช้ประโยชน์โปรดิวเซอร์แก๊สจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นถ่านไม้ในระบบสูบน้ำพลังงานชีวมวลโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	กิตติกร สาสุจิตต์, วิโรจน์ เลาลี, วีรากร ยศยิ่ง, เสริมสุข บัวเจริญ, นิกราน หอมดวง	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
30	FH-2	การพัฒนาคุณภาพของถ่านแข็งอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม หมู่บ้านปางมะโอ ตำบลวังเงินอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง	อดิศร ถมยา,สกล จิโนสวัสดิ์, นิวัติ กิจไพศาลสกุล, ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์	208-216
31	FH-3	การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนในชุมชน กรณีศึกษา: พื้นที่ บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่	ไพฑูรย์ เหล่าดี, ศศิธร ใสปา, ณัฐิยา ตันตรานนท์, ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท	217-224

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
32	FH-4	การประเมินประสิทธิภาพเตาเผาอิฐมอญเชื้อเพลิงชีวมวลที่ออกแบบสำหรับผู้ประกอบการในพื้นที่ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	อุกฤต สมัครสมาน, นันท์นิชา วงค์ตะวัน ,สมศรี พรมท้าว, สุพัตรา สุนทร, คณิต มานะธุระ, กิตติกร สาสุจิตต์	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
33	FH-5	ผลกระทบความหนาแน่นชีวมวลที่มีต่อกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ จากเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด	เจนจิรา อุตเรือน, กิตติกร สาสุจิตต์, ชูรัตน์ ธารารักษ์, นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่, บุญยาพร แสนพรม, พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์, นิกราน หอมดวง	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
34	FH-6	การทดลองผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพทะลายปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้า	อิศเรศ สายปัญญา, Rameshprabu Ramaraj, เสริมสุข บัวเจริญ, ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล, เจนจิรา อุตเรือน, นิกราน หอมดวง	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
35	FH-7	การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะความร้อนของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์	ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล,ปรียาภรณ์ ปฏิพิมพาคม ,แววตา แนวเสือ	246-253
36	FH-8	การทอริแฟคชั่นของเปลือกมะคาเดเมียและกะลากาแฟด้วยแก๊สไอเสียแห้ง	สุภาภรณ์ กลิ่นเกษร, อุกฤต สมัครสมาน, คณิต มานะธุระ	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
37	FH-9	การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก	หฤษฎ์ คล่องดี อารียา ฝ่ายทะแสง อธิตญา จันทร์วงษ์เดือน	265-271
38	FH-10	การศึกษารูปแบบการจัดการน้ำมันเหลือทิ้งภายในครัวเรือนที่เหมาะสมในพื้นที่บ้านคลองหมากนัด ตำบลบ้านแก้ง อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว	เทอดเกียรติ แก้วพวง, ปิยะพงษ์ ยงเพชร	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
39	FH-11	การลดความชื้นในก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์โดยใช้ระบบตรวจวัดความชื้นแบบอัจฉริยะ	นายพีรณัฐ ศรีตะปัญญะ, จิราพร เผ่าเอี้ยง, จุฑาภรณ์ ชนะถาวร	277-285
40	FH-12	ผลเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์ตามการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของชุดควบแน่นน้ำส้มควันไม้ จากเตาถ่านชีวภาพ	เสกข์สิทธิ์ คำหล่อ, ภัทราวุธ อุดเตน, ธนพงษ์ บุญตา, สุเทพ บุญมาบำรุง, สถาพร พิมสาร, กันยาพร ไชยวงศ์, ณัฐพล วิชาญ1	286-291
41	FH-13	การพัฒนาระบบการบดเศษขยะอินทรีย์จากครัวเรือนเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ	สุรเดช รุ่งทอง, รพีพล ทรัพย์พาลี, รจพรรณ นิรัญศิลป์	292-297
42	FH-14	การประยุกต์ใช้เครื่องอัดไอของตู้เย็นเพื่อการอัดเก็บแก๊สชีวภาพ	อภิเศษ1 ญานิกา, ขาวเอี่ยม, ร จพรรณ นิรัญศิลป์	298-303

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
43	FH-15	การแยกชั้นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลในกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับสี	ศุภสิทธิ์ อภิมุขเจริญ, ศราวุฒิ จันทร์ย้อน, รจพรรณ นิรัญศิลป์	304-309
44	FH-16	ระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ	เมธาวัฒน์ วิชารักษ์, ธนาคม โพธิ, รจพรรณ นิรัญศิลป์	310-314
45	FH-17	การพัฒนาใบกวนและประยุกต์ใช้สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ในถังปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น	เอกราช ขอบขันคำ, สิทธิชัย ดีจันทร์, รจพรรณ นิรัญศิลป์	315-320
46	FH-18	การผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพดเมื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดเคลื่อนที่	พงษ์ภิญโญ ปัญโญใหญ่, ชูรัตน์ ธารารักษ์, กิตติกร สาสุจิตต์, นำพร ปัญโญใหญ่, นิกราน หอมดวง	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
47	FH-19	การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ โดยใช้เทคนิคการวัดค่าความต้านทาน	อารียา ชาห์, ปิยณัฐ หงษ์กังวาล, พิสิษฏ์ มณีโชติ, พัชรินทร์ เยาวรัตน์, ธวัช สุริวงษ์	328-332
48	EM-1	การลดใช้พลังงานของระบบปรับอากาศที่มีการควบคุมความดันคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนเพื่ออนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา: อาคารโรงแรมพาเลซ อันดามัน บีชรีสอร์ท ชุมพร	ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม, บัญชา บูรณพัฒนศิริ	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
49	EM-2	การศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์ว	ปรัชพงศ์ นับถือตรง, โชคดี ปัดนา, ธวัช กองสี	342-347
50	EM-3	การศึกษาสถานที่ตั้งและต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ที่กระจายตัวของแหล่งวัตถุดิบในจังหวัดนครพนม	ณรงค์ฤทธิ์ อุปพงษ์, กุ้งนาง ศรีแนนบาล ,อภิชญา แสงศิลา	348-353
51	EM-4	การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi เพื่อการบันทึกข้อมูลและเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย	วันวิเศษ อภิชาติ,นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์, พันธ์ลพ สินธุยา,วรจิตต์ เศรษฐพรรค์, หทัยทิพย์ สินธุยา,อำนาจ โกวรรณ	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
52	EI-1	การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงด้วยเตากลองเพลขนาด 200 ลิตร	ฤทธิไกร ไชยงาม, ไพรัตน์ ธรรมแสง	361-366
53	EI-2	น้ำด่างจากถ่านไม้ไผ่ที่ผลิตด้วยเตากลองเพลขนาด 200 ลิตร	จารุพร ไสยสุภีย์ , ฤทธิไกร ไชยงาม	367-371

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
54	EI-3	การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยสารเปลี่ยนสถานะ	ชนิดา ป้อมเสน, ทวีวัฒน์ สุภารส	372-378
55	EI-4	การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้น	ชนิดา ป้อมเสน, สุรศักดิ์ ศรีปาน, ทวีวัฒน์ สุภารส	379-386
56	EI-5	การศึกษาเทคโนโลยีการระบายความร้อนสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	ปรานปรียา มะโนมูล , สิริลักษณ์ โดยบุญ	387-396
57	EI-6	การศึกษาผลกระทบของฝุ่นต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	ภูวเดช เมฆสุวรรณ , ธีรยุทธ์ เจนวิทยา , ศิริชัย เทพา , กฤษณพงศ์ กีรติกร , รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ , บัณฑูร เวียงมูล	397-403
58	EI-7	การควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งแบบโดมพาราโบลิกด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ	วีระศักดิ์ จุลภักดิ์ และชานนท์ บุญมีพิพิธ	404-410
59	EI-8	การทดสอบอัดเม็ดชีวมวลจากมูลจระเข้	ปัทมา สรสนิธ และชานนท์ บุญมีพิพิธ	411-417
60	EI-9	การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ	ภาคิณ มณีโชติ,กิตติชัย เทียนสา, ชัยวัฒน์ นครชัยศรี,เทพ เกื้อทวีกุล	418-422
61	EI-10	เครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตร	เทพ เกื้อทวีกุล,จิรวัฒน์ คันทะตุ่น, ธนวัฒน์ กล้วยสูงเนิน, เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงค์	423-431
62	EI-11	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าบนหลังคาจากผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้ง	สุเทพ สีมาลา, วิรชัย โรยนรินทร์	432-439
63	EI-12	การออกแบบและสร้างโซล่าคุกกิ้งร่วมกับโซล่าเซลล์	ภาคิณ มณีโชติ, ชุมพร เชียวขาว, นฤดม สืบเนียม, และ วรวุฒิ บุตรดี	440-444
64	EI-13	การใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, ชลีดล อินยาศรี	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
65	EI-14	การศึกษาอัตราความเหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวในจังหวัดกำแพงเพชร	นิวดี คลังสีดา ภาณุวัฒน์ ปานศรี ศรัณย์ บุณส่ง เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงค์	455-459

สารบัญ

บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
66	EI-15	Analysis of the hybrid power generation of 15 kW floating solar cell and wind turbine	สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์, วิรชัย โรยนรินทร์ , บุญยัง ปลั่งกลาง, สุเทพ สีมาลา	460-468
67	EI-16	การพัฒนากับดักแสงไฟหนอนเจาะเมล็ดทุเรียนพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำร่วมกับระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยี IoT พื้นที่อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส	พลากร พรหมเมศร์, หาญรงณ์ บัวทอง, วรางคณา เทพนิมิตร	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
68	EI-17	การพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553	เจริญศักดิ์ เขียวเล่ง, พลากร พรหมเมศร์, ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว	476-481
69	EI-18	การพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะที่ตรวจรู้สภาพแวดล้อมและการทำงานด้วยตนเอง	ศุภวิชญ์ อดิศัยศักดา, พลากร พรหมเมศร์, ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
70	EI-19	การออกแบบและพัฒนาระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	อัษฎางค์ บุญศรี , จิตรกร สัมมานุช , พายุ สุขน้อย , เทพ เกื้อทวีกุล	489-495
71	EI-20	การออกแบบและสร้างชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตร ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	อัษฎางค์ บุญศรี, ปฏิภาณ บรรทัด, ณัฐพงศ์ ชาตะรูป, นิวดี คลังสีดา, อิทธิพล เหลาพรม, อานนท์ วงษ์มณี	496-502
72	EI-21	การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนร่วมกับเทอร์โมอิเล็คทริกสำหรับครัวเรือน	รัชนีวรรณ อังกุรบุตร์, สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงค์	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
73	EI-22	การออกแบบและติดตั้งระบบออนกริด (On Grid) ขนาด 3.3 กิโลวัตต์สำหรับการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์	อัษฎางค์ บุญศรี, อัษฎา คล่องใจ, ฉัตรชัย อินกราด, เทพ เกื้อทวีกุล, นิวดี คลังสีดา	512-517
74	EI-23	สภาพพื้นผิวสะท้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน	นเรนทร์ฤทธิ์ กันทะ, สราวุธ พลวงษ์ศรี, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, สุลักษณา มงคล	518-524
75	EI-24	ระบบรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน	อัษฎางค์ บุญศรี , จักรกฤษณ์ มันเทศ , ยุทธพงศ์ จรแจ่ม , เทพ เกื้อทวีกุล	525-530

สารบัญ

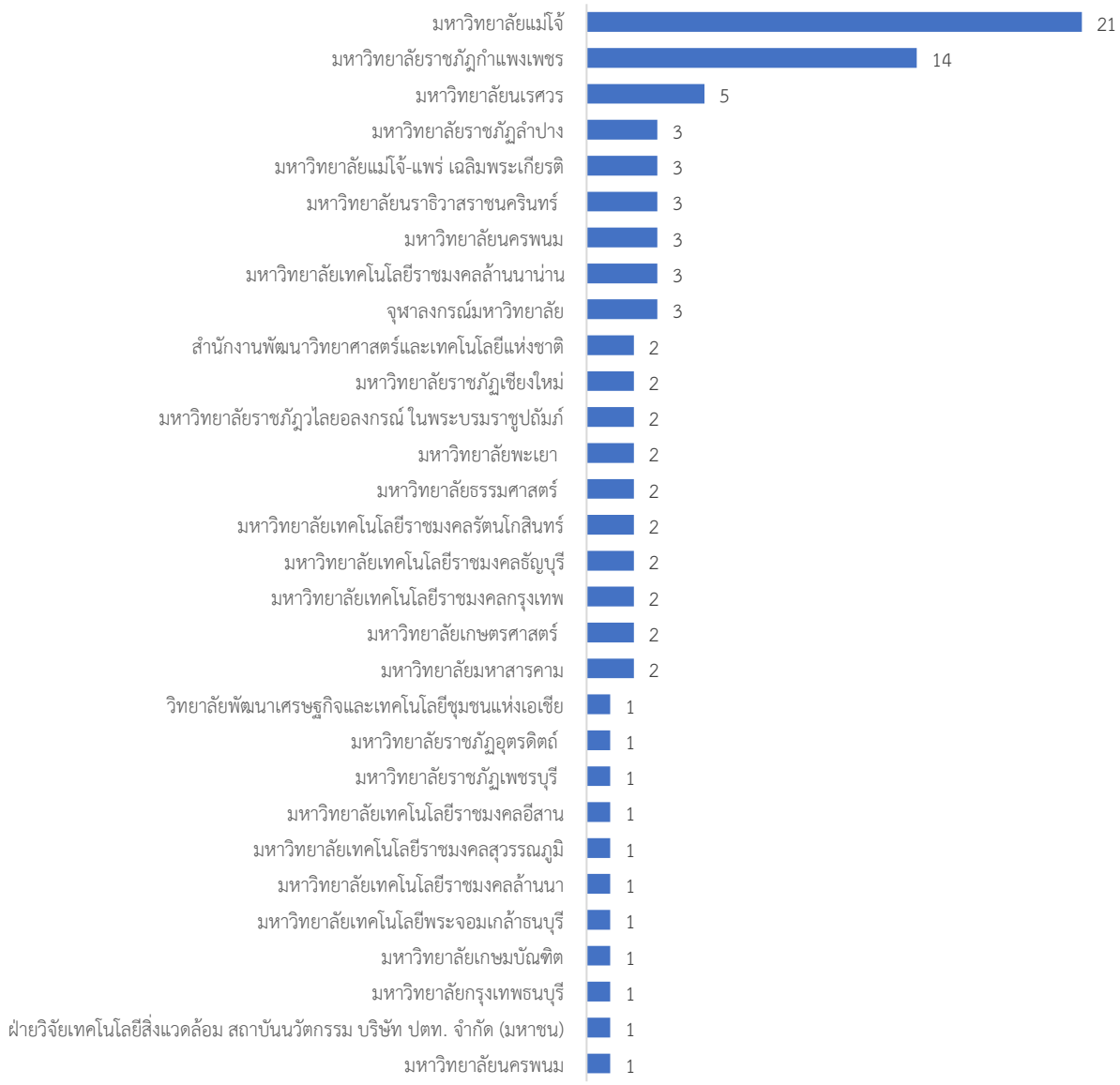
บทความที่	รหัสนำเสนอบทความ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้าที่
76	EI-25	การพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สำหรับชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชร	ภาคิณ มณีโชติ,จันทร์นภา เกษหอม, พีรพล แม้นประสิทธิ์,อัษฎางค์ บุญศรี, นิวดี คลังสีดา	531-535
77	EI-26	การสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน	ภาคิณ มณีโชติ, เพชรวิสุทธิ์ ยาตระกาศ ,อดิศร เนื้อไม้,เทพ เกื้อทวีกุล	536-540
78	EI-27	การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งสูญญากาศแบบเยือกแข็ง	ศุภโชค จองทุน , สถาพร ลุงทุน , ชูรัตน์ ธารารักษ์	541-545
79	EI-28	การพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับการหุงต้มแบบไร้ควัน	พศวัต กอนแก้ว , ภานุวัฒน์ คำมินเศก , ชูรัตน์ ธารารักษ์*	546-550
80	EI-29	การศึกษาและพัฒนาเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน	วีรวัฒน์ ชัยศิริลักษณ์ , สิทธิโชค อินทะวัน , ชูรัตน์ ธารารักษ์	551-556
81	EI-30	การศึกษาเปรียบเทียบโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้าน ด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์	พิมพ์พร โกพล, สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน	557-561
82	EI-31	การศึกษาหัวเผาอุตสาหกรรมด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล	สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงค์, ณัฐมล วิมล, อภิชาติ ประสพพร, ปิยพงษ์ เสมอวงค์ทิพย์, วิไลวรรณ คำพราว รัชนีวรรณ อังกุรบุตร์	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
83	EI-32	การพัฒนายานจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์	อัษฎางค์ บุญศรี, นพรุจน์ บุญวิเศษ, เทวฤทธิ์ พรมมี , จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม	573-578
84	EI-33	ออกแบบและพัฒนาตู้ปลูกผักสลัดด้วยแสงไฟ LED ที่มีระบบควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ	เทพ เกื้อทวีกุล, กิตติภูมิ ยังเจริญ, สรศรัณย์ แพ่งพนม, พันธ์ศักดิ์ เลาสูงเนิน, นิวดี คลังสีดา	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
85	EI-34	ระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	อัษฎางค์ บุญศรี, กนกพล เงินทอง, ชัยวัฒน์ เสาวนิจ, วรวุฒิ บุตรดี	585-589
86	EI-35	เครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนห่างไกล	ปฏิภาณ จัตุรภัทร์, วรรณทิวา กลัดสิงห์, และ จิรวดี ผลประเสริฐ*	590-599
87	EI-36	การเติมออกซิเจนในน้ำด้วยกังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	พรหมพักตร์ บุญรักษา, ธีระพงษ์ บุญรักษา, บุญเรือง มะรังศรี	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
88	EI-37	อิทธิพลของระดับมุมเอียงต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นและคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ข่าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟชนิดถังหมุน	ราภรณ์ แก้วเดียว, นิกราน หอมดวง, กิตติกร สาสุจิตต์, ชูรัตน์ ธารารักษ์, ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล, ศิรินุช จินดารักษ์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี	ได้รับคัดเลือกให้ลงวารสาร
89	EI-38	การศึกษาเปรียบเทียบเครื่องส่งลมเย็นเพื่อควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก	ณัฐกานต์ จันพรมมิน, ณัฐกานต์ จันพรมมิน วิทยา ยงเจริญ	616-620

กำหนดการนำเสนอบทความ

Time		Room-1	Room-2	Room-3	Room-4	Room-5	Room-6
		120	60-1	60-2	60-3	30-1	30-2
9.00		EI-1	EI-17	EI-33	FH-1	FH-11	FH-16
9.20		EI-2	EI-18	EI-34	FH-2	FH-12	FH-17
9.40	Sec1	EI-3	EI-19	EI-35	FH-3	FH-13	FH-18
10.00		EI-4	EI-20	EI-36	FH-4	FH-14	FH-19
10.20		EI-5	EI-21	EI-37	FH-5	FH-15	
10.40	พักรับประทานอาหารว่าง						
11.00		EI-6	EI-22	EI-38	FH-6	EA-1	EV-1
11.20		EI-7	EI-23	EM-1	FH-7	EA-2	EV-2
11.40	Sec2	EI-8	EI-24	EM-2	FH-8	EA-3	EV-3
12.00		EI-9	EI-25	EM-3	FH-9	EA-4	EV-4
12.20		EI-10	EI-26	EM-4	FH-10	EA-5	EV-5
12.40	พักรับประทานอาหารกลางวัน						
13.00							
13.20		EI-11	EI-27	CE-1	EV-6	EA-6	
13.40		EI-12	EI-28	CE-2	EV-7	EA-7	
14.00		EI-13	EI-29	CE-3	EV-8	EA-8	
14.20	Sec3	EI-14	EI-30	CE-4	EV-9	EA-9	
14.40		EI-15	EI-31	CE-5	EV-10	EA-10	
15.00		EI-16	EI-32	CE-6	EV-11	EA-11	
หมายเหตุ		จำนวนคนสูงสุด 40 คน	จำนวนคนสูงสุด 30 คน	จำนวนคนสูงสุด 30 คน	จำนวนคนสูงสุด 30 คน	จำนวนคนสูงสุด 20 คน	จำนวนคนสูงสุด 20 คน

จำนวนบทความ 89 บทความ

แบ่งตามผู้ส่งบทความ



แบ่งตามกลุ่มของบทความ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิชาการ

- ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ศ.ดร.นคร ทิพยาวงศ์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)
- รศ.ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- รศ.ดร.กฤษชนม์ ภูมิกิติพิชญ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- รศ.ดร.นัฐพร ไชยญาติ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- รศ.ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- รศ.ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- รศ.ดร.ปาริชาติ บัวเจริญ, มหาวิทยาลัยพายัพ
- รศ.ดร.พานิช อินต๊ะ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- รศ.ดร.อัครินทร์ อินทนิเวศน์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- รศ.ดร.จตุพร แก้วอ่อน, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- รศ.ดร.จอมภพ แววศักดิ์, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- รศ.ดร.ปิยภัทร บุษบาบดินทร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- รศ.ดร.วรนุช แจ้งสว่าง, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- รศ.เสมอขวัญ ตันติกุล, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ภาณุ ประทุมนพรัตน์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ผศ.ดร.เรวดี วงศ์มณีรุ่ง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.กาญจนา นาคประสม, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.กิตติกร สาสุจิตต์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ผศ.ดร.จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ชลธิรา แสงสุบัน, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- ผศ.ดร.ชวโรจน์ ใจสิน, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ผศ.ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.นิตยา ตาแม่ก่ง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ผศ.ดร.บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ผศ.ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ผศ.ดร.ปริญ คงกระพันธ์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ผศ.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

- - ผศ.ดร.พชร ผลนาค, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - ผศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - ผศ.ดร.พีระยศ แข็งขัน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- - ผศ.ดร.มณีรัตน์ วงษ์ซิ้ม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- - ผศ.ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.รจพรรณ นิรัญศิลป์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.รวมพร นิคม, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - ผศ.ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- - ผศ.ดร.ฤทธิชัย อัศวราชันย์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ผศ.ดร.ศิรินุช จินดารักษ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ อำลอย, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - ผศ.ดร.สมมาส แก้วล้วน, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
- - ผศ.ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ผศ.ดร.สราวุธ พลวงษ์ศรี, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- - ผศ.ดร.สุพัตรา วงศ์แสนใหม่, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ผศ.ดร.สุลักษณา มงคล, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ดร.ธเนศ ไชยชนะ, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.เสริมสุข บัวเจริญ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ผศ.ปราชญ์ อัศวนรากุล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ผศ.สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - อ.ดร.การะเกด แก้วใหญ่, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - อ.ดร.คมกริช โชคพระสมบัติ, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - อ.ดร.สุทธิษา ก้อนเรือง, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - Dr.Rameshprabu Ramaraj, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.เนตราพร ด้วงสง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.กัมปนาท ซิลวา, ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติแห่งชาติ
- - ดร.ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- - ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- - ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.ณัฐนนท์ จิรกิจนิมิตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- - ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- - ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- - ดร.ธวัฒน์ สร้อยทอง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.นเรศ ฉิมเรศ, มหาวิทยาลัยทักษิณ

- - ดร.นุวงศ์ ชลคุป, ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติแห่งชาติ
- - ดร.บงกช ประสิทธิ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - ดร.ภคมน ปินตานา, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.ยอดธง เม่นสิน, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- - ดร.วรวรรณ เพชรอุไร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- - ดร.วิเชียร อูปแก้ว, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ดร.วินัย จันทร์เพ็ง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ดร.วิลาสินี อินญาวิเลิศ, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - ดร.สถาพร ทองวิก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- - ดร.สฤทธิ์พร วิทยผดุง, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- - ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- - ดร.สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- - ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- - ดร.อมฤต สมพงษ์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- - ดร.อำพล อาภาธนากร, สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
- - ดร.อุกฤต สมัครสมาน, มหาวิทยาลัยนเรศวร
- - อ.ภรพนา บัวเพชร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ
- - อ.วิทยา ทิพย์อักษร, มหาวิทยาลัยทักษิณ

รายชื่อคณะกรรมการดำเนินงาน

- ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

- - รศ.ดร.วีระพล ทองมา (อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

- รองประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

- - รศ.ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ (รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง (รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ผศ.พาวิน มะโนชัย (รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี (รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ผศ.ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์ (รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์ (ประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ดร.อำพล อาภาธนากร (นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)

- คณะกรรมการดำเนินงาน

- - ผศ.ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล (ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - อาจารย์ ดร.สุดเขต สกุลทอง (ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ผศ.ว่าที่ร้อยตรี ดร. นิโรจน์ สินณรงค์ (รักษาการแทนผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- - ศ.ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ (ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)
- - ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
- - ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)
- - ศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง (ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี)
- - พลอากาศโท เอกราช ชาติชัย (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังสี (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ดร.มนตรี ชาลีเครือ (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ดร.วิชัย เพ็ชร์ทองคำ (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์ (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - นายประเดิม สุดสงวน (ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - นายวิสูตร์ ยังพลขันธ์ (อุปนายกภาคกลาง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ผศ.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร (อุปนายกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ผศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ (อุปนายกภาคเหนือตอนล่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ดร.ธนวรรน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์ (อุปนายกภาคเหนือตอนบน สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- - ผศ.ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล (กรรมการ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)

- ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร (กรรมการ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ (กรรมการ/ประชาสัมพันธ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย)
- รศ.ดร.นัฐพร ไชยญาติ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- รศ.ดร.อัครินทร์ อินทนิเวศน์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- รศ.เสมอขวัญ ตันติกุล (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.กาญจนา นาคประสม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.จุฑาภรณ์ ชนะถาวร (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ชวโรจน์ ใจสิน (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.นิตยา ตาแม่ก่ง (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ปริญ คงกระพันธ์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.เรวดี วงศ์มณีรุ่ง (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.สราวุธ พลวงษ์ศรี (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.สุพัตรา วงศ์แสนใหม่ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.สุลักษณา มงคล (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.รจพรรณ นิรัญศิลป์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ฤทธิชัย อัศวราชันย์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.เสริมสุข บัวเจริญ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ดร.เนตราพร ด้วงสง (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ดร.ธวัฒน์ สร้อยทอง (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ดร.ภคมน ปินตานา (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ดร.วรวรรณ เพชรอุไร (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- Dr.Rameshprabu Ramaraj (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

- กรรมการและเลขานุการ

- ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง (คณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

- กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

- ผศ.ดร.กิตติกร สาสุจิตต์ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ธเนศ ไชยชนะ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)
- ผศ.ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

EA : พลังงานและการบริหารจัดการเพื่อการเกษตร (Energy and Management for Agricultural)

การศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งครีบบนแผ่นดูดซับความร้อน

Experimental investigation on thermal performance in a solar air heater with ribbed absorber plate

พิทักษ์ พร้อมไธสง[1], ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์[2], เพชรพิสิฐ เอี่ยมสอาด[3], นรินทร์ กุลนภาดล[3], พงษ์เจต พรหมวงศ์[4] และ สมพล สกุลหลง[5*]

[1] หน่วยวิจัยท่อความร้อนและออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[2] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

[4] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[5] กลุ่มวิจัยระบบพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา 199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

Abstract

This paper presents the experimental investigation of thermal enhancement factor in a solar air heater channel fitted with a rib turbulators on the absorber plate. Effect of the rib height was examined to evaluate the thermal enhancement factor in the Reynolds number from 4200 to 25,800. The ribs were mounted on the absorber plate with constant angle of attack, α = 45° and constant pitch ratio RP = 1.0. Effect of e/H = 0.1 0.2, 0.3 and 0.4 were investigated. The experimental results showed that the rib on the absorber plate provided the heat transfer and friction factor over than the absorber plate with no rib. In the range studied, the thermal enhancement factor was found in range from 1.33 to 1.71. The e/H = 0.1 gave the maximum thermal enhancement factor at about 1.71 at Re = 4200.

Keywords: Solar air heater, Rib, Absorber plate, Thermal performance.

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนในท่ออุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบครีบเพื่อสร้างการไหลแบบปั่นป่วน อิทธิพลของความสูงครีบได้รับการตรวจสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะเชิงความร้อนในช่วงเลขเรย์โนลด์ระหว่าง 4200 ถึง 25,800 ครีบทำมุมเอียง 45° ตามทิศทางการไหลโดยมีสัดส่วนความสูงครีบต่อความสูงท่อ (e/H) จำนวน 4 ค่า คือ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 และมีสัดส่วนระยะพิตช์ตามแนวการไหลต่อความสูงท่อ (P/H=PR) คงที่เท่ากับ 1.0 ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งครีบมีค่าการถ่ายเทความร้อนและสัมประสิทธิ์ตัวประกอบเสียดทานสูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ เมื่อค่า e/H เพิ่มขึ้นพบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนและสัมประสิทธิ์ตัวประกอบเสียดทานมีค่า ในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่าค่าสมรรถนะเชิงความร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 1.33 - 1.71 โดยกรณี e/H = 0.1 ให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงที่สุดที่ 1.71 ที่ Re = 4200

คำหลัก: เครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์, ครีบ, แผ่นดูดซับ, สมรรถนะเชิงความร้อน

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

ปฏิกิริยาการควบแน่นของน้ำจากอากาศด้วยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับตู้แช่เย็น
Water condensation reaction from atmospheric air using heat exchanger with a refrigerator

นิกราน หอมดวง[11] เจนจิรา อุตเรือน[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ชูรัตน์ ธารารักษ์[1] นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่[1]
แสนวสันต์ ยอดคำ[2] และประนอม ยังคำมั่น[3]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2]คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[3]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

Abstract

Water is an important resource for human life in terms of consumption, cultivation and industry. Conserving water and search new water sources to respond usability, that was challenge for the researchers. Therefore, this research aims to study and test the production of water from atmospheric air by using two heat exchangers connected in series with compared to the air condensation test on the freezer door and use a clear acrylic sheet to replace the thick glass freezer door. Temperature control system was used refrigerator during testing and uses a 150W blower fan to feed air into the system in a range of 12-17 m^3/h. The testing time of 24 h continuously, analysis results was of the morning, afternoon. evening and Late night. The result was found that, the air water generator can produce water well and highest efficiency of water production from air was of 54% that was happened in evening time. High air humidity was resulted in higher condensation of water from air. In evening and late night was obtained highest air humidity and lowest temperature and that was achieved of 75-84% and 24-28 $^{\circ}$C respectively. The maximum rate of water production from air in heat exchanger was obtained 31.17 g_w/h while the water production rate from condensation on clear acrylic sheet was calculated of 78.67 g_w/h at evening time. The results of this research will serve as the basis for design air water generators in support agricultural sector.

Keywords: water extraction from atmospheric air, condensation reaction, heat exchanger, refrigerator

บทคัดย่อ

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในด้านการบริโภค การเพาะปลูกและอุตสาหกรรม การอนุรักษ์น้ำและการแสวงหาแหล่งน้ำใหม่เพื่อตอบสนองการใช้งานเป็นโจทย์ที่ท้าทายต่อนักวิจัย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบการผลิตน้ำจากอากาศโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่ออนุกรมร่วมกัน 2 ชุด เทียบกับการทดสอบการควบแน่นของอากาศบริเวณฝาตู้แช่ที่ใช้แผ่นอะคริลิคใสทดแทนฝาตู้แช่แบบกระจกหนา และใช้ตู้แช่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการทดสอบ การป้อนอากาศเข้าระบบใช้พัดลมโบเวอร์ขนาด 150W สามารถป้อนอากาศเฉลี่ยในช่วง 12-17 m^3/h ระยะเวลาทดสอบ 24 h ต่อเนื่อง แบ่งช่วงเวลาการวิเคราะห์เป็นช่วงหัวค่ำ ช่วงดึก ช่วงเช้าและช่วงบ่าย ผลการทดลองพบว่า เครื่องผลิตน้ำจากอากาศสามารถผลิตน้ำได้ดี มีประสิทธิภาพการผลิตน้ำจากอากาศสูงสุด 54% ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาหัวค่ำ ปริมาณความชื้นในอากาศสูงมีผลให้การควบแน่นน้ำจากอากาศได้สูงขึ้น ที่ช่วงเวลาหัวค่ำและช่วงดึกเป็นช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด มีค่าอยู่ในช่วง 75-84% และ 24-28 $^{\circ}$C ตามลำดับ อัตราการผลิตน้ำจากอากาศที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสูงสุด 31.17 g_w/h ในขณะที่อัตราการผลิตน้ำจากการควบแน่นบนแผ่นพลาสติกใสหน้าตู้แช่คิดเป็น 78.67 g_w/h ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันคือช่วงหัวค่ำ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบเครื่องผลิตน้ำจากอากาศสำหรับสนับสนุนภาคเกษตรกรรม

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลระยะไกลพลังงานต่ำ
Development of Remote Low Energy Data Logger

อาทิตย์ ยาวุฑฒิ[1*] พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์[1] สมศักดิ์ วรรณชัย[1] จักรรินทร์ ถิ่นนคร[1]
ยุพเยาว์ หัสจรรย์[2] และ มนสิกานต์ ทัศวิล[3]
Artit Yawootti[1*] Pisit Wimonthanasit[1] Somsak Wannachai[1] Jakkarin Thinnakorn[1]
Yooppayow Husajun[2] and Mosikarn Tussavin[3]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300 [2]กลุ่มมาตรฐานการสำรวจจำแนกดิน,
[3]กลุ่มวินิจฉัยคุณภาพและกำลังการผลิตของดิน, กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900

Abstract

This research discusses the development of Data Logger for temperature and moisture in soil and airborne in the offline low energy type. It can send the data remote online but still use low energy consumption and installed in forested areas without basic electricity. All devices utilize high-performance electrical batteries that are charged with solar panels. The operating system uses the nodeMCU micro-controller as the operating and processing unit. The sensor devices consist of two conductive principle soil moisture sensors connected to a 16-bit analog transducer. There are also soil temperature sensors, air temperature and humidity sensor, OLED display, real time clock device and memory card module. A general offline system uses 1.15, 3.45 and 14.42 watt hours of power each day. if the measuring system sends data to the cloud in Google Sheets, the power consumption has been increased to 2.02, 6.05 and 70.19 watt-hours for measurement and data acquisition every 30, 10 minutes and all the time, respectively. System optimization to measure and record data into memory and send data to the cloud once daily it was found that reduced system power by 42.9 percent when compared with sending data all time. This developed system actually works and can be applied to measure and record data with other low-power consumption Internet of Things systems.

Keywords: Soil Moisture Content, Smart Farm, Google Sheet, Remote Data Logger

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ในดินและอากาศ พลังงานต่ำแบบออฟไลน์ ให้สามารถส่งข้อมูลระยะไกลแบบออนไลน์ แต่ยังคงใช้พลังงานในการทำงานระดับต่ำ และมีการติดตั้งในพื้นที่ป่าที่ไม่มีไฟฟ้าพื้นฐาน อุปกรณ์ทั้งหมดทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงที่มีการประจุด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบการทำงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มซียูเป็นส่วนดำเนินการและประมวลผล อุปกรณ์เซ็นเซอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นดินหลักการวัดค่าความนำไฟฟ้าจำนวน 2 ชุดต่อกับตัวแปลงสัญญาณอนาลอกขนาด 16 บิท เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิดิน และความชื้นในอากาศ จอแสดงผลโอแอลอีดี อุปกรณ์ฐานเวลา และโมดูลการ์ดบันทึกข้อมูล ระบบการทำงานเก็บข้อมูลแบบออฟไลน์ทั่วไป ในแต่ละวันจะใช้พลังงาน 1.15 3.45 และ 14.42 วัตต์ชั่วโมง หากระบบเพิ่มการส่งข้อมูลไปที่คลาวด์ในระบบกูเกิ้ลชีต ซึ่งพบว่าใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2.02 6.05 และ 70.19 วัตต์ชั่วโมง สำหรับการวัดและเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 10 นาทีและตลอดเวลา ตามลำดับ การปรับปรุงให้ระบบทำงานตรวจวัดและเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำทำการส่งข้อมูลขึ้นในระบบคลาวด์เพียงครั้งเดียวในแต่ละวันพบว่าสามารถลดพลังงานของระบบลงได้ถึง 42.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์ทุก ๆ รอบการวัด-เก็บข้อมูล ระบบที่พัฒนาขึ้นทำงานได้จริงและสามารถประยุกต์ใช้ในวัดและเก็บข้อมูลร่วมกับระบบอินเตอร์เนตของสรรพสิ่งด้วยพลังงานต่ำแบบอื่น ๆ

คำสำคัญ: ความชื้นดิน สมาร์ทฟาร์ม กูเกิ้ลชีต อุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลระยะไกล

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไย
Experimental impact assessment comparison of waste management for logan production

พัชรี อินธนู[1*] กนกพร คำปลิว[1] แสนวสันต์ ยอดคำ[2] และ พัชรินทร์ สุภาพันธ์[3]
Patcharee Intanoo[1*] Kanokporn Kompliw[1] Sanwasan Yodkhum[2] and Patcharin Supapunt

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2] หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3] หลักสูตรเศรษฐศาสตร์เกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

The objective in this study was to compare the environmental impact of waste management from longan production by burning, producing fertilizer and producing biogas. From the study, it was found that the management of waste from longan production by burning strongly resulted in global warming environmental problem. The amount of greenhouse gas emission by burning 1 kg of waste from logan production to the atmosphere was 1.48 kgCO_2eq. Whereas, the management of waste from longan production by producing biogas had 70.28% lower greenhouse gas emission and did not affect much to global warming aspect. Moreover, the use of biogas for electricity generation might be better than the use of natural gas in term of lower both environmental and human wellbeing impact for example, low carcinogen aspect and low respiratory organics aspect.

Keywords: Environmental impact; biogas; natural gas; waste management; longan production

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไยด้วยการเผาในที่โล่ง การนำไปผลิตปุ๋ยหมัก การนำไปผลิตแก๊สชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไยด้วยการเผาในที่โล่งส่งผลกระทบให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด ในขณะที่การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไยไปผลิตแก๊สชีวภาพจะส่งผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนต่ำที่สุดคิดเป็นร้อยละการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเท่ากับ 70.28 (โดยปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไย 1 กิโลกรัมไปเผาในที่โล่ง คือ 1.48 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) มากไปกว่านั้นยังพบว่าการใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าแทนการใช้แก๊สธรรมชาติจะทำให้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาวะมนุษย์ลดต่ำกว่า เช่น ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งและโรคระบบหายใจในมนุษย์ลดลง

คำสำคัญ: ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม แก๊สชีวภาพ แก๊สธรรมชาติ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตลำไย

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศกำลังประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง เช่น ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืนที่มากเกินไปซึ่งเกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้น และการลดลงของชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศ รวมไปถึงปริมาณของเสียหรือขยะและสารพิษที่เพิ่มขึ้น จากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมีสาเหตุมาจาก อัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรสูงจนทำให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในขณะที่ทรัพยากรที่มีอยู่นั้นมีอยู่อย่างจำกัดจนไม่สามารถตอบสนองความต้องการของประชากรได้ทันที [1] การขยายตัวทางเศรษฐกิจเพื่อยกระดับเศรษฐกิจของประเทศที่ต้องอาศัยเงินทุนและบุคลากรรวมถึงทรัพยากรที่มีอยู่จนเกิดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองและไม่ยั่งยืน

TREC-14(MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างการปลูกข้าวแบบสมัยใหม่กับการปลูกข้าวแบบทั่วไป

Comparison of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions between Modern Rice Cultivation and Conventional Rice Cultivation

แสนวสันต์ ยอดคำ[1]* พัชรี อินธนู[2] นาธาน จะทอ[1] และ สริญญา พรมรุกขชาติ[1]

Sanwasan Yodkhum[1*] Patcharee Intanoo[2] Nathan Jathaw[1]and Sarinya Promrukkachat[1]

[1] หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] หลักสูตรเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

This research has collected material inputs of Sanpatong rice planting in 2020 that are planted in the rainy season. The rice cultivation types were considered consist of the modern rice cultivation, that use machinery instead of human labor and rice straw were collected after harvesting, and conventional rice cultivation, that uses human labor and rice straw were burned after harvesting. The rice cultivation data were analyzed to compare the energy use and greenhouse gas (GHG) emissions between modern rice and conventional rice cultivation. The results found that using of fuel and electricity of modern rice cultivation slightly more than conventional rice cultivation. However, modern rice cultivation could reduce the use of material inputs and human labor. The results of energy use and greenhouse gas emissions of modern rice cultivation was 806.30 MJ/rai and 75.75 kg CO_2-eq/rai, respectively. The results of energy use and greenhouse gas emissions of conventional rice cultivation was 846.45 MJ/rai and 1,101.48 kg CO_2-eq/rai, respectively. The comparison of the results found that modern rice cultivation can reduce the energy use and greenhouse gas emissions approximately 5% and 93%, respectively. However, rice straw collection for balling could significantly reduce greenhouse gas emissions from rice straw burning after harvesting.

Keywords: Energy use, Greenhouse gas and Rice cultivation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลสารขาเข้า (ปัจจัยการผลิต) ของการปลูกข้าวพันธุ์สันป่าตอง ในปี 2563 ที่ปลูกในฤดูฝนแบบนาปี โดยพิจารณาการเพาะปลูก 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบสมัยใหม่ที่มีการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคน มีการอัดฟางข้าวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และการปลูกข้าวแบบทั่วไปที่ใช้แรงงานคน มีการเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการปลูกข้าวทั้ง 2 รูปแบบ จากการวิจัย พบว่าการปลูกข้าวแบบสมัยใหม่มีการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้ามากกว่าการปลูกข้าวแบบทั่วไปเล็กน้อย แต่สามารถช่วยลดการใช้ปัจจัยการผลิตและการใช้แรงงานคนได้ การปลูกข้าวแบบสมัยใหม่มีการใช้พลังงานรวม 806.30 MJ/ไร่ และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 75.75 kg CO_2-eq/ไร่ ส่วนการปลูกข้าวแบบทั่วไปมีการใช้พลังงานรวม 846.45 MJ/ไร่ และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1,101.48 kg CO_2-eq/ไร่ การปลูกข้าวแบบสมัยใหม่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในการปลูกข้าวได้ประมาณ 5% และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 93% โดยเฉพาะการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับการปลูกข้าวแบบทั่วไป

คำสำคัญ: การใช้พลังงาน ก๊าซเรือนกระจก การปลูกข้าว

บทนำ

TREC-14(MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การศึกษาสมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา

THE PERFORMANCE AND ECONOMIC STUDY BY USING SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM TOGETHER WITH CONVENTIONAL ELECTRICITY FOR FISH BREEDING FARM

สุลักษณา มงคล[1] อัครินทร์ อินทนิเวศน์[1] ชวโรจน์ ใจสิน[1] ธงชัย มณีชูเกตุ[1] ธัญลักษณ์ สันเดช[1] ภานุวิชญ์ พุทธรักษา[1] ธนวัฒน์ นิลขาว[1] สราวุธ พลวงษ์ศรี[1*]

Sulaksana Mongkon[1*] Akarin Intaniwet[1] Chawaroj Jaisin[1] Thongchai Maneechukate[1] Thunyalucl Sandach[1] Panuwit Puttaraksa[1] Thanawat Nikhoa[1] and Sarawut Polvongsri[1]

[1] หน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Abstract

This research proposes to study the performance and economic evaluation of solar photovoltaic systems (Solar PV) together with conventional electricity for fish breeding farm. The system design was found to use four-panel of 450 W_p mono-crystalline silicon solar cell half-cell type which used to supply electricity to an aerator with a power of 1.2 kW. The results found that the solar PV could produce electricity equal to 8.30 kWh/day or equal to 63% of the electricity that was used in the aeration system, and the performance ratio (PR) was equal to 94%. For evaluation of annual electricity production, it was found that this solar PV system could produce electricity equal to 1,872.50 kWh/year, representing a saving electricity cost of 7,864.50 Baht/year and the solar PV investment was 54,500 Baht as a results the payback period, the net present value (NPV), and internal rate of return (IRR) were 6.93 years, 33,391.10 Baht, and 12.52%, respectively.

Keywords: Aerator, Solar photovoltaic system, Performance ration, Fish breeding Farm

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะและประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานในฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา จากการออกแบบพบว่า ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono-crystalline silicon solar cell แบบ half cell ขนาด 450 W_p จำนวน 4 แผง เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องเติมอากาศที่มีกำลังไฟฟ้า 1.2 kW ผลการศึกษาพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 8.30 kWh/day หรือคิดเป็น 63% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเติมอากาศ และมีค่าสมรรถนะระบบ (Performance Ratio: PR) เท่ากับ 94% เมื่อประเมินผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1,872.50 kWh/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ 7,864.50 บาท/ปี โดยมีเงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 54,500 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 6.93 ปี 33,391.10 บาท เท่ากับ 12.52% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องเติมอากาศ, ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, สมรรถนะของระบบ ฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา

บทนำ

ปลานิลเป็นสัตว์น้ำอีกประเภทที่มีคุณค่าทางด้านอาหารและมีความสำคัญกับทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย ในการเลี้ยงจะใช้เวลาเลี้ยงประมาณรอบละ 3-4 เดือนแล้วแต่ขนาดของปลาที่เป็นความต้องการของตลาด โดยปกติมีทั้งการเลี้ยงในกระชุง บ่อดิน บ่อธรรมชาติ รวมทั้งการเลี้ยงในบ่อปลา ซึ่งจะมีวิธีการเลี้ยงที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้อัตราการรอดและการเจริญเติบโตของปลาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอัตราการรอดของปลาที่เลี้ยงมีปัจจัยหลายปัจจัย หนึ่งในนั้นคือคุณภาพ

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

โมเดลสวนผักปันรัก ในยุคโควิด 19
Model of “Phak Phan Rak Garden” in the COVID 19 Situation

นิวดี คลังสีดา [1*] สัณหพร กาเรียน[2*] จุฑาทิพย์ ชมภูมี[3*] และภาคิณ มณีโชติ[4*]
Nivadee klungsida[1*] Sanhaphon karian[2*] Chutatip chompumi[3*] and Pakin Maneechot[4*]

[1,2,3,4] สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

Model of “Phak Phan Rak Garden” in the COVID 19 Situation It is considered a model for living in accordance with the Sufficiency Economy Philosophy. The objectives are 1) to create and design a prototype of a lifestyle based on the sufficiency economy philosophy by using renewable energy to support 2) to analyze and reduce food costs 3) to analyze and reduce technology costs. to analyze and reduce technology costs Conducting research, the researcher has created and designed a model of living according to the Sufficiency Economy Philosophy. It is divided into vegetable plot zone, mushroom plant zone, paddy zone and fish farming zone

The samples used in the research were teachers, students and those who came to learn about the energy park. Kamphaeng Phet Rajabhat University which is obtained by simple random and 14 key informants, obtained by selective selection. The research tools were questionnaires, satisfaction assessment. The data were analyzed using percentage, mean and standard deviation. The results showed that Panrak Vegetable Garden Model in the Covid 19 era can pay back the investment within 1 year, resulting in reducing the cost of living expenses in daily life. Whether it is to reduce the cost of food, electricity and cooking gas. Overall, the satisfaction level was very satisfied ($\bar{X}$ =4.50) with a standard deviation of 0.60. This vegetable gardening model in the Covid-19 era is a simulation of living during the Covid-19 situation in a university energy garden. Kamphaeng Phet Rajabhat using the philosophy of sufficiency economy, food self-reliance and self-reliance on energy and can share food with others This model is beneficial to people in the community. who face the problem of living in the situation of COVID-19

Keywords: Model of Phak Phan Rak Garden, sufficiency economy, renewable energy

บทคัดย่อ

โมเดลสวนผักปันรัก ในยุคโควิด 19 เป็นโมเดลต้นแบบการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและออกแบบต้นแบบวิถีการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้พลังงานทดแทนมาสนับสนุน 2) เพื่อวิเคราะห์และลดต้นทุนทางด้านอาหาร 3) เพื่อวิเคราะห์และลดต้นทุนทางด้านเทคโนโลยี ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและออกแบบต้นแบบการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยแบ่งเป็นโซนแปลงผัก โซนโรงเห็ด โซนนาข้าว และโซนเลี้ยงปลา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ อาจารย์ นักศึกษา และผู้ที่เข้ามาเรียนรู้ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบง่าย และผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 14 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม ประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า โมเดลสวนผักปันรัก ในยุคโควิด 19 สามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี ส่งผลให้ลดต้นทุนทางด้านค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนในด้านอาหาร ไฟฟ้า และแก๊สหุงต้ม ซึ่งโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพอใจมาก ($\overline{X}$=4.63) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 โมเดลสวนผักปันรักในยุคโควิด 19 นี้เป็นการจำลองการใช้ชีวิตในช่วงสถานการณ์โควิด 19 ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงการพึ่งพาตนเอง

ด้านอาหาร และพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน และสามารถแบ่งปันอาหารให้ผู้อื่น ซึ่งโมเดลนี้เป็นประโยชน์ต่อคนในชุมชน ซึ่งประสบปัญหาการใช้ชีวิตในสถานการณ์โควิด 19

คำสำคัญ : โมเดลสวนผักปันรัก, เศรษฐกิจพอเพียง, พลังงานทดแทน

บทนำ

ในปัจจุบันโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดความไม่แน่นอนด้านเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อมการเปลี่ยนแปลงสภาพเศรษฐกิจของโลก สภาพอากาศ อุทกภัย วาตภัย หรือ โรคระบาดเช่นที่ผ่านมา สถานการณ์โควิด 19 ในประเทศไทย ประเทศต้องล็อคดาว 3 เดือนทำให้คนในประเทศหาซื้ออาหารยาก ต้องมีชีวิตในข้อจำกัดแต่อย่างไรก็ตามการดำรงชีวิตแบบพึ่งตนเอง สามารถปลูกผัก และสร้างอาหารด้วยตนเอง ดังนั้นการมีชีวิตแบบพึ่งพาตนเอง ภายใต้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จึงเป็นทางออกของโลกปัจจุบันที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

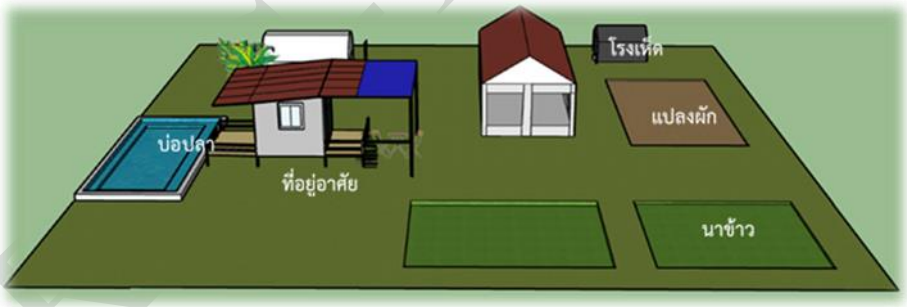
พลังงานทดแทนเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการใช้ชีวิต ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนด้านไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ ซึ่งสามารถนำมาสนับสนุนการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้จำลองการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการปลูกผัก เลี้ยงปลา ปลูกข้าว โรงเห็ด เพื่อลดต้นทุนด้านไฟฟ้าและสามารถบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในสวนพลังงานได้อย่างมีคุณค่า

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้านหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อเป็นโมเดลต้นแบบของการใช้ชีวิตปลูกพืชไว้กินเองโดยใช้เทคโนโลยีพลังงาน และระบบอัจฉริยะเข้ามาช่วยควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรูปแบบนี้จะเป็นประโยชน์กับชีวิตที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบันให้เกิดความยั่งยืน ไม่ว่าสถานการณ์โลกจะเกิดอะไรขึ้น เราก็จะสามารถใช้ชีวิตได้ด้วยการพึ่งพาตนเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1.การสร้างและออกแบบต้นแบบวนผักปันรัก วิถีการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้พลังงานทดแทนมาสนับสนุนในช่วงสถานการณ์โควิด 19



ภาพที่ 1 โมเดลสวนผักปันรัก ในยุคโควิด 19

โซนแปลงผัก การปลูกพื้นผักสวนครัว ขนาด 1 งาน โดยใช้ผักจะปลูกมะเขือ ปลูกพริก ปลูกกะเพรา ข่า ตะไคร้ ชะอม มะละกอ ถั่วฝักยาว สะระแหน่ ผักชีใบเรื่อย ผักแพรว ดอกแค และในการวางแผนปลูกจะใช้พื้นที่ปลูกให้คุ้มค่า และประหยัดในเรื่องค่าอาหารในการทำกิน และมีเครื่องระบบสมาร์ทฟาร์มรดน้ำผักเข้ามาด้วยก็จะประหยัดเวลาและสะดวกสบายมากขึ้น

ภาพที่ 2 แปลงผัก

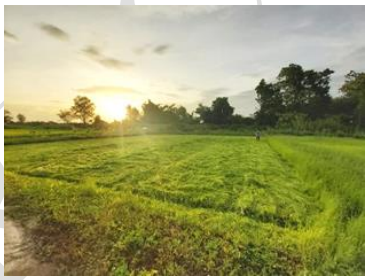
ภาพที่ 3 ระบบรดน้ำแปลงผัก

โซนโรงเห็ด การทำโรงเพาะเห็ด ขนาด 20 ตาราง โดยเราได้ทำการซื้อก้อนเชื้อเห็ดมา 100 ก้อน ตกก้อนละ 10 บาท โดยในโซนโรงเห็ดจะมีเทคโนโลยีและควบคู่ไปด้วยระบบรดน้ำเห็ดอัตโนมัติเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะตั้งเวลาการรดน้ำไว้ เครื่องนี้ก็จะประหยัดในด้านค่าใช้ไฟฟ้าและสะดวกสบายมากขึ้น

ภาพที่ 4 โรงเห็ด

ภาพที่ 5 ระบบรดน้ำโรงเห็ด

โซนนาข้าว การปลูกข้าวทำนา ขนาด 1 ไร่ โดยเราได้ปลูกข้าวหอมมะลิ กข 43 โดยจะมีเทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำทรานสฟอร์เมอเข้ามาเกี่ยวข้อง ในการวางแผนปลูกจะใช้พื้นที่ในสวนพลังงานแบ่งมาปลูกข้าวไว้กิน และมีเครื่องระบบสมาร์ทฟาร์มพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ในการสูบน้ำเข้านาด้วยเครื่องนี้ก็จะประหยัดในด้านค่าน้ำมันโดยไม่ต้องใช้น้ำมันเหมือนอย่างเก่าและสะดวกสบายมากขึ้น



ภาพที่ 6 นาข้าว

ภาพที่ 7 เทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำทรานสฟอร์เมอ

โซนเลี้ยงปลา โซนเลี้ยงปลา ใช้พื้นที่ 50 ตารางวา มีเลี้ยงปลาดุก 250 ตัว ปลาทับทิม 2,000 ตัว ปลานิล 2,000 ตัว โดยเลี้ยงแบบธรรมชาติควบคู่กับการให้อาหารปลา และรถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ในการสูบน้ำบ่อปลาด้วย รถสูบน้ำนี้ก็จะประหยัดในด้านค่าน้ำมันโดยไม่ต้องใช้น้ำมันเหมือนอย่างเก่าและสะดวกสบายมากขึ้น

TBC-14 (EU)

ภาพที่ 8 บ่อปลา

ภาพที่ 9 รถสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

เก็บข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจ

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ อาจารย์ นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ชีวิตอยู่ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในช่วงโควิด 19 ตั้งแต่ เดือน สิงหาคม 2563 จนถึงปัจจุบัน จำนวน 15 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ที่อาศัยอยู่ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970 : 606-610) ได้จำนวนตัวอย่าง 14 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่แบบสอบถามที่จัดทำขึ้น เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้ชีวิตตามต้นแบบวิถีการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้พลังงานทดแทนมาสนับสนุนการเกษตร (สวนผักปันรัก) ในช่วงสถานการณ์โควิด 19 โดยสอบถามด้านความพึงพอใจด้านการสร้างและออกแบบต้นแบบโมเดลสวนผักปันรักในยุคโควิด 19 ประโยชน์เทคโนโลยีทำการเกษตรตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การลดปัญหาด้านการเงิน ผลดีต่อการดำเนินชีวิต และ การลดต้นทุนทางด้านเทคโนโลยี เน้นการใช้ชีวิตในยุคโควิด 19

การทดสอบคุณภาพ ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปพบผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อตรวจคุณภาพ ความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) และเพื่อพิจารณาความ สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ โดยการหาค่า IOC หลังจากนั้นเลือกข้อคำถาม ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากผู้ที่ใช้ชีวิตอยู่ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในช่วงโควิด 19 ตั้งแต่ เดือน สิงหาคม 2563 จนถึงปัจจุบัน จำนวน 14 คน และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 1-18 ตุลาคม 2564 โดยแจกแบบสอบถาม ให้กับผู้ที่ใช้ชีวิตอยู่ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และเก็บรวบรวมแบบสอบถามกลับด้วยตนเอง ผู้วิจัยนำแบบสอบถามนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบและสรุปการวิจัยต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

โมเดลสวนผักปันรักในยุคโควิด 19 นี้เป็นการจำลองการใช้ชีวิตในช่วงสถานการณ์โควิด 19 ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงการพึ่งพาตนเองด้านอาหาร และพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน และสามารถแบ่งปันอาหารให้ผู้อื่น ซึ่งโมเดลนี้เป็นประโยชน์ต่อคนในชุมชน ซึ่งประสบปัญหาการใช้ชีวิตในสถานการณ์โควิด 19

ภาพที่ 10 ภาพจำลองการใช้ชีวิตในช่วงสถานการณ์โควิด 19 ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปดังนี้

ตารางที่ 1 ประเมินราคาโมเดลสวนผักปันรัก

ชื่อโซนโมเดล	งบประมาณ(บาท)	ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว	รายได้จากการขายผลผลิต
1. โซนแปลงผัก	3,430	3 เดือน	3,750
2. โซนโรงเห็ด	13,000	3 เดือน	36,000
3. โซนนาข้าว	32,600	3 เดือน	9,000
4. โซนเลี้ยงปลา	8,750	5 เดือน	10,100

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ต้นทุนการปลูกผัก ในระยะเวลา 3 เดือน

ต้นทุนในการทำระบบรดน้ำผักอัจฉริยะ ราคา 3,430 บาท ปลูกผักสวนครัว			
รายการ	**ผลผลิต**	**ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม**	**ลดค่าใช้จ่ายผักแต่ละชนิด**
1. มะเขือ	25 กิโลกรัม	20 บาท	500 บาท
2. พริก	30 กิโลกรัม	45 บาท	1,350 บาท
3. ถั่วฝักยาว	50 กิโลกรัม	25 บาท	1,250 บาท
4. กวางตุ้ง	40 กิโลกรัม	10 บาท	400 บาท
5. มะละกอ	50 กิโลกรัม	5 บาท	250 บาท
รวม			3,750 บาท

วิเคราะห์ต้นทุนการปลูกผักทั้งหมดราคา 3,430บาท ใช้เวลาการปลูกผักบางชนิด ทั้งหมด 45 วัน และเก็บผล อีก 45 วัน (3 เดือน รวมปลูก) ผลได้ดังนี้ 1. มะเขือ เก็บผลได้ 25 กิโลกรัม เป็นเงิน 500 บาท 2. พริก เก็บผลได้ 30 กิโลกรัม เป็นเงิน 1,350 บาท 3. ถั่วฝักยาว เก็บผลได้ 50 กิโลกรัม 1,250 บาท 4. กวางตุ้ง เก็บผลได้ 40 กิโลกรัม 400 บาท 5. มะละกอ เก็บผลได้ 50 กิโลกรัม 250 บาท รวมเป็นเงินทั้งหมด 3,750 บาท และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3 เดือน

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ต้นทุนการทำโรงเห็ด

ต้นทุนในการทำระบบรดน้ำอัจฉริยะ ราคา 13,000 ทำโรงเห็ด			
รายการ	ผลผลิต	ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	ลดค่าใช้จ่ายผักแต่ละชนิด
1. เห็ดนางฟ้า	170 กิโลกรัม	80 บาท	13,600
รวม	13,600 บาท		

วิเคราะห์ต้นทุนการทำโรงเห็ดทั้งหมดราคา 13,000 บาท ใช้เวลาการปลูกเห็ด ทั้งหมด 45 วันและเก็บผล อีก 45 วัน (3 เดือน รวมปลูก) ผลได้ดังนี้ 1. เห็ด เก็บผลได้ 170 กิโลกรัม รวมเป็นเงินทั้งหมด 13,600 บาท และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3 เดือน

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ต้นทุนการทำระบบสูบน้ำ

ต้นทุนในการทำระบบสูบน้ำ ราคา 32,600 ทำเครื่องสูบน้ำ			
รายการ	**ผลผลิต**	**ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม**	**ลดค่าใช้จ่ายผักแต่ละชนิด**
1.ข้าวหอมมะลิ	0.7	9,000	9,000
รวม			9,000 บาท

วิเคราะห์ต้นทุนการปลูกข้าวทั้งหมดราคา 32,600 บาท ใช้เวลาการปลูกข้าว ทั้งหมด 3 เดือน และเก็บผล 3 รอบ ต่อ 3 เดือน (1 ปี รวมปลูก) ผลได้ดังนี้ 1. ข้าวหอมมะลิ ได้ 0.7 เกวียน ต่อ 3 เดือน ใน 1 รอบ เป็นเงิน 9,000 บาท และคืนทุนในระยะเวลา 1 ปี จะเป็นเงิน 36,000 บาท

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลา

ต้นทุนในการเลี้ยงปลา ราคา 8,750 บาท

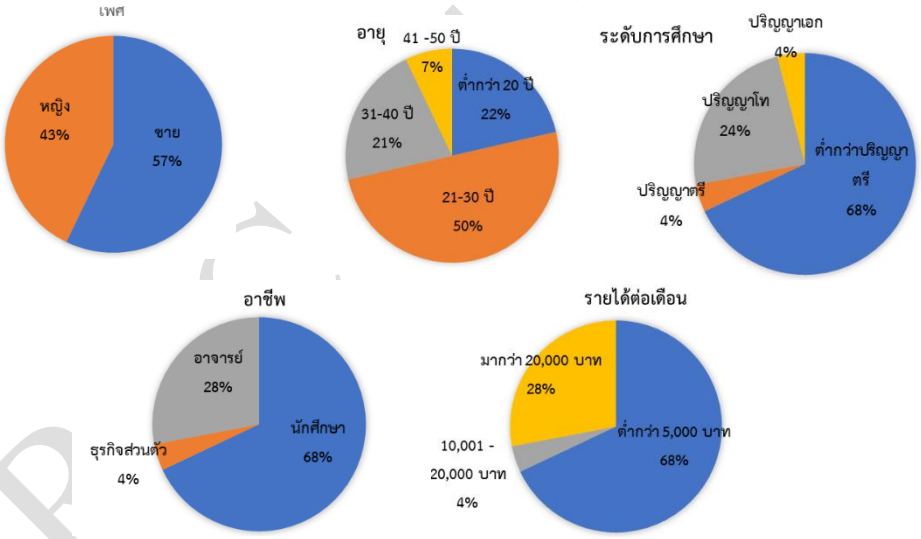
TREC-14 (MJU)

รายการ	ผลผลิต	ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	ลดค่าใช้จ่ายผักแต่ละชนิด
1. ปลาดุก	50 กิโลกรัม	60 บาท	3,000 บาท
2. ปลานิล	45 กิโลกรัม	60 บาท	2,700 บาท
3. ปลาทับทิม	55 กิโลกรัม	80 บาท	4,400 บาท
รวม			10,100 บาท

วิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลาทั้งหมดราคา 8,750 บาท ใช้เวลาการเลี้ยงปลา ทั้งหมด 5 เดือนและเก็บผล อีก 2 เดือน (5 เดือน) ผลได้ดังนี้ 1. ปลาดุก 50 กิโลกรัม เป็นเงิน 3,000 บาท 2. ปลานิล 45 กิโลกรัม เป็นเงิน 2,700 บาท 3. ปลาทับทิม 55 กิโลกรัม เป็นเงิน 4,400 บาท รวมเป็นเงินทั้งหมด 10,100 บาท และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 5 เดือน

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
รายการ	**จำนวนเงิน (เฉลี่ยต่อเดือน)**	**หมายเหตุ**
1. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงตัดหญ้า	200 บาท	กรณีฤดูฝน จะตัดหญ้าประมาณ 2 ครั้งต่อเดือน
2. ค่าเครื่องปรุงอาหาร	600 บาท	ซื้อย้อยจากร้านค้าปลีกในชุมชนจะแพงกว่าใน Macro
3. ค่าจ้างคนงาน	-	ในช่วงโควิด 19 ทุกคนในที่อยู่สวนพลังงานจะช่วยกันทำงานตั้ง ตัดหญ้าทำความสะอาด จังไม่เสียค่าใช้จ่าย



ภาพที่ 11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

อภิปรายผลจากแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 14 คน เพชชาย แสดงดับภาพที่ 11 สรุปผลแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่าความพึงพอใจของวิจัยโมเดลสวนผักปันโดยภาพรวมอยู่ในระดับพอใจมาก ($\overline{X}$=4.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.60 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ หัวข้อสวนผักปันรักในยุคโควิด 19 เป็นโมเดลที่เกิดจากการนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.64) ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.48 รองลงมาหัวข้อ สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ลดระยะเวลาในการบริหารจัดการสวนผักปันรักในยุคโควิด 19 อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.57) ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.49 ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือหัวข้อสวนผักปันรักในยุคโควิด 19

สามารถลดต้นทุนทางด้านเทคโนโลยีและสวนผักปันรักในยุคโควิด สามารถลดปัญหาด้านการเงินในสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.43) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73

สรุปผลการวิจัย

โมเดลต้นแบบการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางด้านเทคโนโลยีและนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการจัดทำโรงเห็ด การปลูกผัก การทำนาข้าว และการเลี้ยงปลา จากการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ต้นทุนในโซนแปลงผักจะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3 เดือน รวมเป็นเงินทั้งหมด 3,750 บาท โซนโรงเห็ดจะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3 เดือน รวมเป็นเงินทั้งหมด 13,600 บาท โซนเลี้ยงปลาจะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 5 เดือน รวมเป็นเงินทั้งหมด 10,100 บาท และโซนนาข้าวจะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 1 ปี รวมเป็นเงินทั้งหมด 36,000 บาทพบว่าในการจัดทำโมเดลต้นแบบการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สามารถลดต้นทุนด้านค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวันได้จริงไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนด้านอาหาร ไฟฟ้า และแก๊สหุงต้ม อีกทั้งยังสามารถบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในสวนพลังงานได้จริงและยังนำมาสนับสนุนการใช้ชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธา ศรีอุดม และ อนุรัตน์ เทวตา และ ไพโรจน์ จันทร์แก้ว (2558). **การผลิตแก๊สชีวภาพและประยุกต์ใช้ในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวันในโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก** จังหวัดตาก

[2] พิชยดา จิรวรรษวงศ์ (2556). **การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย**

[3] ภาคิณ มณีโชติ, เทพ เกื้อทวีกุล, อัษฎางค์ บุญศรี, นิวดี คลังสีดา, โยธิน ป้อมปราการ (2562). **การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับศูนย์อาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**

[4] จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม, อัษฎางค์ บุญศรี, เกียรติศักดิ์ ทองรักษ์, อนุรักษ์ บุญรัก (2562). **การพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบเคลื่อนที่โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์**

[5] เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์, อัษฎางค์ บุญศรี, รัฐพงษ์ เพลียโคตร, อภิสิทธิ์ นาภีร์ (2562). **การพัฒนาตู้อบแห้งรมควันแบบควบคุมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์**

[6] พระสิทธิสิงหเสนี (โสภณ โสภโณ) (2563). **การวิจัยเรื่องรูปแบบการขับเคลื่อนปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงภาคเกษตรกรรมตามหลักพุทธธรรมจังหวัดนครพนม**

[7] Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970, Autum). **Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement**, 30 (3), 606-610

TREC-14 (MJU)

นวัตกรรมพลังงานทดแทนและการจัดการอย่างยั่งยืนสำหรับเกษตรอินทรีย์
Innovation in Renewable Energy and Sustainable Management for Organic Agriculture

ปิยะพงษ์ ยงเพชร[12] ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล[2] ไตรมาศ พูลผล[1] เทอดเกียรติ แก้วพวง[3] ถกลรัตน์ ทักษิมา[4] ณัฐกิตต์ อยู่ด้วง[5]พัชรา ยงเพชร[6] และ กนกพร ดิษฐกระจันทร์[7]

Piyaphong Yongphet[1*] Pinyapat Nakpibal[2] Trimas Phunphon[1] Teadkait Kaewpuang[3] Takunrat Taksima[4] Nattakit Yuduang[5] Phatchara Yongphet[6] and Kanokporn Diskajun[7]

[1] อาจารย์นักพัฒนา สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

[2] คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

[3] อาจารย์นักพัฒนา สำนักส่งเสริมการเรียนรู้และบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

[4] วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพฯ 10210

[5] School of Industrial Engineering and Engineering Management, Mapúa University, Philippines 1002

[6] สถาบันการศึกษานานาชาติ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[7] ประธานวิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ อำเภออู่ทอง สุพรรณบุรี 72160

Abstract

Innovative developments in renewable energy are used in agriculture to improve farmers' lives. This research work on Area Based Approach (ABA) with the Organic Agriculture Promotion Group, Community Enterprise, U-Thong, Suphanburi Province by using Participate Action Research (PAR) method. Which emphasizes research, area-based approaches and innovates in response to local solutions. In addition, innovation modelling can improve the quality of life and regional strengths. Using renewable energy technologies in integrated farming from upstream to downstream to promote sustainable organic agriculture is a random act of organic farmers with a Participatory Guarantee System (PGS). There are 13 households through brainstorming and Focus Group Discussing (FGD) with operational empowerment assessment and data analysis using qualitative synthesis. The results showed that farmers had developed innovative renewable energy and sustainable management for organic farming. They were developing innovations to improve soil quality in agricultural areas (upstream), producing compost from farm waste and water hyacinths, such as agricultural waste decomposition accelerators. Subsequently, participatory management processes have been developed to increase productivity and care for organic vegetable and rice plantations (midstream) such as Solar Energy-Based Insect Pest Trap. Finally, product development and online marketing plan (downstream) in this process are innovative, including Multipurpose Solar Dryer and dry rice vermicelli machine. In this regard, participatory performance strengthens the member group and increases the income of the community enterprise group. There are four innovations created in the community. There is also a gathering of youth to develop the craftsmanship of 8 artisans who can create innovations in the community for future sales.

Keywords: Organic farming, Participate action, Innovation, Renewable energy, Sustainability

บทคัดย่อ

การพัฒนานวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในภาคการเกษตรเป็นแนวทางที่จะช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้เป็นการทำงานด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่แบบมีส่วนร่วม (Participate Action Research) กับ

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การทำนายอุณหภูมิเพื่อการออกแบบขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในโรงเพาะเห็ดฟาง
Prediction of temperature for designing heat exchanger tube size in a straw mushroom house

เตชาธร ชัยวงศ์[1] ภคมน ปินตานา[2*] ธเนศ ไชยชนะ[1] ชวโรจน์ ใจสิน[3] และชลัมพล ธารารักษ์[1]
Techatorn Chaiwong[1] Pakamon Pintana[2*] Tanate Chaichana[1] Chawaroj Jaisin[3] and Chalumpol Trararak[1]

[1] สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
[2] สาขาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน
[3] สาขาวิศวกรรมฟาร์มอัจฉริยะและนวัตกรรมเกษตร
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

One of the main problems that affect straw mushroom cultivation in Northern and Northeastern of Thailand is too low temperature and low relative humidity in winter. It caused to take a long-time cultivation and growing period decrease. Suitable temperature for growing is 25-37 °C. The low temperature can be compensated by the introduction of external heat sources. This research simulates the effects in the temperature in 60.85×10^6 cm^3 mushroom house by hot water in 20 units, 0.95 cm diameter and 500 cm long copper tube for heat exchanging. Flow rate of hot water was 0.05 L/s. The model was designed with Computational Fluid Dynamics (CFD) program using the standard turbulence model in steady-state. The results showed that the simulation was in agreement with the experiment. The simulation model was analyzed the effect of differentiation 1.27 and 2.54 cm diameter of copper tube. The results of analysis showed that the rapidity of temperature change varied with diameter of tube, that a part of decision selects economic optimization tube to design the straw mushroom house.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, straw mushroom house, Heat exchanger

บทคัดย่อ

หนึ่งในปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเพาะเห็ดฟางทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ก็คือ สภาพอากาศที่หนาวเย็นและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำในช่วงฤดูหนาว ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการผลิตเห็ดนานขึ้น ทำให้ได้จำนวนรอบการเพาะในแต่ละปีลดลง เห็ดฟางจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-37 °C แนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิต่ำ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้กับโรงเรือนด้วยแหล่งความร้อนจากภายนอก งานวิจัยนี้จึงได้จำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโรงเรือนขนาดโดยประมาณ 60.85×10^6 cm^3 จากการแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำร้อนในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 cm ยาว 500 cm จำนวน 20 เส้น อัตราการไหลน้ำร้อน 0.05 L/s การจำลองใช้โปรแกรม CFD กำหนดความปั่นป่วนแบบแบบมาตรฐานในสภาวะคงตัว ผลการจำลองสอดคล้องกับการทดสอบจริง แบบจำลองที่ได้ถูกนำไปใช้วิเคราะห์ ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ คือ 1.27 และ 2.54 cm ผลการจำลองพบว่าความเร็วในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโรงเรือนแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ทั้งนี้ผลการจำลองจะใช้เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเลือกขนาดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการออกแบบโรงเรือนผลิตเห็ดฟางต่อไป

คำสำคัญ: พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, โรงเรือนเพาะเห็ดฟาง, การแลกเปลี่ยนความร้อน

บทนำ

การเพาะเห็ดฟางของเกษตรกรในประเทศไทย นิยมทำการเพาะด้วยวิธีหลัง 3 วิธีคือ การเพาะแบบกองเตี้ย, การเพาะในตะกร้า และการเพาะในโรงเรือน [1] การเพาะด้วยวิธีการแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน การเพาะแบบกองเตี้ยและแบบในตะกร้าทำได้ง่าย ใช้แรงงานน้อย ต้นทุนต่ำ แต่มีปัญหาเรื่องการควบคุมสภาพแวดล้อม การเพาะในโรงเรือนทำได้

TREC-14 (MJU)

ยากกว่า ต้นทุนสูงกว่า แต่สามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะต่อการเพาะเห็ดฟางได้ จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตมากขึ้นกว่าสองวิธีที่กล่าวมา ดังนั้นเกษตรกรปัจจุบันจึงหันมาทำการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนกันมากขึ้น

แม้ว่าการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด แต่ในช่วงฤดูหนาวที่มีสภาพอากาศหนาวเย็นและความชื้นสัมพันธ์ต่ำ เกษตรกรที่เพาะเห็ดฟางในพื้นที่ทางภาพเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กลับต้องหยุดเพาะในช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากอุณหภูมิต่ำตลอดทั้งฤดู ความร้อนภายในโรงเรือนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง เกษตรกรจึงต้องหาแนวทางในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับโรงเรือนด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่การสร้างและการปรับปรุงโรงเรือนมีต้นทุนสูง หากการออกแบบโรงเรือนทำได้ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อประสิทธิภาพ และต้นทุนในการสร้าง

ปัจจุบันได้มีเครื่องมือในการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จากการศึกษาพบว่าได้มีการนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้ในการทำนายรูปแบบการไหลและการกระจายอุณหภูมิในโรงเรือน [2-3] และการถ่ายเทความร้อนจากท่อในรูปแบบต่าง ๆ [4] ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้จำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโรงเรือน ด้วยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กับท่อทองแดง [5] เพื่อนำผลการจำลองไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ เลือกขนาดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการออกแบบโรงเรือนผลิตเห็ดฟาง

วิธีการวิจัย

ในขั้นตอนแรกได้ทำการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน เกี่ยวกับลักษณะของโรงเรือน และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดฟาง เพื่อนำไปสู่การออกแบบและสร้างโรงเรือนด้วยโปรแกรม Solid works แล้วจึงนำค่าการทดสอบจากโรงเรือนจริง มาทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใน ด้วยขนาดท่อและอัตราการไหลที่ต่างไป [6] เมื่ออุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดฟางในช่วงเดินเส้นใย และเป็นดอกเห็ดอยู่ที่ 35-37 และ 25-30 °C ตามลำดับ [7] จึงกำหนดอุณหภูมิในการทำงานไว้ที่ 35 °C

โรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

ในการศึกษาวิจัย ได้ทำการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดฟางขนาดโดยประมาณ 60.85x10^6 cm^3 แสดงดังภาพที่ 1 ที่มีทรงเพิงแหงน ทำจากโครงเหล็กหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนหนา 15.24 cm และผ้าใบพีวีซี ภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 4 ชุด ที่ทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 cm ยาว 500 cm จำนวน 20 เส้น น้ำร้อนภายในระบบได้จากการผลิตของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเก็บไว้ในถังเก็บ ขับเคลื่อนน้ำร้อนภายในท่อด้วยปั๊มน้ำที่อัตราการไหล 0.048 kg/s ตรวจวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนและน้ำร้อนภายในท่อแสดงดัง ภาพที่ 2 ด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเครุ่น DS18b20

โปรแกรมจำลอง CFD

ในการศึกษาวิจัย ได้ใช้การคำนวณพลศาสตร์ของไหลภายใต้สภาวะคงตัวแบบ 3 มิติ โดยมีการใช้สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน [8] โดยทำการออกแบบโรงเรือนด้วยโปรแกรม Solidworks ให้มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับโรงเรือนเพาะเห็ดฟางแสดงดังภาพที่ 3 เพื่อทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใน โดยใช้ค่าการทดสอบจริงจากการตรวจวัด ณ จุดต่าง ๆ ในโรงเรือนจำนวน 8 จุด แสดงดังภาพที่ 4 เป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้น แล้วจึงทำการจำลองการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบจริงที่สุด แล้วจึงนำไปจำลองด้วยขนาดของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาด 1.27 และ 2.54 cm เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x_i}=0$$

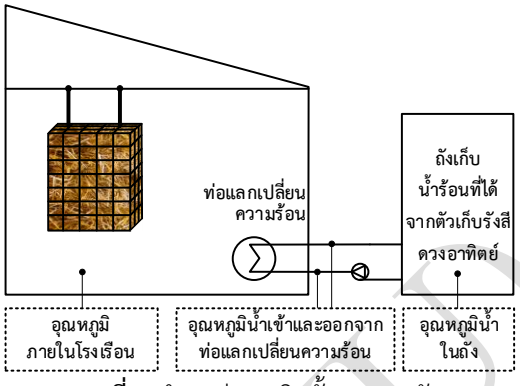
สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial(\rho v_i)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho v_i v_j)}{\partial x_i}=-\frac{\partial P}{\partial t}+\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i}$$

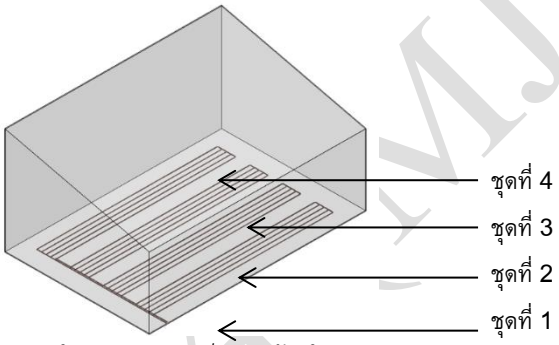
สมการพลังงาน

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho C_p T)+\frac{\partial(\rho C_p T)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(k\frac{\partial T}{\partial x_i}\right)+\frac{\partial P}{\partial t}+\frac{\partial P}{\partial x_i}$$

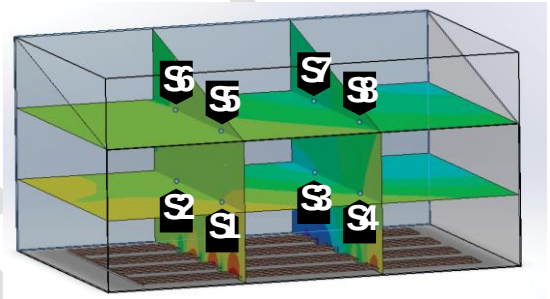
ภาพที่ 1 โรงเรือนเพาะเห็ดฟาง



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งจุดตรวจวัด



ภาพที่ 3 การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดฟางด้วยโปรแกรม Solidworks

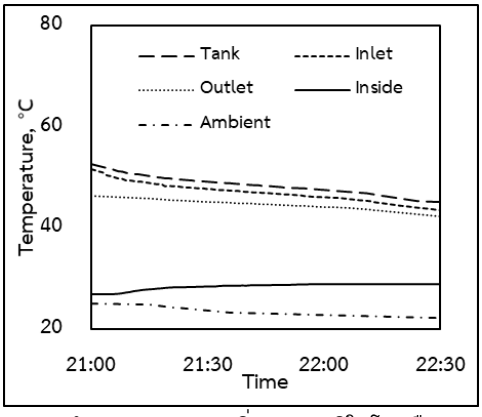


ภาพที่ 4 ตำแหน่งจุดตรวจวัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการแลกเปลี่ยนความร้อนในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

ผลการทำงานของระบบเพิ่มอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยขนาดท่อ 0.95 cm แสดงดังภาพที่ 5 พบว่า เมื่อเริ่มการทดสอบ อุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ที่ 26.77 ℃ อุณหภูมิน้ำเข้าและออกอยู่ที่ 51.59 และ 46.38 ℃ อุณหภูมิน้ำในถังเก็บโดยไม่มีการทำความร้อนเพิ่มอยู่ที่ 52.62 ℃ อุณหภูมิบรรยากาศอยู่ที่ 25.12 ℃ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1.4 h มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 2.08 ℃ และอุณหภูมิภายในโรงเรือนเริ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ 28.85 ℃ อุณหภูมิน้ำเข้าและออกอยู่ที่ 44.92 และ 43.38 ℃ อุณหภูมิน้ำในถังเก็บอยู่ที่ 45.10 ℃ และอุณหภูมิบรรยากาศอยู่ที่ 22.30 ℃



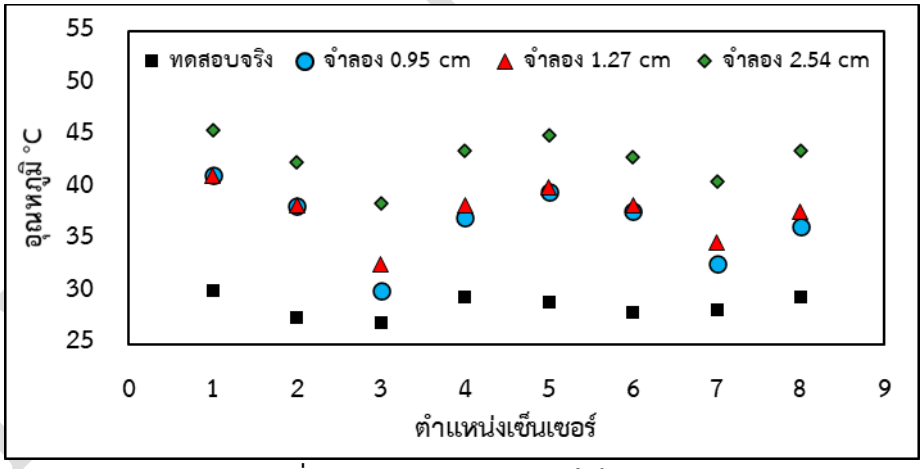
ภาพที่ 5 ผลการทำงานของระบบเพิ่มอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

ผลการจำลองการแลกเปลี่ยนความร้อนในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

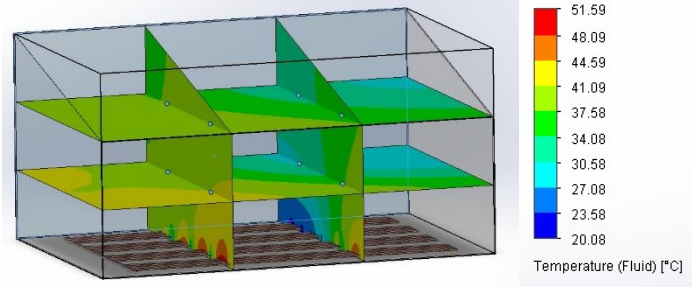
จากผลการจำลองระบบเพิ่มอุณหภูมิ ในโปรแกรม Solidworks แสดงดังภาพที่ 6 ถึงภาพที่ 9 พบว่าที่ขนาดท่อ 0.95 cm อุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนอยู่ที่ 36.66 °C ส่วนอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ขนาดท่อ 1.27 cm จะอยู่ที่ 37.68 °C และอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ขนาดท่อ 2.54 cm จะอยู่ที่ 42.65 °C

ที่ตำแหน่งท่อน้ำเข้า ณ จุดที่ 1 เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำจะไหลไปยังจุดที่ 2 และบางส่วนจะไหลไปในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 จึงทำให้อุณหภูมิ ณ จุดที่ 2 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกัน น้ำร้อนที่ไหลมายังจุดที่ 2 จะถูกกระจายเข้าไปท่อชุดที่ 2, 3 และ 4 โดยไหลไปยังจุดที่ 3 ซึ่งเป็นจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 3 จุดแรก เนื่องจากระหว่างทางถูกถ่ายเทความร้อนออก ในส่วนของจุดที่ 5-8 อุณหภูมิมีความสอดคล้องกับจุดที่ 1-4 เนื่องจากเป็นจุดตรวจวัดในตำแหน่งเดียวกัน แต่อยู่สูงกว่า

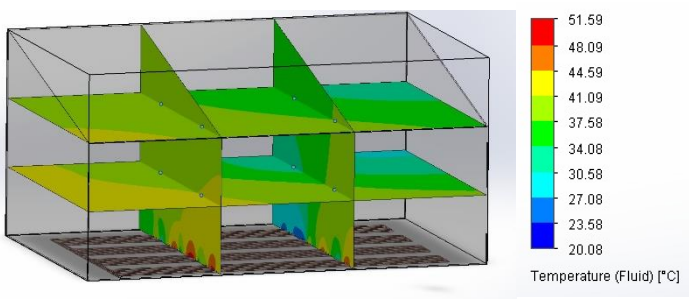
ตำแหน่งอุณหภูมิสูงสุดของท่อขนาด 0.95, 1.27 และ 2.54 cm อยู่ ณ จุดที่ 1 ที่อุณหภูมิ 41.18, 41.21 และ 45.55 °C ตามลำดับ และตำแหน่งอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ ณ จุดที่ 3 ที่อุณหภูมิ 30.18, 32.66 และ 38.49 °C ตามลำดับ



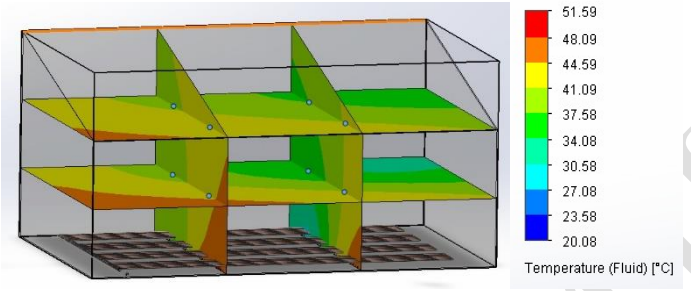
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิในโรงเรือน



ภาพที่ 7 อุณหภูมิในโรงเรือนที่ขนาดท่อ 0.95 cm



ภาพที่ 8 อุณหภูมิในโรงเรือนที่ขนาดท่อ 1.27 cm



ภาพที่ 9 อุณหภูมิในโรงเรือนที่ขนาดท่อ 2.54 cm

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการการทำนายอุณหภูมิเพื่อการออกแบบขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในโรงเพาะเห็ดฟางพบว่าขนาดท่อมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในโรงเรือน เนื่องจากพื้นที่ผิวของท่อที่มากขึ้น ทำให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้ความร้อน ณ สภาวะคงตัวนั้นมีอุณหภูมิภายในที่สูงขึ้นตามลำดับ

อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ภายโรงเรือนเพาะเห็ดฟางพบว่าทั้งการทดสอบจริง และการจำลองมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ณ จุดที่ 1 ที่เป็นจุดทางเข้าของน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุด เมื่อมีการเคลื่อนที่ก็จะเกิดจากการถ่ายเทความร้อนให้แก่โรงเรือน และเมื่อน้ำร้อนไหลไปถึงจุดที่ 3 ที่เป็นจุดที่ไกลที่สุด จึงส่งผลให้จุดดังกล่าวมีอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ดังนั้นควรมีการปรับทิศทางการไหลเข้าสู่โรงเรือนของน้ำร้อน เพื่อให้เกิดการกระจายอุณหภูมิทั่วทั้งโรงเรือน

จากผลจำลองพบว่าท่อทั้งสามขนาด สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้สูงกว่า 35 °C ที่เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อความต้องการในการเพาะเห็ดฟาง การเลือกขนาดท่อทองแดงจะมีผลต่อต้นทุนในการสร้างระบบเพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้น เมื่อท่อทั้งสามขนาดสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ในระดับที่ต้องการ การพิจารณาใช้ท่อที่มีต้นทุนต่ำกว่าที่สุด จึงเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณา ซึ่งจะจะส่งผลให้ต้นทุนในการสร้างต่ำลง โดยที่ยังคงไว้ซึ่งความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้ได้ตามที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก “ทุนนักศึกษาเรียนดี” ในโครงการทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และอุทยานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเกษตรและอาหาร สำหรับการให้โอกาสในการเข้าร่วมกิจกรรมประกวดต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). **การเพาะเห็ดเบื้องต้น**. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพ.

[2] องอาจ วิเศษสุข. (2548) **การศึกษารูปแบบการไหลและการกระจายอุณหภูมิ ของอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. DOI: 10.14457/KMUTT.the.2005.204

[3] Pintana P., Thanompongchart P., Phimphilai K., Tippayawong N. (2017). **Improvement of airflow distribution in glutinous rice cracker drying cabinet**. Energy Procedia 2017,138, 325–330.

[4] Kishan, R., Singh, D. and Sharma, A. K. (2020). **CFD Analysis of Heat Exchanger Models Design Using ANSYS Fluent**. International Journal of Mechanical Engineering and Technology 11(2), 2020, pp. 1-9, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3540077

[5] เตชาธร ชัยวงศ์ และกฤตภาส นันติ. (2562). **โรงเรือนเพาะเห็ดฟางอัจฉริยะ**. โครงงานวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน. คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[6] Gorjian, S., Ebadi, H., Najafi, G., Chandel, S. and Yildizhan, H. (2021). **Recent Advances in Net-zero Energy Greenhouses and Adapted Thermal Energy Storage Systems**. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 43. 100940. 10.1016/j.seta.2020.100940.

[7] Thuc, L. V., Corales, R. G., Sajor, J. T., Truc, N. T. T., Hien, P. H., Ramos, R. E., . . . Van Hung, N. (2020). **Rice-Straw Mushroom Production**. Sustainable Rice Straw Management. M. Gummert, N. V. Hung, P. Chivenge and B. Douthwaite. Cham, Springer International Publishing: 93-109.

[8] ปรเมนทร์ มาลีหวล และอดุลย์ จรรยาเลิศอดุลย์. (2554). **การจำลองการไหลของอากาศในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดย CFD**. วารสารวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 13(4).

TREC-14 (MJU)

การอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน
Turmeric Drying by Using Microwave Rotary Dryer

ธัญวรัตม์ ประเดชบุญ[1] ฐียฉัตร ชูวิทย์[1] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[2] และศิรินุช จินดารักษ์[1*]

[1] สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000
[2]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa L.*) a valuable medicinal herb that can also be used in cooking. therefore, it is widely used If fresh turmeric has a relatively short shelf life. Making the processing into a form of drying is one of the methods that can help prolong the life of turmeric. In this research, the drying of turmeric was studied with a microwave rotating dryer. There is a condition 1000 and 2000 W of power were used at the body inclination angles of 30˚, 45˚ and 60˚ to study the optimum drying conditions. The study found that drying at a power of 2000 W at an inclination angle of 60˚ is the optimum condition for drying turmeric in a microwave rotary dryer which the initial and final moisture content was 938 %db and 6 %db respectively and the specific energy consumption is 7.99 MJ/kg$_{H_2O_{evap}}$

Keyword: Microwave rotary dryer, Turmeric (Curcuma longa L.)

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่มีคุณค่าในด้านการรักษาทั้งยังสามารถนำมาประกอบอาหารได้ด้วย จึงทำให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย หากเป็นขมิ้นสดนั้นมีอายุในการเก็บค่อนข้างสั้น ทำให้การแปรรูปเป็นรูปแบบของการอบแห้งเป็นวิธีการนึงที่ช่วยยืดอายุของขมิ้นชันได้นานขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องไมโครเวฟแบบถังหมุน มีเงื่อนไข คือ ใช้กำลังไฟฟ้า 1000 และ 2000 W ที่มุมเอียงของตัวถัง 30˚, 45˚ และ 60˚ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง จากการศึกษาพบว่า การอบแห้งขมิ้นชันด้วยกำลังไฟฟ้า 2000 W ที่มุมเอียง 60˚ เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องไมโครเวฟแบบถังหมุน ที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นประมาณ 938 %db จนถึงประมาณ 6 %db และมีค่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 7.99 MJ/kg$_{H_2O_{evap}}$

คำสำคัญ: ไมโครเวฟชนิดถังหมุน, ขมิ้นชัน

บทนำ

ขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาประกอบอาหารและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ [1] โดยในประเทศไทยได้มีการส่งเสริม พัฒนา และผลิตสมุนไพรที่มีศักยภาพตามความต้องการของตลาด พัฒนาอุตสาหกรรมสมุนไพรให้มีคุณภาพระดับสากล อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้สมุนไพรเพื่อรักษาโรคและการสร้างเสริมสุขภาพ จากแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ.2560 - 2564 ทำให้ความต้องการของสมุนไพรเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยขมิ้นชันนั้นเป็นสมุนไพรที่สามารถพบได้ทั่วไปในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีสรรพคุณที่โดดเด่นคือ เสริมสร้างภูมิคุ้มกันในร่างกาย ต้านอนุมูลอิสระ และสามารถต้านทานโรคมะเร็งได้อีกด้วย [2] ส่งผลให้สมุนไพรได้รับการแปรรูปหลากหลาย ตามความต้องการของการรักษา อาทิเช่น การนำมาอัดเม็ด การบดเป็นผลลงในแคปซูล และทำลูกประคบ ซึ่งประกอบไปด้วยสมุนไพรหลากหลายชนิดโดยมีขมิ้นชันเป็นองค์ประกอบหลัก ชื่อทางวิทยาศาสตร์ของขมิ้นชัน คือ *Curcuma longa L.* เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ขิง ลำต้นจริงนั้นอยู่ใต้ดิน มีเหง้ารูปไข่ มีแง่งแขนงรูปทรงกระบอก หรือคล้ายนิ้วมือ ตรงหรือโค้งเล็กน้อย ยาว 4-7 เซนติเมตร กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1-1.8 เซนติเมตร มีรอยย่นตามความยาวของแง่ง มีวงแหวนตามขวาง (leaf scars) ผิวนอกสีเหลืองถึงสีเหลืองน้ำตาล สีภายในสีเหลืองเข้มหรือสีส้มปนน้ำตาล เป็นมัน แข็ง และเหนียว เมื่อบดเป็นผงมีสีเหลืองทองหรือสีเหลืองส้มปนน้ำตาล รสขม ฝาด เผ็ด เล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งมาจากน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่

TREC-KA (MJU)

ภายใน [3,4] ด้วยสรรพคุณของขมิ้นชันจึงเกิดความต้องการในการถนอมขมิ้นชันเพื่อยืดอายุการใช้งานให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ดังนั้นจึงเพิ่มมูลค่าให้กับขมิ้นชันด้วยการนำเทคโนโลยีการอบแห้งเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพของสมุนไพรแห้งที่ได้ให้เทียบเท่าสมุนไพรสด จากการศึกษาพบว่าเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนขมิ้นชัน โดยในการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นจะสามารถรักษาคุณค่าต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น และรวมไปถึงสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบภายใน มากกว่าวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนหรือรังสีอินฟราเรด ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มีคุณภาพสูง มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนกับวัสดุ การประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟในการอบแห้งร่วมกับลมร้อนเป็นแนวทางหนึ่ง โดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งเหลือเพียงหนึ่งในห้าเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนอย่างเดียว นอกจากนี้การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากกว่าการใช้ลมร้อนประมาณ 2-3 เท่า เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะสามารถทะลุเข้าไปเนื้อวัสดุแล้วทำให้เกิดความร้อนพร้อม ๆ กันทั้งภายใน และที่ผิวของวัสดุ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ [5] จึงมีแนวคิดในการศึกษากระบวนการอบแห้งขมิ้นชันและไพล ด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนชนิดแมกนีตรอนหลายตัว เพื่อวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสม ลักษณะทางกายภาพ และจุดวิเคราะห์จุดคุ้มทุนผลตอบแทนจากการลงทุน

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนนั้นมีวิธีการทดลองดังนี้

1. โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบโดยเริ่มจากนำวัตถุดิบที่ได้มาล้างทำความสะอาด โดยวัตถุดิบนั้นสามารถหาได้ ตามตลาดทั่วไป หลังจากนั้นนำมาหั่นให้มีความหนาประมาณ 0.5 – 1 cm ใช้วัตถุดิบครั้งละ 10 Kg หลักจากนั้นสุ่มตัวอย่างนำไปหาค่าความชื้นเริ่มต้น [6]

2. ทดลองอบแห้งขมิ้นชันโดยใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน ความจุของเครื่องสูงสุดคือ 20 Kg แต่ในการทดลองนั้นใช้ความจุเพียง 50% ของความสุดสูงสุด เนื่องจากการทับซ้อนกันที่มากเกินไปและช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์ที่น้อยเกนไปทำให้ไอน้ำที่ได้จากการอบแห้งไม่สามารถออกได้ ทดลองอบแห้ง กำลังไฟฟ้าที่ใช้คือ 1000 และ2000 W มุมเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองคือ 30°, 45° และ 60° โดยพิจารณาจากกำลังวัตต์ใช้ระยะเวลาในการทำงานเป็นเกณฑ์

3. ทำการเก็บข้อมูลโดยนำวัตถุดิบออกมาชั่งน้ำหนัก วัตถุดิบ ทุก ๆ 30 นาที

4.นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของขมิ้นชันสดและขมิ้นชันอบแห้งที่ได้ ได้แก่ สี และรูปร่าง ในการเทียบสีนั้นใช้ สมุดคู่มือเทียบสี RSH color chart Sixth edition 2015 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งซึ่งได้แก่ อัตราการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของวัตถุดิบตามสมการดังนี้

4.1 คำนวณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ตามสมการดังนี้

$$M_d = \frac{w - d}{d} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

w คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

4.2 การคำนวณอัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

$$\text{อัตราการอบแห้ง}(DR) = \frac{\text{ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไป}}{\text{ระยะเวลาในการอบแห้ง}} \quad (2)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง, %db/hr

4.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง (Specific energy consumption, SEC) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง สำหรับในการทดลองทุกเงื่อนไขการทดลองอบแห้งสมุนไพรนี้จะบันทึกปริมาณการใช้พลังงานตลอดกระบวนการทดลองหารด้วยปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ที่ใช้ในการอบแห้งตามสมการ

TREC-IA (MJU)

$$SEC = \frac{3.6\ E_p}{(m_i - m_f)} \quad (3)$$

เมื่อ m_i และ m_f คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้งและมวลของวัสดุหลังอบแห้ง ตามลำดับ, kg

E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

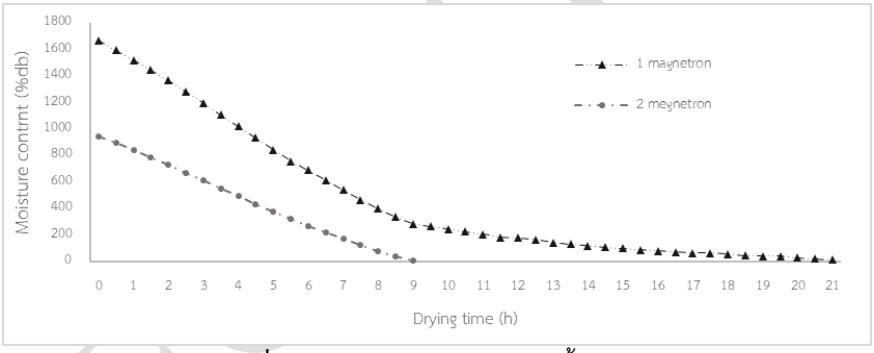
3.6 คือ แฟกเตอร์การแปลงหน่วยจาก kWh เป็น MJ/kg ของการระเหยน้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

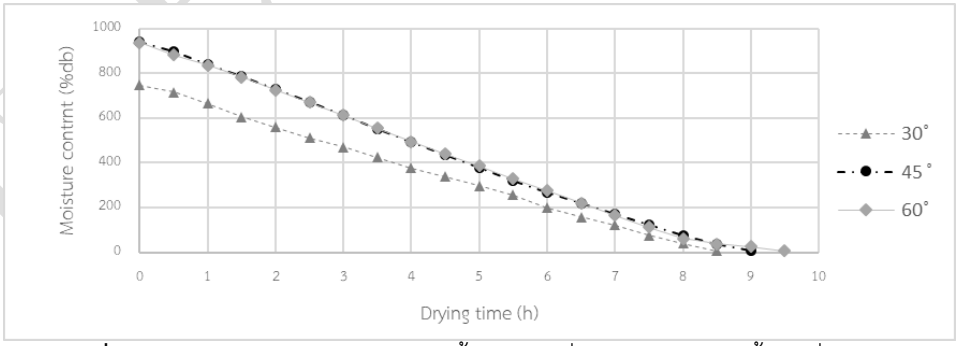
การพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งนั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่สำคัญ จึงเริ่มการทดลองโดยพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ 1000 และ 2000 W ที่มุม 45° ซึ่งเป็นค่ากลางระหว่างสองมุมพบว่าเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าจาก 1000 เป็น 2000 W ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงจาก 21 ชั่วโมงเหลือ 9 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 1 ดังนั้นจึงทำให้เงื่อนไขการอบแห้งขมิ้นชันด้วย 2000 W เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุด และเมื่อพิจารณาลักษณะทางการภาพของขมิ้นชั้นอบแห้งที่แสดงดังภาพที่ 3 และ 4 พบว่า สีของขมิ้นชันอบแห้งทั้งสองเงื่อนไขมีสีน้ำตาลเข้มโดยอยู่ในโทนสี moderate brown C ทั้งสองเงื่อนไข

จากผลการทดลองที่กำลังไฟฟ้า 2000 W แสดงการเปรียบเทียบความชื้น เวลาในการอบแห้ง และอัตราการอบแห้งดังภาพที่ 2 และ 3 พบว่าทุกมุมเอียง มีระยะเวลาอยู่ในช่วงการทำงานปรกติคือ 10 ชั่วโมง โดยที่มุม 30°, 45° และ 60° มีระยะเวลาในการอบแห้งคือ 8.5, 9 และ 9.5 ชั่วโมง ตามลำดับ และแนวโน้มของอัตราการอบแห้งไม่ต่างกันมาก

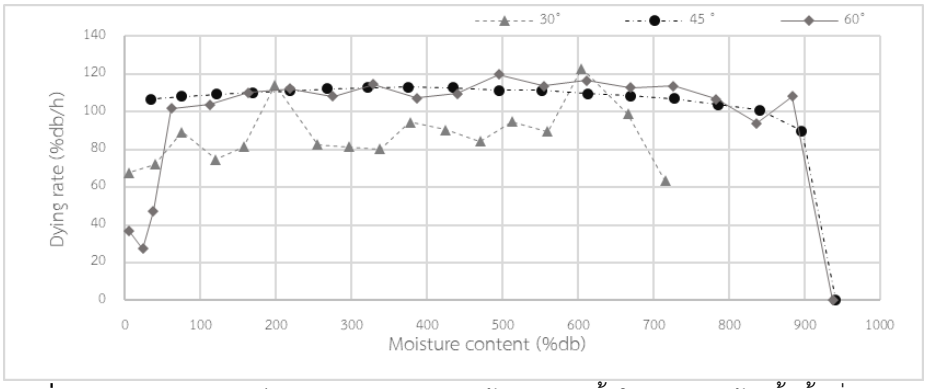
เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพดังภาพที่ 6, 7 และ 8 พบว่าที่มุม 30° และ 45° มีโทนสีน้ำตาลที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่มุมเอียง 60° กลับพบว่ามีโทนสีที่ใกล้เคียงกับขมิ้นชันสดเป็นอย่างมากคือโทนสี Strong Orange Yellow A ทำให้ขมิ้นชันที่อบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบถังหมุนทีกำลังไฟฟ้า 2000 โดยมุมเอียงของถังที่ 60° เป็นกรณีที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งขมิ้นชันที่มุมต่าง ๆ



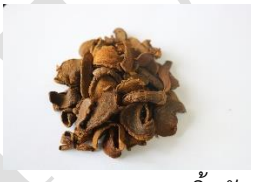
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับความชื้นในการอบแห้งขมิ้นชั้นที่มุมต่าง ๆ

ก.โทนสีของขมิ้นชันสด

ข.ภาพรวมของขมิ้นชันสด

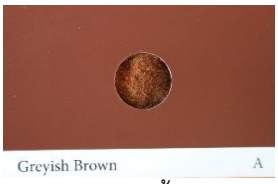
ภาพที่ 4 ขมิ้นชันสด

ก.โทนสีของขมิ้นชันแห้ง



ข.ภาพรวมของขมิ้นชันแห้ง

ภาพที่ 5 ขมิ้นชันแห้งที่กำลังไฟฟ้า 1000 W มุมเอียง 45˚



ก.โทนสีของขมิ้นชันแห้ง

ข.ภาพรวมของขมิ้นชันแห้ง

ภาพที่ 6 ขมิ้นชันแห้งที่กำลังไฟฟ้า 2000 W มุมเอียง 30˚

ก.โทนสีของขมิ้นชันแห้ง

ข.ภาพรวมของขมิ้นชันแห้ง

ภาพที่ 7 ขมิ้นชันแห้งที่กำลังไฟฟ้า 2000 W มุมเอียง 45˚

ก.โทนสีของขมิ้นชันแห้ง

ข.ภาพรวมของขมิ้นชันแห้ง

ภาพที่ 8 ขมิ้นชันแห้งที่กำลังไฟฟ้า 2000 W มุมเอียง 60˚

เมื่อพิจารณาค่า SEC แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ที่มุมเอียง 60˚ มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบทั้งสามมุมเท่ากับ 7.99 MJ/$kg_{H_2O_{evap}}$ อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 98.11 (%db/h)

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการอบแห้งขมิ้นชันที่กำลังไฟฟ้า 2000 W ที่มุมเอียง 30˚, 45˚ และ 60˚

มุมเอียง	ความชื้น (%db)		อัตราการอบแห้งเฉลี่ย (%db/h)	ระยะเวลาในการอบแห้ง (min)	SEC (MJ/$kg_{H_2O_{evap}}$)
	เริ่มต้น	สุดท้าย			
30˚	747.46	6.02	87.23	8.5	10.05
45˚	941.67	6.04	103.96	9	9.11
60˚	937.94	5.88	98.11	9.5	7.99

สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งขมิ้นชันด้วยกำลังไฟฟ้า 2000 W ที่มุมเอียง 60° คือ สภาวะที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์ด้วยลักษณะทางกายภาพ ระยะเวลา และค่า SEC โดยมีความชื้นเริ่มต้นคือ 937.94 (%db) อบแห้งด้วยระยะเวลา 9.5 ชั่วโมง จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 6 (%db) และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 7.99 MJ/kg$_{H_2O_{evap}}$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในด้านของสถานที่ในการทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงสาธารณสุข และองค์กรภาครัฐ เอกชน, แผนแม่บทแห่งชาติ ว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564. Vol.ๆ พ.ศ.2560-2564. 2559, บจกทีเอส อินเตอร์พริ้นท์: กรมพัฒนาแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณะสุข ถ.ติวานนท์ ต.ตลาดขวัญ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000. 200.

[2] Kuttan, R., et al., Potential anticancer activity of turmeric (Curcuma longa). Cancer letters, 1985. 29(2): p. 197-202.

[3] สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ: ข้อมูลบนหลักฐานทางวิชาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. แสงเทียนการพิมพ์:กรุงเทพมหานคร, 2552.

[4] Sincharoenpokai P, Lawhavinit O, Sunthornandh P, Kongkathip N, Sutthiprabha S, Kongkathip B. Inhibitory effects of Turmeric (Curcuma longa L.) extracts on some human and animal pathogenic bacteria. Research report of Kasetsart University. 2009.

[5] Tsotsas, E. and A.S. Mujumdar, Modern drying technology. Vol. 5. 2007: Wiley Online Library

[6] AOAC (2005). Official methods of analysis. 18th Edition, Association of official analytical chemists, Washington, D.C.

TREC-14 (MJU)

การศึกษาสมรรถนะของโรงงานผลิตพืชแบบต้นทุนต่ำสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้ว
Performance Study of Low Cost Plant Factory for Orchid in Flasks Cultivation

รัชฎาภรณ์ วรรณนุช[1] และสุลักษณา มงคล[1*]
Ratchadaphon Wannuch[1] and Sulaksana Mongkon [1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

This research studied the performance of a low-cost plant factory that was improved from the conventional orchid in flasks nursery at Ban Pong Krai, Pong Yang Sub-district, Mae Rim District, Chiang Mai Province. The air conditioning system and artificial lighting system were installed for environment controlling, and an on-grid solar photovoltaic system was used to generate electricity combine with the grid utility. The study found that the air conditioning system could maintain the temperature lower than outside the plant factory about 8-9˚C throughout daytime and was in the range of 25-26˚C, which was suitable for orchid growth. For the performance analysis of the air conditioning system, the COP was equal to 3.33 within the standard values. The PPFD obtained from the LED artificial lighting was in the range of 7-55 μmol/m^2•s, however, some points may be lower than the demand value so it can be managed by putting the orchid bottle to receive light following their age range. The performance ratio of the on-grid solar PV system was equal to 47.62%, and it can provide 74% of the proportion of electricity use of plant factory per day.

Keywords: Plant Factory, Performance, Orchid in Flasks

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมรรถนะโรงงานผลิตพืชแบบต้นทุนต่ำที่ทำการปรับปรุงจากห้องเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้วเดิมของชุมชนบ้านปงไคร้ ต.โป่งแยง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ประกอบด้วยการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบบแสงเทียมเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ และใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งการไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า ระบบปรับอากาศสามารถรักษาอุณหภูมิภายในโรงงานผลิตพืชในช่วงเวลากลางวันให้ต่ำกว่าภายนอกได้ 8-9 ˚C และมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 25-26 ˚C เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ขวด สำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบปรับอากาศพบว่า ค่า COP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน สำหรับค่า PPFD ที่ได้จากระบบแสงเทียม LED มีค่าตั้งแต่ 7-55 μmol/m^2•s ซึ่งบางจุดอาจต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งหากนำไปใช้งานจริงอาจมีการจัดการโดยการจัดวางกล้วยไม้ขวดให้ได้รับแสงให้เหมาะสมกับช่วงวัยของกล้วยไม้ได้ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสมรรถนะของระบบเท่ากับ 47.62% และสามารถผลิตพลังงานที่ไฟฟ้าใช้ในโรงงานผลิตพืชเท่ากับ 73.09% ของสัดส่วนการใช้พลังงานภายในโรงงานผลิตพืชในหนึ่งวัน

คำสำคัญ: โรงงานผลิตพืช สมรรถนะ กล้วยไม้ในขวดแก้ว

บทนำ

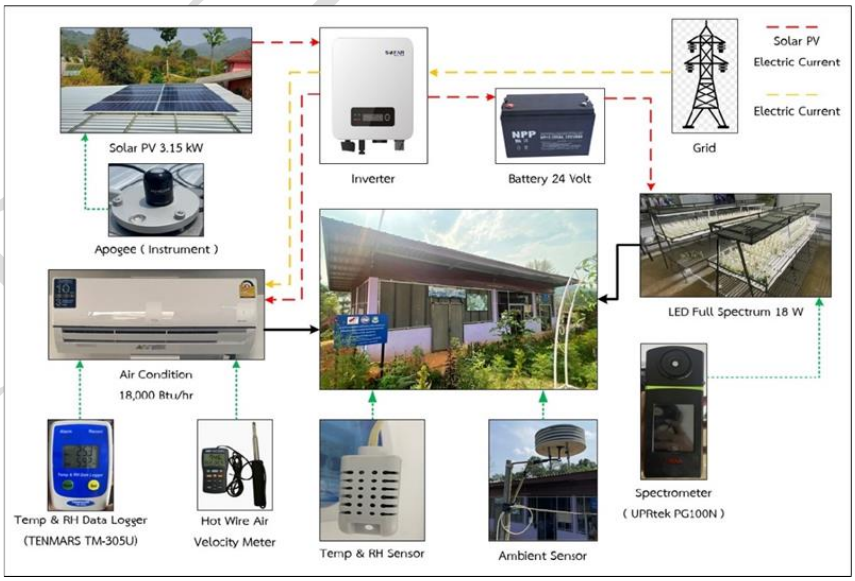
กล้วยไม้ดินพันธุ์นกคุ้มไฟเป็นพันธุ์ไม้หายากเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เนื่องจากเจริญเติบโตช้าและใช้เวลานานกว่าจะสามารถแพร่พันธุ์ได้ด้วยตนเอง สามารถพบได้ในเขตป่าดิบชื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 m ขึ้นไป ชุมชนบ้านปงไคร้ ต.โป่งแยง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ เป็นพื้นที่หนึ่งที่สามารถพบกล้วยไม้ดินชนิดนี้ในระบบนิเวศตามธรรมชาติ [1] ใน พ.ศ.2559

IREC-14(MJU)

ชุมชนมีการจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์กล้วยไม้ของชุมชนขึ้นและปัจจุบันได้ทำการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้นกคุ้มไฟในขวดแก้วเพื่อจำหน่ายและใช้ในการทำกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ แต่เนื่องจากห้องที่ใช้เพาะเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระบบเปิด มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ อุณหภูมิอากาศ และปริมาณแสงที่กล้วยไม้ได้รับจึงขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของอากาศในแต่ละฤดูกาล จึงทำให้อัตราการรอดของกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงในขวดลดลง จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีแนวคิดนำองค์ความรู้เรื่องโรงงานผลิตพืช หรือ Plant factory มาปรับปรุงห้องเพาะเลี้ยงเดิมของชุมชนโดยให้เหมาะสมกับบริบทและการใช้งานของชุมชน ได้แก่ การใช้ระบบปรับอากาศอุณหภูมิอากาศเพื่อรักษาอุณหภูมิในโรงงานผลิตพืชให้อยู่ที่ประมาณ 25-27 ˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวด [2] การใช้ระบบแสงเทียมจากหลอดแอลอีดี (LED) เพื่อทดแทนแสงในธรรมชาติ ซึ่งจากหลายงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้โรงงานผลิตพืช เช่น การเพาะเลี้ยงพืชผักและเนื้อเยื่อกล้วยไม้ภายในห้องที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมและใช้แสงเทียม ทำให้ผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงภายในโรงงานผลิตพืชมีคุณภาพ และมีอัตราการรอดชีวิตมากกว่าผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงตามสภาวะแวดล้อมเดิม [3-5] นอกจากนั้นยังได้นำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้า จากการปรับปรุงโรงงานผลิตพืชดังกล่าวจึงต้องมีการวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานของระบบต่าง ๆ ของโรงงานผลิตพืช ได้แก่ การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในโรงงานผลิตพืช ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในห้อง คุณภาพแสงเทียม และวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้กับโรงงานผลิตพืชแห่งนี้

วิธีการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัยตั้งอยู่ที่หมู่บ้านปงไคร้ ต.โป่งแยง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ เป็นโรงงานผลิตพืชแบบต้นทุนต่ำที่ปรับปรุงมาจากห้องเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้วเดิม โดยห้องมีขนาดกว้าง 6 m ยาว 6 m และสูง 3 m ผนังของห้องปรับปรุงเป็นผนังมวลเบาปิดทึบ ติดตั้งระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงงานได้แก่ เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ระบบแสงเทียมโดยใช้หลอด LED แบบ Full spectrum ขนาด 18 W จำนวน 12 หลอด โดยติดบนชั้นวางขวดจำนวน 2 ชุด ทั้งชั้นบนและชั้นล่างของชั้นวางขวดแต่ละชั้น และติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งการไฟฟ้าขนาด 3.15 kW_p โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมจำนวน 10 แผงๆ ละ 315 W นอกจากนั้นมีการสำรองไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ขนาด 12V 80A จำนวน 2 ลูก เพื่อจ่ายให้กับระบบแสงเทียมในช่วงที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ไดอะแกรมองค์ประกอบต่างๆ ของโรงงานผลิตพืช แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 10 ไดอะแกรมองค์ประกอบของโรงงานผลิตพืช

หลังจากติดตั้งระบบได้ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 00.00-24.00 น. สำหรับระบบปรับอากาศจะทำการเปิดเวลาในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 09.30-16.30 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิในห้องเพาะเลี้ยงสูงกว่าภายนอก ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายใน ($T_{Air\ In}$) และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงงานผลิตพืช ($RH_{Air\ In}$) อุณหภูมิ

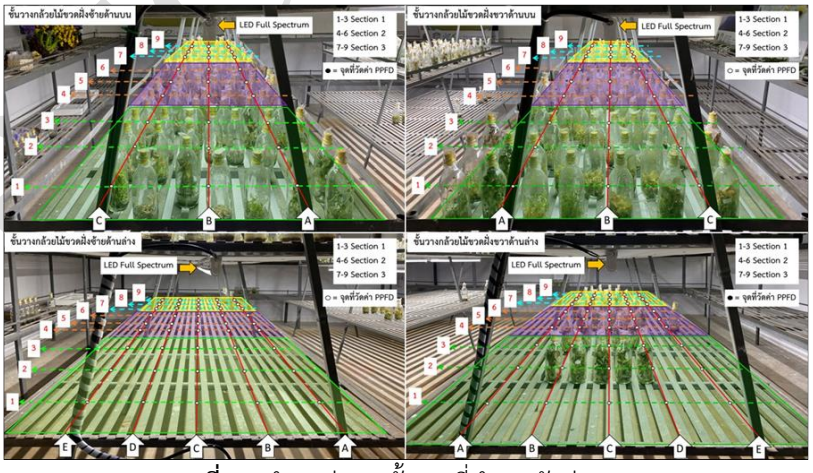
อากาศภายนอก ($T_{Air\ Out}$) และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงงานผลิตพืช ($RH_{Air\ Out}$) โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Model: AM2302B Resolution ± 2%RH ± 0.5 ˚C) นอกจากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลความเร็วอากาศ (Anemometer Model: Tenmars TM-4002, Resolution 0.01 m/s) อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศด้านลมกลับ ($T_{Air\ return}$, $RH_{Air\ return}$) และอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศของอากาศด้านลมจ่าย ($T_{Air\ supply}$, $RH_{Air\ supply}$) (โดยใช้ Temp & RH data logger TENMARS TM-305U, Resolution 0.1%RH 0.1 ˚C) [6] นำมาวิเคราะห์หาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (Coefficient of performance : COP) เพื่อให้ทราบถึงความสามารถระบบปรับอากาศที่นำมาใช้งาน ดังสมการที่ 1 และสมการที่ 2

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{e,net}} \quad (1)$$

$$Q_{evap} = \dot{m}_a (h_i - h_o) \quad (2)$$

โดยที่ Q_{evep} คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของระบบทำความเย็น (kW) $W_{e,\ net}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW) m_a คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s) h_i คือ เอนทาลปีของอากาศก่อนผ่านเครื่องปรับอากาศ (kJ/kg) h_o คือ เอนทาลปีของอากาศหลังผ่านเครื่องปรับอากาศ (kJ/kg)

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพระบบแสงเทียมประกอบด้วยการตรวจวัดค่าความหนาแน่นของปริมาณแสงชั่วขณะที่พืชได้รับสำหรับการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density: PPFD) และค่าความยาวคลื่นแสงของหลอด LED ชนิด Full Spectrum ด้วยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ (Spectrometer UPRtek PG100N) จากภาพที่ 2 แสดงการแบ่งพื้นที่บนชั้นวางกล้วยไม้ขวดเพื่อหาค่าเฉลี่ยค่า PPFD โดยจะทำการแบ่งพื้นที่ตามความยาวของชั้นวาง 3.9 m แบ่งออกเป็น 3 Section (แนวนอน) ได้แก่ หมายเลข 1-3, 4-6 และ 7-9 จะได้ความยาวของแต่ละ Section ประมาณ 1.3 mจากนั้นแบ่งตามความกว้างของชั้นวาง โดยชั้นบนมีขนาดความกว้าง 0.9 m แบ่งออกเป็น 3 แถว ได้แก่ แถว A แถว B และแถว C จะได้ความกว้างแต่ละแถวประมาณ 0.3 m ชั้นล่างมีขนาดความกว้าง 1.25 m แบ่งออกเป็น 5 แถว ได้แก่ แถว A แถว B แถว C แถว D และแถว E จะได้ความกว้างแต่ละแถวประมาณ 0.25 m ใช้จุดตัดของเส้นแนวนอน และแนวตั้งเป็นจุดตรวจวัด ทำเหมือนกันทั้งชั้นวางฝั่งซ้าย และชั้นวางฝั่งขวา จากนั้นนำค่า PPFD ที่วัดได้จากแต่ละจุดตรวจวัดมาหาเฉลี่ยของแต่ละแถว ในทั้ง 3 Section



ภาพที่ 11 ตำแหน่งของชั้นวางที่ทำการวัดค่า PPFD

ในการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการวิเคราะห์เป็นค่าสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณได้จากสมการที่ 3 ถึงสมการที่ 5 และคำนวณผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรง ได้จากสมการที่ 6

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (3)$$

$$Y_f = \frac{E_{PV,AC}}{P_o} \quad (4)$$

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (5)$$

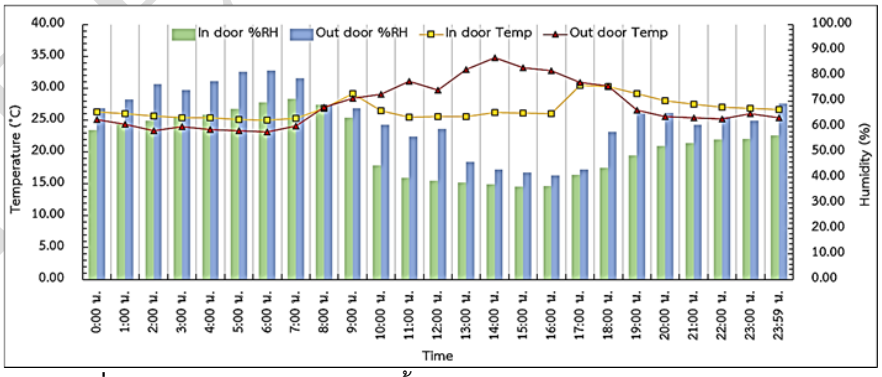
$$Y_a = \frac{E_{PV,DC}}{P_o} \quad (6)$$

โดยที่ Y_f คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุด (kW_h/kW_p) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 Y_r คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดตามทฤษฎี (kW_h/kW_p) Y_a คือ ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรง (kW_h/kW_p) $E_{PV, AC}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้ (kW_h) P_o คือ ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้ง (kW_p) H_i คือ ค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2) และ G_{STC} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มาตรฐาน STC (1 kW/m^2) $E_{PV, DC}$ คือ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วัน (kW_h) นอกจากนี้สามารถคำนวณพลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ L_s (kW_h/kW_p) ได้จากสมการที่ 7 [7]

$$L_s = Y_r - Y_f \quad (7)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

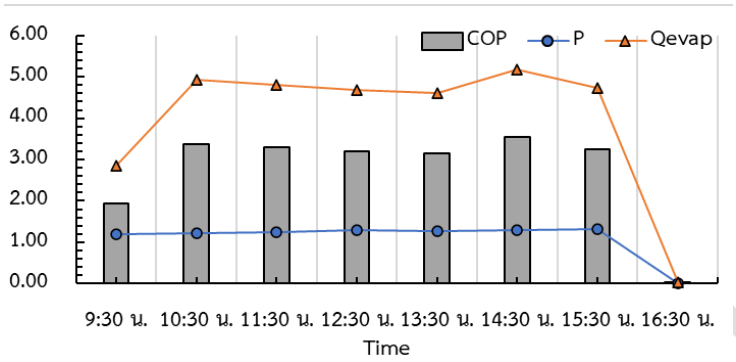
ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในโรงงานผลิตพืช แสดงดังภาพที่ 2 เป็นผลการเก็บข้อมูลในวันที่ 15 พฤษภาคม 2564 สภาพอากาศแวดล้อมเป็นวันที่มีอุณหภูมิอากาศร้อน ไม่มีฝน จากภาพที่ 3 พบว่า ในช่วงเวลากลางวันเมื่อเปิดใช้งานระบบปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิอากาศในโรงงานผลิตพืชให้มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอตั้งแต่ 25-26 ˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวด และต่ำกว่าภายนอกประมาณ 8-9 ˚C โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงงานผลิตพืชสูงสุดถึง 34 ˚C และนอกจากนี้ระบบปรับอากาศสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงงานผลิตพืชให้ต่ำกว่าภายนอกโรงงาน 4-20% ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 36-71% ในขณะที่ภายนอกโรงงานมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40-82% สำหรับในช่วงเวลา 00.00-09.30 น. และ 16.30-00.00 น. โรงงานผลิตพืชไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 25-31 ˚C ซึ่งสูงกว่าอากาศแวดล้อม 2 ˚C เป็นผลมาจากโรงงานผลิตพืชเป็นระบบปิดจึงเกิดการสะสมความร้อนภายใน และเนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงาน ทำให้ไม่สามารถเปิดใช้งานระบบปรับอากาศได้ตลอด 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอากาศภายในโรงงานผลิตพืชยังมีค่าที่ไม่สูงเกินความต้องการของกล้วยไม้



ภาพที่ 12 อุณหภูมิอากาศและความชื้นอากาศ ภายในและภายนอกโรงงานผลิตพืช

เนื่องจากระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในโรงงานผลิตพืช จึงได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็น ได้แก่ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและอัตราการถ่ายเทความร้อน แสดงดังภาพที่ 3 พบว่า กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (P_{Air}) ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะการทำงานตั้งแต่ 09.30-16.30 น. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 kW และค่าเฉลี่ยอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q_{evep}) มีค่าเท่ากับ 4.87 kW ส่งผลให้สัมประสิทธิ์

สมรรถนะการทำความเย็นมีค่าตั้งแต่ 1.95-3.55 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมในการใช้งานและประหยัดพลังงาน [8] และหากพิจารณาที่เวลา 09.30 น. อัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 2.85 kW ส่งผลให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเท่ากับ 1.95 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมเนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงาน ในขณะที่อุณหภูมิอากาศในโรงงานผลิตพืชสูงถึง 30 ˚C



ภาพที่ 13 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และอัตราการถ่ายเทความร้อน

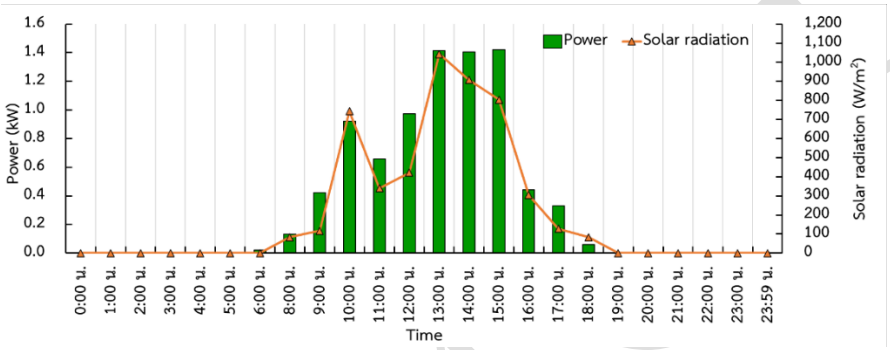
ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นของปริมาณแสงชั่วขณะที่พืชได้รับสำหรับการสังเคราะห์แสง (PPFD)

ตำแหน่งชั้นวาง			Section		
			1-3	4-6	7-9
ชั้นวางกล้วยไม้ขวดฝั่งซ้าย	ชั้นบน	แถว A	22.80	22.48	22.10
		แถว B	50.52	51.48	50.28
		แถว C	16.71	27.64	24.96
	ชั้นล่าง	แถว A	8.70	9.90	9.73
		แถว B	25.87	30.06	27.07
		แถว C	45.94	49.54	45.29
		แถว D	25.42	28.11	23.53
		แถว E	8.76	8.78	7.42
ชั้นวางกล้วยไม้ขวดฝั่งขวา	ชั้นบน	แถว A	25.31	25.04	22.67
		แถว B	52.97	54.42	50.28
		แถว C	23.67	23.90	21.28
	ชั้นล่าง	แถว A	7.46	19.96	9.09
		แถว B	22.20	27.24	24.58
		แถว C	46.49	46.69	47.15
		แถว D	24.61	25.38	25.51
		แถว E	8.30	7.85	7.67

จากตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาแน่นของปริมาณแสงชั่วขณะที่พืชได้รับสำหรับการสังเคราะห์แสง หรือ ค่า PPFD พบว่า ชั้นวางกล้วยไม้ขวดด้านบนทั้งฝั่งซ้าย และฝั่งขวา แถวที่มีค่า PPFD อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือต้องมีค่าตั้งแต่ 40-80 μmol/m^2·s [9] ได้แก่ แถว B ของทั้ง 3 Section ซึ่งมี PPFD อยู่ในช่วง 50-55 μmol/m^2·s เนื่องจากเป็นแถวที่อยู่ตรงกับตำแหน่งของหลอดแอลอีดี ในขณะที่แถว A และแถว C ของทั้ง 3 Section มีค่า PPFD อยู่ในช่วง 16-28 μmol/m^2·s ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อยู่ถัดจากหลอดแอลอีดีออกมา ส่วนชั้นวางกล้วยไม้ด้านล่างทั้งฝั่งซ้าย และฝั่งขวา แถวที่มีค่า PPFD อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือแถว C ของทั้ง 3 Section ซึ่งมีค่า PPFD อยู่ในช่วง 45-47 μmol/m^2·s เนื่องจากเป็นแถวที่ตรงกับตำแหน่งของหลอดแอลอีดี ในขณะที่แถว B และแถว D ของทั้ง 3 Section มีค่า PPFD อยู่ในช่วง 22-30 μmol/m^2·s แถว A และ E มีค่า PPFD อยู่ในช่วง 7-19 μmol/m^2·s ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์เนื่องจากเป็นแถวที่อยู่ถัดจากตำแหน่งของหลอดแอลอีดีออกมาตามลำดับ สำหรับค่าความยาวคลื่นแสงที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 453 nm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับพืช เนื่องจากช่วงแสงเฉพาะที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงอยู่ในความยาวคลื่นช่วง 400-700 nm [10]

TREC-14 (MJU)

สำหรับผลการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าผลิตได้และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้า จากภาพที่ 5 พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับความเข้มของค่ารังสีอาทิตย์ เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มทำงานเมื่อเวลา 06.00 น. จนถึงเวลา 19.00 น. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.1-1.47 kW และ ณ เวลา 13.00 น. ระบบผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดของวันประมาณ 1.47 kW ซึ่งเป็นช่วงที่ค่ารังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุดของวันประมาณ 1,100 W/m^2 ค่าเฉลี่ยค่ารังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวันประมาณ 522 W/m^2 ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อวันมีผลรวมเท่ากับ 9.07 kWh ในขณะที่การใช้พลังงานจากสายส่งของการไฟฟ้าต่อวันเท่ากับ 3.34 kWh ดังนั้นโรงงานผลิตพืชใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 12.41 kWh เมื่อคิดสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตพืช 1 วัน พบว่า เป็นการใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 73.09% และเป็นการใช้พลังงานจากสายส่งของการไฟฟ้าประมาณ 26.91% ทำให้โรงงานผลิตพืชสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 32 บาท/วัน หรือคิดเป็น 11,680 บาท/ปี



ภาพที่ 14 กำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และค่ารังสีอาทิตย์

ตารางที่ 3 ผลผลิตพลังงานไฟฟ้า พลังงานที่สูญเสียในระบบ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชนิดข้อมูล	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์
ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎี	6.04 kW_h/kW_p
ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรง	2.94 kW_h/kW_p
ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสสลับ	2.88 kW_h/kW_p
พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์	3.16 kW_h/kW_p
สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	47.62%

จากตารางที่ 2 ได้ทำการวิเคราะห์ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎี ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรง ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสสลับ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎีมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 6.04 kW_h/kW_p ตามมาด้วยค่าผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรงมีค่าเท่ากับ 2.94 kW_h/kW_p การที่ค่าผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสตรงมีค่าน้อยกว่าค่าผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎี เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.16 kW_h/kW_p และค่าผลผลิตพลังงานไฟฟ้าด้านกระแสสลับมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 2.88 kW_h/kW_p เกิดจากการสูญเสียระหว่างกระบวนการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเนื่องจากประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพทั้งหมด ส่งผลให้สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 47.62% จากปัจจัยที่ปริมาณค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้เกิดการสะสมความร้อนในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จึงลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่า ยังสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวดได้ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในโรงงานผลิตพืชโดยทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงงานผลิตพืช อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงงานผลิตพืช นำมาวิเคราะห์ร่วมกับอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมได้ พบว่าระบบปรับอากาศสามารถปรับอุณภูมิอากาศภายในโรงงานผลิตพืชให้อยู่ในช่วง 25-26˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวดได้ ในขณะที่สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ มีค่าเท่ากับ 3.22 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน สำหรับค่า PPFD ของแสงเทียมบริเวณชั้นวางกล้วยไม้ขวดพบว่า มีทั้งบริเวณที่ค่า PPFD อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งบริเวณที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์สามารถแก้ไขโดยการจัดวางกล้วยไม้ขวดให้ได้รับแสงให้เหมาะสมกับช่วงวัย สำหรับสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์พบว่ามีค่าตั้งแต่เท่ากับ 47.62% พลังงานที่ไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ต่อวันมีค่าประมาณ 9.07 kWh คิดเป็น 73.09% ของการใช้พลังงานภายในโรงงานผลิตพืชทั้งหมดในหนึ่งวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณหน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (SEEU) ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พีราดา แก้วทองประคำ ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และอดิศักดิ์ การพิ่งตน. (2562). ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ หมู่บ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.** 11 (1), 181-196.

[2] Panisa, P., Ronnawich, S., Pongsathorn, Ch., Rath, P., Ruengwit, B., Supachitra, Ch., Patchra, L. (2010). Improving the micropropagation efficiency of hybrid Dendrobium orchids with chitosan. **Scientia Horticulturae.** 124 (4), 490-499.

[3] Seeni, S., Latha, P.G., (2000). In vitro multiplication and ecorehabilitation of the endangered Blue Vanda. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture.** 61, 1-8.

[4] Roy, A.R., Patel, R.S., Patel, V.V., Sajeev, S., Bidyut, C.D. (2011). Asymbiotic seed germination, mass propagation and seedling development of Vanda coerulea Griff ex.Lindl. (Blue Vanda): An in vitro protocol for an endangered orchid. **Scientia Horticulturae.** 128 (3), 325-331.

[5] Rui, H., Yiting, Z., Shiwei, S., Wei, S., Yanwei, H., Houcheng, L. (2021). UV-A and FR irradiation improves growth and nutritional properties of lettuce grown in an artificial light plant factory. **Food Chemistry.** 345, 1-9

[6] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน** สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2564, จาก https://bit.ly/3BkI6yj.

[7] เอกพันธ์ ผัดศรี คณภรณ์ ก้อนแก้ว และอัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2561). “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW” , ใน **การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา**, วันที่ 30 สิงหาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

[8] **ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ คาประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552** สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2564, จาก https://bit.ly/3oAOIoL

[9] Kelly McCracken. **Light Recommendations: PPFD (PAR) for Orchids and Houseplants** สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2564, จาก https://bit.ly/3Dh7Pbx

[10] นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. (2560). ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์ 2560., 158-176.

TREC-14 (MJU)

EV : สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (Environment for Community)

การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำตรวจคุณภาพอากาศสิ่งแวดล้อม PM 2.5
The creation a low-cost wireless sensor network to monitoring environmental quality PM 2.5

ศิริชัย ลาภาสระน้อย, เกรียงกมล มงคลเมือง และปรเมษฐ์ นวมโคกสูง
Sirichai Lapasanoi, Kreangkamol Mongkolmuang and Paramet Nuamkolosung

วิทยาลัยนวัตกรรมวิชาชีพ สถาบันสหสรรพศาสตร์ ศูนย์การศึกษาหนองระเวียง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 08-6257-7377 E-mail: sirichai.la@rmuti.ac.th

Abstract

Air pollution Dust can reach the air sacs in the lungs. Impact on respiratory health It is necessary to monitor the weather and the environment. Public sector participation notification system that is easy to understand and timely according to the market survey, commercially available air quality measurement technology is still relatively expensive. It saving and storing information about the cloud computing of each brand. A nearby Wi-Fi signal is required, if used in an area with no internet signal, it cannot be saved. This project created and tested network of wireless sensors with the microcontroller connected to dust sensor. Multi gas detection module Relative humidity and temperature Transmitting by radio frequency To the ESP32 microcontroller base station, connect the WiFi. It is writing a simple network program on Arduino platform and Blynk applications. The system was installed at the Nong Rawai Educational Center Rajamangala University of Technology Isan. Three nodes sensors receive energy from the sun, one base station, each point approximately 100 meters apart, covering an area of11,200 square meters. The test results were found to record the PM1.0, 2.5 and 10 values for the concentration of nitrous dioxide, ammonia, carbon monoxide. Relative humidity and air temperature close to the website Air4thai quality situation. report the solar cell sensor nodes use 50mW of power in the event of a break, and 120 mW continuous working mode can be used for 24 hours on a single charge. The System is sent and receive data from the node and connect to the Internet efficiently. Users perceive the values of the various environments, on mobile phone and save a large amount of Big data for future management.

Keywords: Wireless Sensor Network, Sensor Node, Air quality, PM2.5

บทคัดย่อ

มลพิษทางอากาศฝุ่นละอองสามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอด ส่งผลกระทบต่อสุขภาพระบบทางเดินหายใจ จำเป็นต้องเฝ้าระวังสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม ระบบการแจ้งเตือนแบบมีส่วนร่วมของภาคประชาชนที่ง่ายต่อความเข้าใจทันท่วงที จากการสำรวจตลาดเทคโนโลยีการวัดคุณภาพอากาศที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ยังมีราคาค่อนข้างสูงและจำเป็นต้องใช้สัญญาณไวไฟที่อยู่ใกล้หากนำออกไปใช้งานในพื้นที่ไม่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ตก็ไม่สามารถจัดเก็บบันทึกได้ การสร้างและทดสอบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่น โมดูลตรวจก๊าซหลายชนิด ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ส่งสัญญาณด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ไปยังสถานีฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อไวไฟ เขียนโปรแกรมเครือข่ายแบบทีบนแพลตฟอร์ม Arduino และแอปพลิเคชั่นBlynk นำระบบดังกล่าวติดตั้ง ณ ศูนย์กลางการศึกษาหนองระเวียง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เซนเซอร์โนดจำนวน 3 จุดรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ สถานีฐาน 1 จุด แต่ละจุดห่างกันประมาณ 100 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 11,200 ตารางเมตร ผลการทดสอบพบวัดบันทึกค่า PM1.0 2.5 และ 10 ค่าความเข้มข้นก๊าซไนตรัสไดออกไซด์ แอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิอากาศ ใกล้เคียงกับ

TREC-14 (MJU)

รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศเว็บไซต์ Air4thai การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เซนเซอร์โนด 50mW กรณีหยุดพักการทำงานและโหมดทำงานต่อเนื่อง 120 mW ใช้งานได้ 24 ชั่วโมงต่อการประจุหนึ่งครั้ง รับ-ส่งข้อมูลจากโนดเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานรับรู้ค่าของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ บนโทรศัพท์มือถือ และบันทึกจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากบริหารจัดการในอนาคต

คำสำคัญ : เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ,เซนเซอร์โนด ,คุณภาพอากาศ , PM2.5

บทนำ

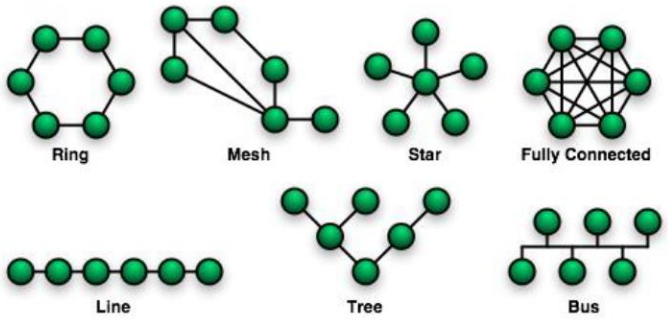
ดัชนีคุณภาพอากาศหนึ่งค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่าง ๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานาน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการอุตสาหกรรม การบด การโม่ผงจากการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเมื่อหายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ จำเป็นต้องเฝ้าระวังแจ้งเตือนแบบมีส่วนร่วมของภาคประชาชนที่ง่ายต่อความเข้าใจทันท่วงที ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเข้าถึงได้ในทุกพื้นที่ แนวคิดการประยุกต์ใช้อินเตอร์เน็ตเชื่อมต่อกับทุกสิ่ง (Internet of Things : IoT) [1] เมื่อสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคล หรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ IoT นี้ได้พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (Wireless Technology)

ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค และ อินเตอร์เน็ต อุปกรณ์สิ่งต่าง ๆ ที่อ้างอิงด้วยเลขไอพี (IP Address) ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุม เฝ้าระวัง ติดตามการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จุดมุ่งหมายของโครงการนี้คือการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network : WSN) [2] ราคาประหยัดสำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมโดยใช้ Arduino Platform ตามจุดมุ่งหมายนี้โมดูล Arduino Uno กับเซนเซอร์ที่มีขนาดเล็กมากเรียกว่า Mote [3] การรวบรวมข้อมูลจากโนดและสื่อสารระหว่างโนดเซนเซอร์ของเราเลือกใช้รับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารแบบไร้สายข้อมูลที่ได้ส่งข้อมูลผ่านคราวคอมพิวติ้ง (Cloud Computing) [4] และแสดงข้อมูลบนสมาร์ทโฟน สามารถรับรู้ค่าของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จัดเก็บข้อมูล เพื่อวางแผนการแก้ปัญหาอย่างแม่นยำ

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างเครือข่าย

โครงสร้างเครือข่าย (Network Topology) คือการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์หรือโนดแสดงดังภาพที่ 1 โดยโนดต่าง ๆ ในข่ายงานสื่อสาร รูปแบบที่ว่านี้ได้แก่ จุดต่อจุด (Point to Point) เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุด เป็นการสื่อสารระหว่างโนดสองโนด แบบบัส (Bus) แบบดาว(Star) แบบวงกลม (Ring) แบบต้นไม้ (Tree) และ แบบตาข่าย (Mesh) ซึ่งบางเครือข่ายสามารถผสมกันระหว่างรูปแบบเหล่านี้ได้เพิ่มมาอีกหลายรูปแบบเรียกว่า โครงสร้างตาข่ายแบบสมบูรณ์ (Full Connected)



ภาพที่ 1 โครงสร้างเครือข่าย [2] [5]

TREC-14 (MJU)

โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01

การรับส่งข้อมูลและแปลงอินเตอร์เฟสไว้ด้วยกันโดยเอาท์พุตของไอซี nRF24L01 [6] ที่ความถี่ 2.4 GHz รวมโมดูลต่าง ๆ ที่ใช้ในนี้เป็นการติดต่อแบบ Serial Peripheral Interface (SPI) รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบซิงโครนัสรูปแบบหนึ่ง เพื่อใช้ในการการสื่อสารระยะใกล้โดยเฉพาะในระบบสมองกลฝังตัวระบบ SPI ใช้พลังงานต่ำมีระบบจัดการข้อมูลเช่น การเข้าคิวการแก้ความผิดพลาดของข้อมูล ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 1.9 โวลต์ถึง 3.6 โวลต์ แต่สามารถใช้ระดับแรงดันในการติดต่อได้ถึง 5 โวลต์ การสื่อสารด้วย nRF24L01 สามารถสร้างโครงข่ายการสื่อสารระหว่าง Arduino กับ Arduino ได้หลายรูปแบบมากขึ้น ยกเว้นรูปแบบโครงสร้างตาข่ายแบบสมบูรณ์ (Fully Mesh) ซึ่งต้องใช้ Zigbee [2] ไม่ได้จำกัดอยู่กับอุปกรณ์เพียงสองชิ้นดังนั้นผู้ใช้จึงสร้างประโยชน์ได้มากขึ้น

เครื่องวัดคุณภาพอากาศที่มีจำหน่าย

เครื่องวัดค่าฝุ่น PM 2.5 ขนาดเล็กอุปกรณ์เหล่านี้ถูกติดตั้งเซนเซอร์ เพื่อติดตามหรือเฝ้าระวังเหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น แสง ความชื้น อุณหภูมิ ความดัน ปริมาณฝุ่นละออง ผู้ใช้งานสามารถตรวจดูหรือสื่อสารเพื่อเข้าถึงข้อมูลที่แสดงถึงสถานะ ซึ่งปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ได้พัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทต่าง ๆ ที่เหมาะสำหรับ WSN Mote จำหน่ายในเชิงพาณิชบางตัวมีราคาสูง ตัวอย่างจากการสืบค้นอินเตอร์เน็ตบางส่วนแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของเครื่องวัด PM2.5 ที่ขายตามท้องตลาดสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต

รุ่นสินค้า	ชื่อสินค้า	ราคาเริ่มต้น (บาท)	คุณสมบัติ	วิธีการทำงาน	การสื่อสาร
IQAir	Air Visual Pro	10,900	วัดค่า PM2.5 และ CO2	ไม่ระบุ	เชื่อมต่อ Wi-Fi
Katerra	Laser Egg PM2.5	4,900	วัดค่า AQI และ PM2.5	เลเซอร์	เชื่อมต่อ Wi-Fi
SNDWAY	DETECTOR SW-825	1,278	วัดอุณหภูมิ ความชื้น และ PM 2.5	เลเซอร์	เชื่อมต่อ Wi-Fi
NanoGen	DUST Sensor PM2.5	2,590	วัดอุณหภูมิ ความชื้น PM 1.0 2.5 และ PM10	ไม่ระบุ	เชื่อมต่อ Wi-Fi
Xiaomi	Xiaomi Smartmi PM2.5	725	วัดอุณหภูมิ ความชื้น PM 1.0 2.5 และ PM10	เลเซอร์	ไม่ระบุ
NONG PIM	Nong Pim Air Detector	ไม่ระบุ	วัดอุณหภูมิ ความชื้น PM 1.0 2.5 และ PM10	เลเซอร์	NBT-IOT
No Brand	DM72A Air Quality Monitor	1,999	วัดอุณหภูมิ ความชื้น PM 1.0 2.5 PM10 วัดสารอินทรีย์ระเหย (TVOC)	เลเซอร์	ไม่ระบุ
No Brand	Air Quality Detector A10	1,299	วัดอุณหภูมิ ความชื้น PM 1.0 2.5 PM10 วัดสารอินทรีย์ระเหย (TVOC)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ

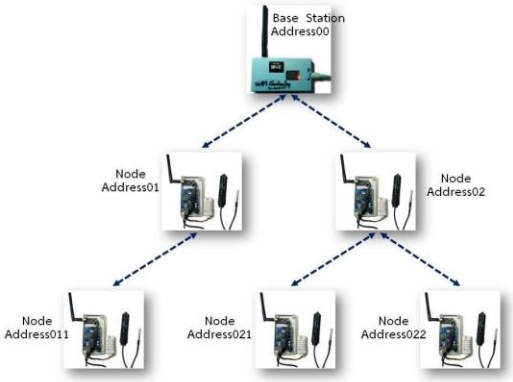
วิธีการศึกษา

แผนผังเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

แผนผังเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับโครงงานนี้แสดงไว้ในภาพที่ 2 ประกอบด้วยโนดเซนเซอร์ 5 โนด ตัวเลขที่ระบุแสดงถึงหมายเลขประจำตัวเซนเซอร์ (IDs) โนดเซนเซอร์แต่ละโนดในเครือข่ายมีหมายเลข ID ที่ไม่ซ้ำกัน หมายเลข ID

TREC-14 (MJO)

เป็นแบบคงที่และกำหนดให้กับโนดเซนเซอร์แต่ละโนดก่อนที่จะเพิ่มลงในเครือข่าย ยิ่งไปกว่านั้นแต่ละโนดยังรู้ ID เซนเซอร์โนดที่สูงกว่าสำหรับการส่งข้อมูล โนดที่มี ID Address011 เป็นลูกข่ายของ Node Address01 กล่าวอีกนัยว่าเป็นทั้งโนดเซนเซอร์และโนดทบทวนสัญญาณ (Repeater Node) เหมาะสมกับพื้นที่ที่กว้างระยะไกล เช่นเดียวกับ Node Address02 ทำงานเป็นโนดเซนเซอร์ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลเซนเซอร์ไปยังโนดที่สูงกว่า



ภาพที่ 2 โครงสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบต้นไม้ (Tree)

ระบบโนดเซนเซอร์

แนวคิดหลักในการสร้างโนดเซนเซอร์สำหรับระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมต้นทุนต่ำ เลือกใช้แพลตฟอร์ม Arduino แบบโอเพ่นซอร์สซอฟต์แวร์ที่ใช้งานง่ายสำหรับนักพัฒนา มีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับผู้ใช้ขั้นสูง นอกจากนี้ยังทำงานบนระบบปฏิบัติการWindows Linux และ Mac ซึ่งช่วยให้สามารถพัฒนาข้ามแพลตฟอร์มได้ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เป็นที่นิยมในงานอิเล็กทรอนิกส์ชุด Arduino Uno ถูกเลือกสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เซ็นเซอร์ Mote บอร์ด ATmega328 [7] ที่มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16MHz โมดูลการสื่อสารไร้สายที่มีจำหน่ายในตลาดราคาถูก ตรงตามวัตถุประสงค์เลือกใช้ nRF24L01 RF Transceiver Moduleที่เหมาะสมกับแพลตฟอร์ม Arduino โมดูล nRF24L01 รองรับการส่งข้อมูลแบบไร้สาย 2.4 GHz โดยใช้พลังงานต่ำ

การสร้างต้นแบบเซอร์โหนดดังที่แสดงในภาพที่ 3 โมดูล nRF24L01 ทำงานกับแรงดันไฟฟ้า 3.3V DC และรองรับอัตราข้อมูล 2Mbps ที่ย่านความถี่ 2.4GHz ISM โมดูล nRF24L01 รองรับ 125 ช่องสัญญาณที่แตกต่างกันระหว่างความถี่ 2.4GHz และ 2.525 GHz และแต่ละช่องมีจำนวนข้อมูล 6 ช่อง สำหรับการจัดเตรียมข้อมูลที่เหมาะสมในสื่อสาร เขียนโปรแกรมระบบด้วย Arduino IDE มีไลบรารีให้เลือกมากมายสำหรับแอปพลิเคชันไร้สายแพลตฟอร์ม Arduino หนึ่งในไลบรารีที่ชื่อว่า RF24Network [8] พัฒนาโดย James Coliz และเพื่อนร่วมทีมช่วยให้ผู้ใช้ Arduino สามารถสร้างเครือข่ายไร้สายได้สะดวกยิ่งขึ้น

โมดูลเซนเซอร์ MICS6814

เซนเซอร์ MICS 6814 ผู้ผลิต SGX Sensor Tech [9] เป็นเทคโนโลยีการตรวจจับของโลหะออกไซด์ ประกอบด้วยสังกะสีออกไซด์ซึ่งไม่อนุญาตให้กระแสใด ๆ ไหลผ่านเมื่อออกซิเจนบริสุทธิ์ตกลงบนนั้น นั่นคือความต้านทานคืออินฟินิตี้ เมื่อก๊าซที่ปนเปื้อนตกลงบนนั้นปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เริ่มไหลผ่านนั้นและเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของก๊าซที่ตกลงมา โดยมีองค์ประกอบความร้อนการตรวจจับที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถวัดก๊าซเช่นคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนตรัสไดออกไซด์และแอมโมเนีย องค์ประกอบความร้อนหรือพื้นผิว (Rs) ซึ่งรวมกับตัวต้านทานโหลด (RL) เป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานแปรผันตามความเข้มข้นของก๊าซที่ลดลง ตามอัตราส่วนความต้านทานสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซในหน่วย PPM ค่าเฉลี่ยระดับมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรดังนี้

$$PPB = PPM * 1{,}000 \quad (1)$$

$$\text{ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = (PPM * 12.187 * M) / (273.15 + C) \quad (2)$$

เมื่อ M - น้ำหนักโมเลกุลเดี่ยวของก๊าซ

C - อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส

โมดูล PMS7003

โมดูล Plantower PMS7003 [10] เซนเซอร์คุณภาพอากาศขึ้นอยู่กับทฤษฎีการกระจายของอนุภาคแบบเลเซอร์ MIE ของความเข้มข้นของอนุภาคและเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงต่อหน่วยปริมาตรได้อย่างต่อเนื่อง และคำนวณจำนวนอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของอนุภาคแขวนลอยในอากาศการกระจายความเข้มข้นมวลให้สัญญาณเอาต์พุตในรูปแบบของอินเทอร์เฟซดิจิตอลทั่วไป สามารถตรวจจับสภาพแวดล้อมที่สะอาดในอากาศได้จำนวนอนุภาคฝุ่นขนาดต่าง ๆ ต่อหน่วยปริมาตรในเวลาเดียวกัน เอาต์พุตตัวนับวัดความเข้มข้นของอนุภาคแบบดิจิตอล ที่ย่านการวัด 0-500 µg/m³ สำหรับอนุภาคฝุ่นในช่วง 0.3 -1.0, 1.0-2.5 และ 2.5-10 ไมโครมิเตอร์ ด้วยความแม่นยำ 1 µg/m³

ก) เซนเซอร์โนดหมายเลข 1 ข) เซนเซอร์โนด 2 ค) เซนเซอร์โนดที่ 3

ภาพที่ 3 โครงสร้างส่วยประกอบเซนเซอร์โนดที่พัฒนาขึ้น

โมดูลอุณหภูมิอากาศและความชื้น

การอ่านข้อมูลจากโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 / AM2302 [11] แบบดิจิทัลเชื่อมต่อด้วยสัญญาณเพียงเส้นเดียวแบบสองทิศทาง ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3.3V ถึง 5.2V สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ในช่วง 40 ถึง 80°C ความละเอียด 0.5°C ความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง0 - 100 RH% (มีความละเอียด 2-5%) อัตราการวัดสูงสุดเท่ากับ 0.5 Hz ใช้ขาเชื่อมต่อ 3 ขา ได้แก่ VCC, GND และ SDA (Serial Data) ต่อสื่อสารกับ Arduino Uno ขา D4 ในการอ่านข้อมูล แต่ละครั้งจะอ่านข้อมูลทั้งหมด 40 บิต แบ่งเป็น 16 บิตค่าความชื้น 16 บิตค่าอุณหภูมิ และ 8 บิตสำหรับตรวจสอบค่า Parity Bits เพื่อดูว่าอ่านค่าได้ถูกต้องหรือไม่

การสร้างเซนเซอร์โนดภาคส่งสัญญาณ

เซนเซอร์โนดที่ 1 ภายในกล่องประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno SMD การเชื่อมต่อกับโมดูลเซนเซอร์วัดฝุ่น PMS7003 โมดูลวัดสภาพแวดล้อมอากาศ MICS 6814 พร้อมวงจรปรับเทียบระดับแรงดันอ้างอิง โมดูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้น โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 ดังแสดงในภาพที่ 3 ก) ติดตั้งลงบนโคมโซลาเซลชนิดนี้กันน้ำระดับ IP64 มาพร้อมชุดเสาโครงเหล็ก เซนเซอร์โนดที่ 2 ภาพที่ 3 ข) ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno SMD การเชื่อมต่อกับโมดูลเซนเซอร์วัดฝุ่น โมดูลวัดสภาพแวดล้อมอากาศ โมดูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้น โมดูลสื่อสารไร้สาย แบตเตอรี่ลิเทียม 18650 พิกัด 3,000mA/hr ติดตั้งลงบนกล่องโซลาเซลดัดแปลงให้มีความสามารถป้องกันน้ำได้ เซนเซอร์โนดที่ 3 กำหนดชื่อเป็น NODE 3 สำหรับในอาคาร แหล่งจ่ายไฟอแดปเตอร์สายชาร์จโทรศัพท์มือถือ

การสร้างสถานีฐาน Wi-Fi Gate Way

สถานีฐานรับข้อมูลสภาพแวดล้อมจากเซนเซอร์ทั้งหมดที่มาจากโนดเซนเซอร์จะถูกรวบรวมที่โนด MCU ESP-WROOM-32เป็นโมดูล ESP32 จากทางบริษัท Espressif [12] มีความสามารถเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อไวไฟได้ และสามารถเชื่อมต่อบลูทูธได้ มาพร้อมไมโครคอนโทลเลอร์สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 สัญญาณนาฬิกา 240MHz หน่วยประมวลผลแบบ 2 แกน เชื่อมต่อมาพร้อมกับอินพุตมีเอาต์พุตทั้งหมด 32 ขา รองรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) จำนวน 12 ช่องการสื่อสาร UART และ SPI จำนวนอย่างละ 3 ช่อง และ I^2S I^2C แปลงดิจิทัลเป็นอนาล็อก (DAC) อย่างละ 2 ช่อง รองรับ PWM และมี Timer Real Time Clock (RTC) ซึ่ง ESP32 สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้โดยใช้ ESP-IDF หรือ ESP32 core สำหรับ Arduino และยังใช้ภาษา Lua สั่งงานได้ แฟลตฟอร์ม ESP-WROOM-32 กับ

จอแสดงผล OLED และโมดูลสื่อสารไร้สาย NRF24L01ดังแสดงในภาพที่ 4 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบบนแพลตฟอร์ม Arduino IDE

ก) ส่วนประกอบภายในกล่องควบคุม ข) สถานีฐาน Wi-Fi Gate Way

ภาพที่ 4 สถานีฐาน Base Station ที่ได้พัฒนาขึ้น

แพลตฟอร์ม Blynk [13] ทำหน้าที่เป็นคลาว์คอมพิวติ้ง ผ่านสัญญาณไวไฟเชื่อมกับเราท์เตอร์สำหรับเป็นจุดต่อเกตเวย์ของเครือข่ายเข้าสู่ระบบเครือข่ายต่าง ๆ บนอินเตอร์เน็ต การใช้งานประกอบกันเป็นระบบ IoT สมาร์ทโฟน เซิร์ฟเวอร์และส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบสมองกลฝังตัว การพัฒนาซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์จากไลบรารี (Library) เตรียมไว้ในเซิร์ฟเวอร์คลาวด์สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT ให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โมบายโฟน รองรับระบบปฏิบัติการการ IOS และ Android ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สร้าง อุปกรณ์ขึ้นมาเชื่อมต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลได้ จะทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์เอาท์พุต เช่น รีเลย์ ผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ตำแหน่งใดก็ได้ที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้ โดยในส่วนอุปกรณ์ IoT จะทำการรับส่งข้อมูลค่าเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางโปรโตคอล HTTP จะใช้รหัส Token ในการแยกแยะอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อรหัสนี้จะได้มาจากการลงทะเบียนในแอพพลิเคชั่นเปรียบเสมือนรหัสประจำตัวประชาชน สำหรับยืนยันตัวตนว่าเป็นอุปกรณ์ตัวไหน รหัส Token แต่ละตัวจะไม่ซ้ำกัน นำรหัส Token นี้ไว้ในโค๊ด Arduino Sketch แล้วแก้ไขชื่อ SSID กับรหัสผ่านไวไฟอัพโหลดโปรแกรมเข้า Node MCU

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

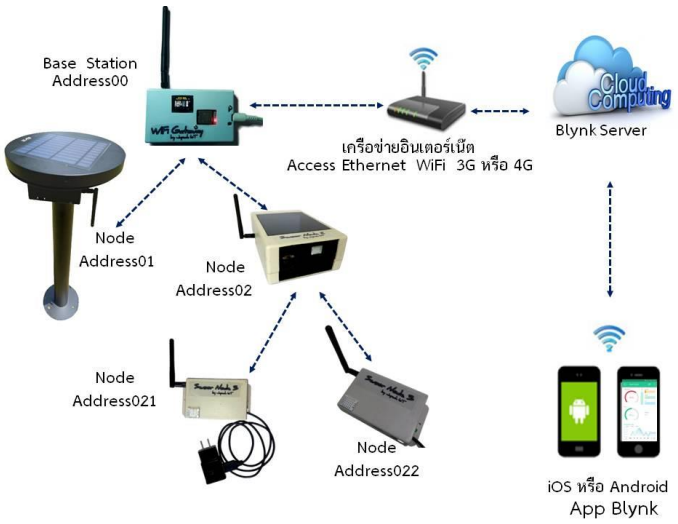
ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายหลายตัวกรณีศึกษาพื้นที่กลุ่มอาคารเรียน ศูนย์กลางการศึกษาหนองระเวียง แผนผังระบบดังแสดงในภาพที่ 5 การทดสอบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ ฝุ่นละออง และคุณภาพอากาศติดตั้งเซนเซอร์จำนวน4 จุด โดยแต่ละเซนเซอร์โนดมีระยะห่างกันประมาณ 100 เมตร และเพื่อให้ประหยัดพลังงานโปรแกรมควบคุมระบบเซนเซอร์โนดจะมีการรายงานผลกลับมาช่วงเวลาทุก ๆ 2 นาที ไปยังสถานีฐานแบบไร้สายบนคลื่นความถี่ 2.4 GHz พบว่าสัญญาณวิทยุโมดูลไร้สายส่งข้อมูลอีกโมดูลหนึ่งทำงานในโหมดตัวรับ สัญญาณวิทยุในสองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน พบว่าพื้นที่เปิดโดยไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆโนดเซนเซอร์หนึ่งทำงานเป็นผู้ส่งและอีกโนดหนึ่งอยู่ในโนดตัวรับ สามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 500 เมตร กรณีกำแพงคอนกรีตหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ความแรงสัญญาณรับจะลดลงอย่างมากและไม่สามารถส่งข้อมูลได้ไกลเกิน 50 เมตร

การตรวจวัดสภาพแวดล้อมรายงานผลแอพพลิเคชั่นที่ติดตั้งไว้บนมือถือหน้ากระดานที่ใช้ในการสรุปข้อมูล (Dashboard) มุมมองต่าง ๆ ผลการตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซค์ ไนโตรเจนออกไซค์ ในอากาศบริเวณรอบ ๆ จุด บันทึกหน้าจอแสดงผลในช่วงเวลาที่ต่างกันแสดงในภาพที่ 6 มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

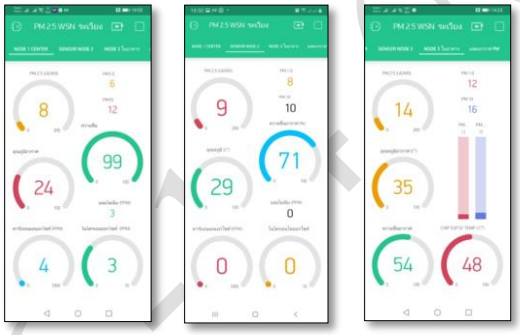
บันทึกช่วงเวลา 24 ชั่วโมงแสดงในภาพที่ 7 วัดค่า PM 2.5 ได้ประมาณ 30-35 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีช่วงเวลาหนึ่งฝนตกลงมาเล็กน้อยผลปรากฏว่าค่า PM2.5 ลดลงอย่างรวดเร็วทั้งสองจุดทดสอบ ทั้งนี้การบันทึกข้อมูลที่จัดเก็บสามารถนำมาวิเคราะห์ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้แสดงในภาพที่ 8 ถึง 13

การประมวลผลแบบสถิติข้อมูลเซนเซอร์ที่วัดได้ภาพที่ 13 แสดงกราฟ CSV (Comma Separated Value) เป็นไฟล์ได้โดยตรง หรือ Export ไฟล์จากระบบฐานข้อมูลอื่น ๆ ในกรณีนี้นำไปเปรียบเทียบกับจากการรายงานคุณภาพอากาศ air4thai กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศพื้นที่

ใกล้เคียงพบปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ช่วงเวลา 24 ชั่วโมงโดยเฉลี่ยมีค่า 12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในกรณฑ์คุณภาพอากาศดีมาก

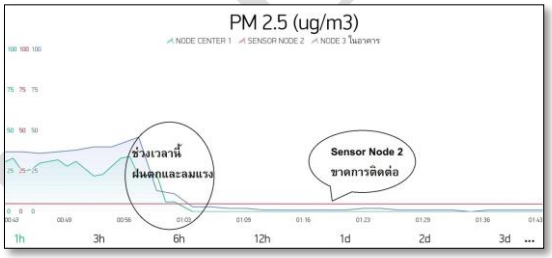


ภาพที่ 5 แผนผังการประยุกต์ใช้งานโครงข่ายเซนเซอร์โนด

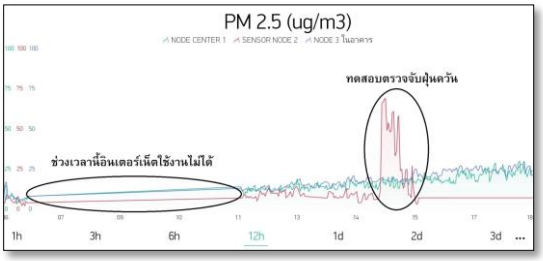


ก) Node Center 1 ข) Sensor Node 2 ค) ภายในอาคาร Node 3

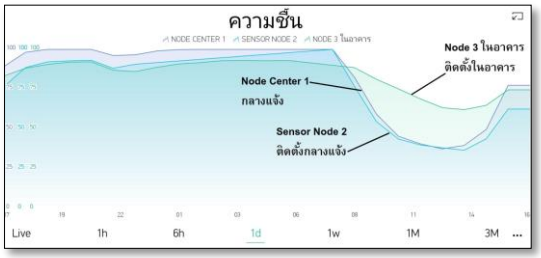
ภาพที่ 6 จอภาพสมาร์ทโฟน แสดง Dashboard ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 7 ช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศบริเวณตรวจวัด

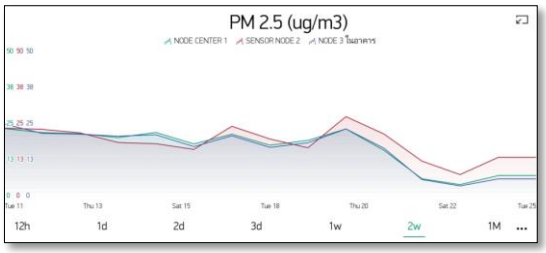


ภาพที่ 8 ตรวจจับฝุ่นควันจากรถมอเตอร์ไซค์และสัญญาณWi-Fi

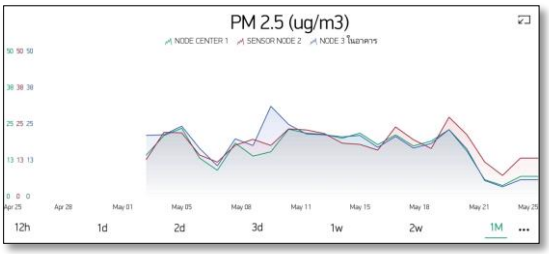


ภาพที่ 9 ผลการบันทึกความชื้นภายใน และ ภายนอกอาคาร

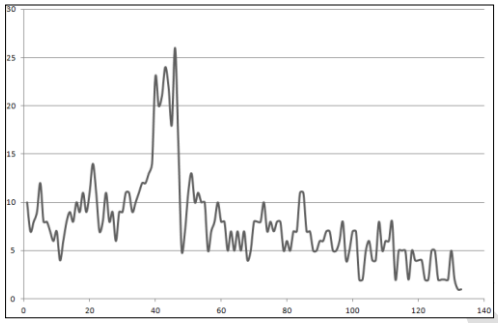
ภาพที่ 10 ส่วนขยายอุณหภูมิอากาศบริเวณตรวจวัด



ภาพที่ 11 ผลการบันทึก PM2.5 ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 12 ผลการบันทึกค่า PM2.5 ในช่วงเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 13 วัดค่า PM2.5 เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ได้ 10.84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

บทสรุป

การใช้งานระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบทีหลายตัวในตรวจวัด ความชื้นอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณฝุ่น และคุณภาพอากาศ สถานีฐานเชื่อมต่อไวไฟเราท์เตอร์พัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์มและแอปพลิเคชั่น ซึ่งโนดเซนเซอร์แต่ละจุดห่างกันประมาณ 100 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด การรับ-ส่งข้อมูลในบริเวณที่ไม่มีสิ่งบดบังสัญญาณจากโนดเซนเซอร์กับสถานีฐานสามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้เป็นอย่างดี การทดสอบช่วงฤดูฝนสภาพอากาศส่งผลต่อโซลาเซลผลิตพลังงานไม่เพียงพอประจุแบตเตอรี่ในช่วงของวันหรือเป็นเวลาหลายวัน ส่งผลต่อโนดเซนเซอร์ไม่มีแหล่งจ่ายพลังงานพอที่จะทำงาน แนวทางแก้ไขจำเป็นต้องพัฒนาฮาร์ดแวร์ให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นกว่าเดิม หรือเพิ่มขนาดพิกัดแบตเตอรี่ ทั้งนี้ต้องใช้ข้อมูลในช่วงฤดูอื่นๆ ประกอบด้วย ความมีเสถียรภาพเครือข่ายอินเตอร์เน็ตก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญในงาน IoT ซึ่งประเด็นนี้ต้องพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบให้พร้อมรองรับปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามมีเครื่องวัดปริมาณฝุ่นจำนวนมากที่ขายในเชิงพาณิชได้ทางอินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่มีราคาสูง เมื่อเทียบเทคนิคการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำราคาประหยัดประมาณโนดละพันกว่าบาท ค่าใช้จ่ายของเซนเซอร์ตรวจจับเหมาะสำหรับงบประมาณขนาดเล็กและการสร้างโนดเซนเซอร์ได้ง่าย ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์และประมวลได้อย่างสะดวก ทำให้ผู้เพาะปลูกสามารถควบคุม ดูแลปัจจัยต่างๆ ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และต่อเนื่องตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสามารถต่อเพิ่มเซนเซอร์ที่ใช้งานทางการเกษตรได้อีกหลากหลายรูปแบบ เช่น วัดค่าความเข้มข้นสารละลาย วัดปริมาณก๊าซออกซิเจน แร่ธาตุในดิน ความเป็นกรดด่าง สภาพปริมาณแสงธรรมชาติ รวมถึงเรื่องศัตรูพืชต่าง ๆ และการจัดเก็บข้อมูลบนเว็ปบราวเซอร์สามารถนำมาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีผู้ทำวิจัยขอขอบคุณอาจารย์รุ่งเพชร ก่องนอก และ ดร.ยุทธนา คงจีน ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินผลโครงการทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560), Internet of things, [ระบบออนไลน์] เมื่อวันที่ 8/9/2562 http://oho.ipst.ac.th/internet-of-things,

[2] ชนะเดช แย้มคลี่, เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย IEEE802.15.4 แบบหลายเกตเวย์ วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ 2556 [ออนไลน์] http://libdoc.dpu.ac.th/thesis/155987.pdf

TREC-14 (MJU)

[3] Michele Penza (2561) การประเมินเซนเซอร์ต้นทุนต่ำสำหรับการเฝ้าติดตาม PM2.5 เข้าถึง https://www.hindawi.com

[4] กลุ่มภาระงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ, (2562) " Cloud Computing " คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://sc2.kku.ac.th/office/sci-it/index.php/29-cloud-computing.html ,เข้าดูเมื่อวันที่ 21/10/2563

[5] กัมปนาท สุวรรนาวุธ. (2552). การพัฒนาระบบการอ่านมิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรมศาสตร์มหาบัณฑิต.(วิศวกรรมไฟฟ้า).กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[6] Semiconductor, N. (2009). nRF24L01 datasheet, สืบค้นออนไลน์ แหล่งที่มา http://www./Products/2.4 GHz-RF/nRF24L01/(language)/eng-GB.

[7] Sarah Yang (2004),"Intel Research" Instrumenting the world Intel และ University of California (UC) at Berkeley, สืบค้นออนไลน์ https://www.berkeley.edu/news/media/releases

[8] Optimized RF24Network Layer (2020), "NRF24L01 radios 2020" สืบค้นออนไลน์ https://tmrh20.github.io/RF24Network/ และhttps://github.com/nRF24/RF24Network

[9] โมดูลเซนเซอร์ MICS6814, สืบค้นออนไลน์, แหล่งที่มา https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2015

[10] Plantower PMS7003, สืบค้นออนไลน์, แหล่งที่มา https://download.kamami.pl

[11] Thomas Liu “Digital-output relative humidity & temperature sensor/module " Aosong Electronics สืบค้นออนไลน์ แหล่งที่มา https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature

[12] Espressif Systems, (2020), ESP32 Series Datasheet, สืบค้นออนไลน์ แหล่งที่มา https://www.espressif.com

[13] การพัฒนาระบบ IoT เบื้องต้นด้วย Blynk App, (2021), สืบค้นออนไลน์ https://www.mut.ac.th/research-detail-292

TREC-14 (MJU)

การพัฒนาแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์
The Development of Thermal Insulation Plate from Durian Peels and Cashew husks

ปฏิพัทธิ์ ถนอมพงษ์ชาติ[1] ณัฐนันท์ พุกอินทร์[1] แทนชนก ยอดยิ่ง[1] และภคมน ปินตานา[21]
Patipat Thanompongchart[1] Natthanun Pook-in[1] Tanchanok Yodying[1] and Pakamon Pintana[2*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

Agricultural waste is one of the raw materials that have been studied for the insulation production. In this research, the production of heat insulators from durian peels and cashew husks, size 40×40 cm^2 by using latex glue as a binding material, was studied. The mixing ratio of durian peels rind to cashew husks was varied at 0.5:1.5, 1:1, and 1.5:0.5 kg. The heat-insulating sheet was pressed with a hydraulic press at 150 kg/m^3 for 15 min. According to the JIS A5905-1994 standard, the test results showed that the most suitable ratio of durian peels and cashew husks for thermal insulation was 0.5:1.5 kg, whose properties were density 850±15 kg/m^3, humidity 9.6±. 3.5%wb, swelling 23.88±4.4%, water absorption 5.82±2.6 %, and heat resistance at 55 °C for 1 h were 8±2.5 °C. It can be used to produce a heat insulator which can reduce the agricultural waste.

Keywords: Thermal Insulation Substitute Material Waste

บทคัดย่อ

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่ได้รับการศึกษาเพื่อนำมาผลิตฉนวนกันความร้อน โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตฉนวนความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ขนาด 40×40 cm^2 โดยใช้กาวลาเทกซ์เป็นวัสดุประสาน แปรค่าอัตราส่วนการผสมเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ 0.5:1.5, 1:1 และ 1.5:0.5 kg อัดแผ่นฉนวนความร้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ 150 kg/m^3 เป็นเวลา 15 min ศึกษาคุณสมบัติของฉนวนความร้อนตามมาตรฐาน JIS A5905-1994 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนของเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาทำฉนวนความร้อนคือ 0.5:1.5 kg ซึ่งได้ค่าคุณสมบัติ คือ ความหนาแน่น 850±15 kg/m^3 เปอร์เซนต์ความชื้นฐานเปียก 9.6±3.5 ค่าการพองตัว 23.88±4.4 % ค่าการดูดซับน้ำ 5.82±2.6 % และค่าความต้านทานความร้อนที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 1 h ได้ 8±2.5 °C ดังนั้น เปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์มีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนซึ่งสามารถลดปริมาณขยะจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรได้

คำสำคัญ: ฉนวนความร้อน วัสดุทดแทน วัสดุเหลือทิ้ง

บทนำ

จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นหลักโดยมีพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญ ได้แก่ ทุเรียน ลองกอง ลางสาด มะม่วงหิมพานต์ ฯลฯ โดยมีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากถึง 46,783 ไร่ มีผลผลิตมากกว่า 42,000 ตันต่อปี และมีพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ 36,869 ไร่ มีผลผลิตมากกว่า 7,823 ตันต่อปี [1] ซึ่งในแต่ละปีจะมีขยะจากเปลือกทุเรียนกว่า 1,500 ตันต่อปี ซึ่งทางจังหวัดใช้วิธีกำจัดด้วยการฝังกลบ สำหรับเปลือกมะม่วงหิมพานต์นั้นเมื่อทำการกะเทาะเปลือกออกจะได้เปลือกที่สามารถนำไปผ่านกระบวนการบีบน้ำมันเพื่อนำเอาน้ำมัน Cashew Nut Shell Liquid: CNSL ซึ่งเปนสวนที่มีอยู่ในชั้นเปลือกของเมล็ดมะมวงหิมพานต มีคุณสมบัติที่เปนประโยชนหลากหลายในทางอุตสาหกรรมและทางการแพทย โดยการจัดการ

[1]Corresponding author: Tel.: 098-6196155. E-mail address: p.pintana@gmail.com

TREC-14 (MJU)

เปลือกเมล็ดมะมวงหิมพานตที่ดีที่สุดและถูกวิธีคือการนำมาสกัดน้ำมันออกจากเปลือก โดยใหไดเปอรเซ็นต CNSL เปอรเซ็นต ความสะอาดของน้ำมัน และอัตราการสกัดน้ำมันที่สูงสุด [2] สำหรับเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ถูกบีบเอาน้ำมันแล้วจะถูกทิ้งเป็นขยะ จากเหตุผลดังกล่าวทางคณะวิจัยจึงได้หาวิธีใช้ประโยชน์จากขยะเหลือทิ้งจากการเกษตรคือ เปลือกมะม่วงหิมพานต์และเปลือกทุเรียนดังแสดงในภาพที่ 1 ให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้อีกครั้ง

ภาพที่ 1 ลักษณะของเปลือกมะม่วงหิมพานต์และเปลือกทุเรียน

สภาพภูมิอากาศของจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้รับอิทธิพลจากกระแสลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตก เฉียงใต้ มีความชื้น และความร้อนสูง ในฤดูร้อนอากาศจะร้อนจัด โดยอุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่ปี 2555-2560 เฉลี่ย 41.15 องศาเซลเซียส และปัจจุบันปี 2564 มีอุณหภูมิสูงถึง 43 ^{o}C [3] ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพิ่มขึ้นในด้านการลดอุณหภูมิ โดยเฉพาะการเปิดเครื่องปรับอากาศที่จะมีการใช้พลังงานมากเนื่องจากภาระโหลดด้านอุณหภูมิภายนอกที่สูง ซึ่งปัจจุบันมีการนิยมติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อช่วยลดความร้อนเข้าสู่ภายในห้องได้ ซึ่งปัจจุบันฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้กันสำหรับอาคารส่วนใหญ่ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดนั้นผลิตมาจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว โฟม อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมูลค่าสูงและมักมีข้อกังวลปัญหาด้านสุขภาพจากการใช้งานเมื่อใช้งานมานาน [4] การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งหรือชีวมวลมาทำเป็นฉนวนความร้อนได้ เนื่องจากมีเส้นใยเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีสมบัติไม่นำความร้อน และมีช่องว่างของอากาศภายในเนื้อเส้นใย ซึ่งช่องว่างนี้ทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆ ได้ [5, 6] นอกจากนี้การวิจัยเพื่อการพัฒนาแผ่นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของธนัญชัย ปคุณวรกิจ (2548) [7] ระบุว่าเส้นใยจากซังข้าวโพดยังมีคุณลักษณะของฉนวนกันป้องความร้อนที่ดี เมื่อพิจารณาแล้วมีความเป็นไปได้ที่จะนำซังข้าวโพดมาทำเป็นฉนวนป้องกันความร้อน สมพร และคณะ (2551) [8] ได้ทำการศึกษาฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ซังข้าวโพด ผักตบชวา โดยศึกษาการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนที่ได้ โดยเทียบเคียงกับมาตรฐาน JIS A5905-1994 [9]. สำหรับวัสดุประสานวัสดุที่นิยมนำมาใช้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในกระบวนการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนมีหลากหลายชนิด อาทิเช่น น้ำยางพารา กาวลาเทกซ์ เรซิ่น น้ำแป้งมัน ฯลฯ โดยขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และได้มีการนำกาวสำหรับอุตสาหกรรมไม้อัดมาใช้ในการอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อน เนื่องจากทำให้มีการคงสภาพที่ดีกว่าการใช้น้ำยางพารา [8] อีกทั้งยังมีการเคลือบผิวของแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันความชื้นและเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นฉนวนด้วยการทาเคลือบผิวด้วยน้ำยาเรซิน หรือน้ำยางพารา ซึ่งจะทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนมีอายุการใช้งานนานยิ่งขึ้น [10]

จากงานวิจัยดังที่กล่าวมา สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไปใช้ประโยชน์ในการผลิตฉนวนกันความร้อนได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้กับอาคารบ้านเรือนเพื่อลดภาระด้านความร้อน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ จึงถือว่ามี ความจำเป็นที่จะต้องพัฒนา อีกทั้งฉนวนทั่วไปทำมาจากใยแก้วและฉนวนสังเคราะห์ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อใช้งานเป็นเวลานานได้ ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาฉนวนกันความร้อนที่ทำจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลายตันต่อปี โดยจะทำการศึกษาอัตราส่วนผสม และวัสดุประสาน รวมถึงคุณสมบัติของฉนวนความร้อนที่ได้พัฒนาขึ้น

TREC-IAC

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ส่วนของการทดสอบอัตราส่วนผสมของเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุ โดยกำหนดขนาดของแผ่นฉนวนความร้อนสำหรับการทดลองที่ 40×40 cm^2 ใช้กาวลาเทกซ์เป็นกาวประสาน

ส่วนแรก การทดสอบอัตราส่วนผสมของเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ในการทำฉนวนความร้อน มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการรีดน้ำมัน CNSL แล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และตากแดดให้แห้ง มีเปอร์เซนต์ความชื้นฐานเปียก น้อยกว่า 10 เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา ดังแสดงในภาพที่ 2

เปลือกทุเรียนหั่น เปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์

ภาพที่ 2 การตากแห้งเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์

2. นำเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่แห้งแล้วมาผ่านเครื่องสับย่อยให้มีขนาดน้อยกว่า 0.5 cm ดังแสดงในภาพที่ 3

3. นำเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ผสมกับกาวลาเทกซ์ปริมาณ 0.5, 1, 1.5 kg และนำเข้าเครื่องอัดแผ่น ซึ่งแม่พิมพ์ภายในมีขนาด 40×40 cm^2 หนา 5 cm แรงกดอัด 150 kg/m^3 เป็นเวลา 15 min แสดงในภาพที่ 4 และนำไปตากแดดเพื่อให้แผ่นฉนวนแห้งสนิทประมาณ 1 วัน

4. เมื่อได้ปริมาณกาวประสานที่เหมาะสมแล้ว นำมาใช้กับการทดลองอัดเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่อัตรากส่วน 0.5:1.5, 1:1 และ 1.5:0.5 kg นำเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อน และนำไปตากแดดเพื่อให้แผ่นฉนวนแห้งสนิทประมาณ 1 วัน

ภาพที่ 3 การสับย่อยลดขนาดเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องสับย่อย

TREC-14 (EV)

ภาพที่ 4 การผสมตัวเปลือกทุเรียนและเม็ดมะม่วงหิมพานต์ลงบนเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์

5. เมื่อได้แผ่นฉนวนความร้อนที่อัดขึ้นรูปแล้วที่อัตราส่วนผสมเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 0.5:1.5, 1:1 และ 1.5:0.5 kg นำมาทาแล็คเกอร์เคลือบผิวของแผ่นฉนวนกันความร้อน

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทดสอบหาคุณสมบัติด้านความหนาแน่น อัตราการดูดน้ำและอัตราการพองตัว

ส่วนที่สองทำการทดสอบคุณสมบัติของฉนวนตามมาตรฐาน JIS A5905-1994 ในการหาค่าความหนาแน่น, การพองตัว, การดูดซึมน้ำ, และคุณสมบัติการต้านทานความร้อน โดยการเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนาแน่นโดยตัดแผ่นฉนวนที่ทาแล็กเกอร์เสร็จแล้วขนาด 10×10 cm^2 และทำการวัดขนาดด้วยเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่น สำหรับการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัว ตัดแผ่นฉนวนที่ทาแล็กเกอร์แล้วขนาด 55 cm เตรียมภาชนะสำหรับใส่ฉนวนทำการวัดปริมาณน้ำ 0.5 l และนำฉนวนที่ตัดแล้วแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 h จึงนำมาวัดขนาดการพองตัวและปริมาณน้ำที่ลดหายไปดังแสดงในภาพที่ 5 การวัดค่าการต้านทานความร้อนได้ออกแบบกล่องสำหรับทดสอบความต้านทานความร้อนของฉนวน แสดงดังภาพที่ 6 โดยมีการบุฉนวนกันความร้อนรอบกล่อง และมีการติดตั้งแหล่งให้ความร้อนด้านบนอุณหภูมิทดสอบที่ 55 °C มีการติดตั้งเทอร์โมคับเปิลบริเวณด้านหน้าและด้านหลังแผ่นฉนวนห่างจากแผ่นฉนวนด้านละ 1 cm ทำการวัดค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากการให้ความร้อนเป็นเวลา 1 h

ภาพที่ 6 อุปกรณ์สำหรับการวัดความต้านทานอุณหภูมิของฉนวน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองการหาปริมาณกาวประสานที่เหมาะสม ของอัตรส่วนผสมเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วง หิมพานต์ 1:1 kgโดยทำการทดลองผสมกับกาวลาเทกซ์ที่ปริมาณ 0.5, 1, 1.5 kg พบว่า ปริมาณกาวลาเทกซ์ที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปฉนวนกันความร้อนที่สุดคือที่ปริมาณ 1 kg มีการยึดจับตัวกันสม่ำเสมอ ติดกันเป็นแผ่นเรียบ ไม่เกิดการโก่งงอเมื่อแห้งจากการตากแดดเป็นเวลา 1 วัน จากตารางที่ 1 แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ อัดขึ้นรูป โดยที่ปริมาณกาวลาเทกซ์ 0.5 kg แผ่นฉนวนมีลักษณะเปราะ และร่วงหลุดบริเวณขอบของแผ่น และที่ปริมาณกาวลาเทกซ์ 1.5 kg แผ่นฉนวนมีการยึดเกาะกันแน่น และเมื่อแห้งแล้วเกิดการโก่งงอของแผ่นฉนวนเนื่องจากการยึดตัวกันของกาวที่มีปริมาณมากจึงไม่เหมาะต่อการนำไปใช้งาน

จากการทดลองการหาปริมาณกาวประสานที่มีความเหมาะสม นำมาใช้ผสมกับเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่อัตราส่วน 0.5:1.5 1:1 และ 1.5:0.5 kg เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติของฉนวนความร้อน ซึ่งลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อนที่อัดได้แสดงในตารางที่ 2 ลักษณะของแผ่นฉนวนกันความร้อนจะยึดเกาะติดกันเป็นแผ่นแข็ง เรียบ และขอบแผ่นมีความแข็งแรง โดยแผ่นฉนวนทั้ง 3 แบบ มีความหนาแตกต่างกันเล็กน้อยในส่วนของความหนาโดยแผ่นที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียนมากจะยุบตัวมากกว่าเมื่อมีการอัดขึ้นรูปและการตากแดดเพื่อลดความชื้น และแผ่นที่มีเปลือกเมล็ดม่วงหิมพานต์ปริมาณมากจะยุบตัวน้อยและไม่หดตัวเมื่อมีนำไปตากแดดเพื่อลดความชื้น เนื่องมาจากลักษณะของเปลือกทุรียนที่มีความยืดหยุ่นซึ่งแตกต่างจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่แข็ง และเปราะ

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อนที่อัตราส่วนการผสมกาวลาเทกซ์ที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณกาวลาเทกซ์ ที่อัตราส่วนผสมเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1:1	ลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อน
0.5 kg	
1 kg	
1.5 kg	

สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อน ได้ดำเนินการตามมาตรฐาน JIS A5905-1994 แสดงในตารางที่ 3 พบว่าที่อัตราส่วนของเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 0.5:1.5 1:1 และ 1.5:0.5 kg มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด 350-900 kg/m^3 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกอัตราส่วน มีค่าความชื้นอยู่ในค่า 5-13 ตามค่า

TREC-1 (MJD)

มาตรฐานกำหนดทุกอัตราส่วน ค่าการดูดซึมน้ำที่อัตราส่วน 0.5:1.5 kg มีค่าการดูดซึมน้ำมากเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด โดยมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 15.8 % โดยที่อัตราส่วน 1:1 และ 1.5:0.5 kg มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตาฐานกำหนด สำหรับในส่วนการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนจากการนำแผ่นฉนวนบรรจุอยู่ในกล่องควบคุมและมีการให้ความร้อนบริเวณด้านบนกล่องที่ 55 °C เป็นเวลา 1 h พบว่าที่อัตราส่วนเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 0.5:1.5 kg สามารถต้านทานอุณหภูมิได้สูงที่สุดโดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 8±2.5 °C และค่าความต้านทานอุณหภูมิน้อยที่สุดที่อัตราส่วน 1.5:0.5 kg มีค่าความต่างของอุณหภูมิที่ 3±1 °C เนื่องจากลักษณะผิวของแผ่นฉนวนความร้อนที่มีปริมาณเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่มีความมันและแข็งกว่าเปลือกทุเรียนจึงทำให้มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนที่สูงกว่า โดยมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้ โดยอัตราส่วนเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ดีที่สุดคือ 0.5:1.5 kg กับฉนวนความร้อนจากซังข้าวโพด และกาบมะพร้าว พบว่ามีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด แต่เมื่อเทียบกับฉนวนความร้อนจากฟางข้าวจะมีค่าความต้านทานความร้อนที่สูงกว่า

จากการทดลองการนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์มาผลิตเป็นฉนวนความร้อนมีความเป็นไปได้และสามารถลดปริมาณขยะจากเศษเหลือทิ้งผลผลิตทางการเกษตรได้ โดยแนวทางในการพัฒนาฉนวนความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ควรบดย่อยให้มีขนาดเล็กกว่า 0.5 cm และวัสดุประสานที่มีราคาต้นทุนต่ำ เพื่อผลิตแผ่นฉนวนความร้อนเพื่อจำหน่ายต่อไปได้

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อนที่อัตราส่วนผสมเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสมเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ปริมาณกาวลาเทกซ์ 1 kg	**ลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อน**
1.5:0.5	
1:1	
.5:1.5	

TREC-1 (MJU)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน

ประเภทฉนวนกันความร้อน	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความชื้น (% ความชื้นมาตรฐานเปียก)	ค่าการพองตัว (%)	ค่าการดูดน้ำ (%)	ผลต่างของอุณหภูมิ (^oC)
มาตรฐาน JIS A 5905-1994	350-900	5-13	-	<12	-
อัตราส่วนส่วนผสมเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1.5: 0.5	761.90±12	8.5±3	42.72±5.2	15.8±2.2	3±1°C
อัตราส่วนส่วนผสมเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1:1	786.30±16	9.3±2	32.62±3.8	6.64±3.2	5±2°C
อัตราส่วนส่วนผสมเปลือกทุเรียนต่อเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 0.5:1.5	850.00±15	9.6±3.5	23.88±4.4	5.82±2.6	8±2.5°C
ฉนวนจากฟางข้าว [11]	275	-	-	-	3.6 °C
ฉนวนความร้อนจากซังข้าวโพด [4]	222.02	5.93	95.26	5.97	-
ฉนวนจากกาบมะพร้าว [8]	881	6.84	54	32.7	-

สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การพัฒนาฉนวนกันความร้อนที่ทำจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของฉนวนความร้อนที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้วัสดุประสานคือกาวลาเทกซ์ ผลการทดสอบพบว่าสัดส่วนของเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความหนาแน่น ความชื้น และค่าการเป็นฉนวนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการพองตัวและค่าการดูดซึมน้ำลดลง ดังนั้นค่าอัตราส่วนของเปลือกทุเรียนและเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาทำฉนวนความร้อนคือ 0.5:1.5 kg ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 โดยใช้กาวประสานที่ 1 kg

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาและบุคลากรของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานรวมถึงการอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์. (2564). **ข้อมูลด้านการเกษตร (ด้านพืช ด้านปศุสัตว์ ด้านประมง)**. รายงานข้อมูลด้านการเกษตรที่สำคัญของจังหวัดอุตรดิตถ์, ฉบับปรับปรุง ณ วันที่ 31 พฤษภาคม 2564.

[2] ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ คมสันติ เม่ากลาง. (2545). **การศึกษาการสกัดน้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ดมะม่วง หิมพานต์**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33(6) (พิเศษ), 102-106.

[3] สำนักงานพลังงานจังหวัดอุตรดิตถ์. (2561). **สภาพภูมิอากาศ**. รายงานแผนปฏิบัติการพลังงานจังหวัดอุตรดิตถ์ ปี พ.ศ. 2561-2565.

[4] อนุภา สกุลพาณิชย์. (2559). “การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ”, **Veridian E-Journal, Silpakorn University** 9(1), 1688-1702.

[5] สุลักษณา มงคล, ทวีพงศ์ เทพทวี และธัญลักษณ์ สันเดช. (2560). การศึกษาสมบัติทางความร้อนของฉนวนเส้นใยกล้วยเพื่อประยุกต์ใช้กับถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์. **วารสาร มทร.อีสาน**. ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10(2) พฤษภาคม–สิงหาคม.

[6] ชัยพฤกษ์ อาภาเวท, ประยูร สุรินทร์ และเจษฎา วงษ์อ่อน. (2555). การศึกษาประสิทธิภาพฉนวนที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจาปี พ.ศ. 2555**. วันที่ 17-19 ตุลาคม 2555 ณ โรงแรมเมธาวลัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

TREC-14(MJU)

[7] ธนัญชัย ปคุณวรกิจ. (2548). **การพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] สมพร ปัญญาไว อธิพงศ์ บุญส่ง เดชา ไชยเคน กนกกาฐจน์ ว่องวัชรพร และวรธรรม อุ่นจิตติชัย. (2551). **ฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ**. รายงานผลงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

[9] Japanese industrial Standard. Japanese Standards Association. (1994). JIS A 5905 Standard Specification dor medium Density Fiberbords. Hohbunsha Publ.Co.Inc. Tokyo. pp.35.

[10] นายสืบศิริ แซ่ลี้ และศักดิ์ชาย สิกขา. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าและผนังฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตพื้นที่ประเทศไทย. **วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** 3(1) เมษายน–กันยายน.

[11] วรรณวิทย์ แต้มทอง. (2556). ฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากฟางข้าว. **KKU Res. J**., 18(3), 380-390.

TREC-14 (MJU)

สมรรถนะการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงสังเคราะห์ด้วยวิธีแม่แบบชนิดอ่อน

Performance of CO_2 Adsorption of Hollow Mesoporous Silica Synthesized by Soft-Templates Method

พชรภา สิงลี[1] และ ณัฐธยาน์ พงศ์สถาบดี[1*]
Pacharapa Singlee[1] and Nuttaya Pongstabodee[1*]

[1] ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Abstract

Over the last few decades, global temperatures have existed increased sharply which approximates to 0.7 °C in 2019. This is due to a huge amount of carbon dioxide (CO_2) emission from the industrial section and power generation section. The emission is a major cause of serious environmental problems, especially global warming which is currently endangering lives and welfare. Then the purpose of this research work was to study CO_2 capture on 50 %wt tetraethylenepentamine functionalized hollow mesoporous silica (HMS-50TEPA) synthesized by the soft-template method. To enhance the formation of self-assembled vesicle-micelle structures, a mixture of cationic cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) and anionic surfactants was carried out thorough the works. Three types of anionic surfactants used were sodium tetradecyl sulfate (STS), sodium dodecyl sulfate (SDS), and sodium hexadecyl diphenyl oxide disulfonate (DF). The capture was reported in terms of CO_2 adsorption capacity. The characterization of these samples was determined using X-ray diffraction (XRD) and nitrogen adsorption-desorption. The operation temperature was held in the range from 45 °C to 105 °C. It was found from the experimental results that the CO_2 adsorption capacity of tetraethylenepentamine functionalized hollow mesoporous silica was higher than that of hollow mesoporous silica. Additionally, HMS-SDS 50TEPA exhibited higher CO_2 adsorption capacity than HMS-DF 50TEPA and HMS-STS 50TEPA, respectively. The maximal CO_2 adsorption capacity of HMS-SDS 50TEPA was around 2.95 mmol/g at 75 °C.

Keywords: CO_2 capture; Dual templates; HMS; Soft-templates method

บทคัดย่อ

จากระยะเวลาในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้นมากโดยเพิ่มสูงถึง 0.7 องศาเซลเซียส ในปีค.ศ. 2019 ทั้งนี้เนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมากจากภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตพลังงาน การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้เป็นสาเหตุหลักสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาโลกร้อนซึ่งส่งผลกระทบหรือความเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสวัสดิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่สังเคราะห์โดยใช้แม่แบบอ่อนและดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนที่ 50 เปอร์เซ็นต์โดยมวล (HMS-50TEPA) การกระตุ้นให้เกิดโครงสร้างเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นจากการรวมตัวของโครงสร้างไมเซลล์ด้วยการใช้สารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างแคทไอออนิกซิทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (CTAB) กับแอนไอออนิกสารลดแรงตึงผิวซึ่งในที่นี้เลือกใช้โซเดียมเตตระเดซิลซัลเฟต (STS) โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) และโซเดียมเฮกซะเคดซิลไดฟีนิลออกไซด์ไดซัลโฟเนต (DF) การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะรายงานในเทอมของความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

[1]Corresponding author: Tel.: 02-2187479. E-mail address: Sangobtip.p@chula.ac.th

TREC-14 (MED)

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างเหล่านี้จะดำเนินการด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ และการดูดซับ-การคายซับก๊าซไนโตรเจน อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับจะกำหนดให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 45 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง นอกจากนี้ยังพบว่า HMS-SDS 50TEPA มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า HMS-DF 50TEPA and HMS-STS 50TEPA ตามลำดับ ค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของ HMS-SDS 50TEPA มีค่าประมาณ 2.95 มิลลิโมลต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: การดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ แม่แบบร่วม เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง วิธีแม่แบบชนิดอ่อน

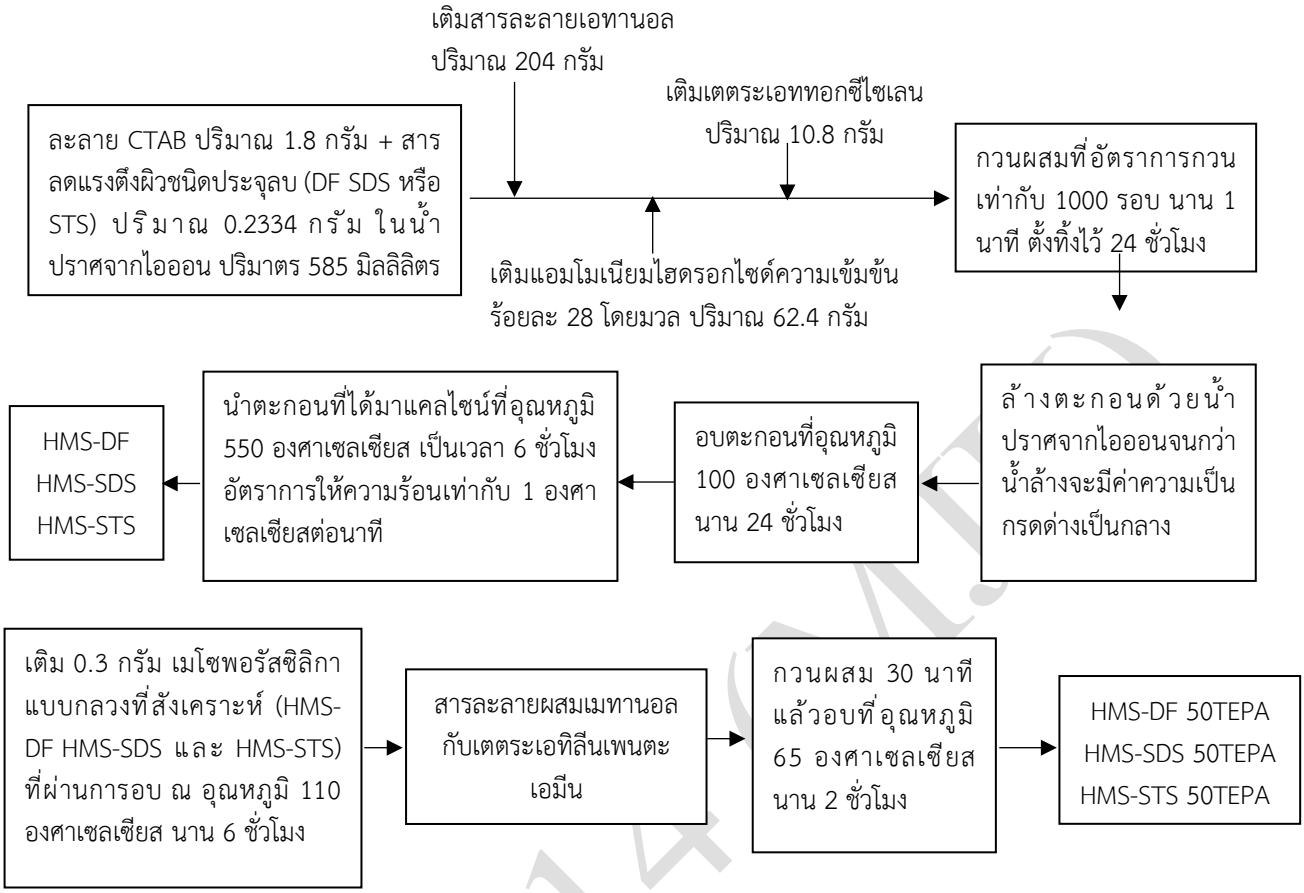
บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่องเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดการขยายตัวของกำลังการผลิตด้านอุปโภคบริโภคมากยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันจึงทำให้มีการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมจนนำมาซึ่งปัญหามลพิษต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาภาวะโลกร้อนซึ่งมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่บรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นมาก [1] และยังส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสภาพภูมิอากาศทั่วทั้งโลก บางพื้นที่จะมีเกิดวาตภัยอย่างรุนแรง ในปี ค.ศ. 2018 พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76 ของแก๊สเรือนกระจก ซึ่งมาจากอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล [2] ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดจำนวนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกระแสก๊าซที่ปล่อยสู่ภายนอกด้วยเทคนิคต่าง ๆ มากมายที่ถูกเลือกใช้เพื่อลดระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เทคนิคที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับในวงกว้างมากขึ้น คือ การดูดซับบนตัวดูดซับของแข็ง ตัวดูดซับที่ดีควรมีปริมาตรรูพรุนมากและพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ซึ่งเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง (Hollow mesoporous silica, HMS) มีสมบัติเฉพาะตรงตามนี้ นอกจากนี้ เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงมีความหนาแน่นต่ำ และมีรูพรุนที่มีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ ด้วยสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงจึงถูกนำไปใช้ด้านการดูดซับแก๊ส (Gas adsorption) การเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) การขนส่งยา (Controlled drug delivery) และการกักเก็บสารเคมี (Chemical storage) [3-4] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงประยุกต์เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงเป็นตัวดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และสังเคราะห์เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงด้วยวิธีแม่แบบชนิดอ่อน (Soft-template method) โดยใช้แม่แบบร่วม (Dual templates) ของสารลดแรงตึงผิวผสมชนิดประจุบวกหรือแคทไอออนิก คือ ซิทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Cetyltrimethylammonium bromide, CTAB) กับสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบหรือแอนไอออนิก 3 ชนิดคือ โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (Sodium dodecyl sulfate, SDS) โซเดียมเตตระเดซิลซัลเฟต (Sodium tetradecyl sulfate, STS) และโซเดียมเฮกซะเคดซิลไดฟีนิลออกไซด์ไดซัลโฟเนต (Sodium hexadecyl diphenyl oxide disulfonate, DF) วิธีแม่แบบชนิดอ่อนเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน และสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และใช้จำนวนน้อย ในงานนี้เลือกใช้แม่แบบร่วม เพื่อช่วยปรับปรุงการรวมตัวกันและการเกิดโครงสร้างของไมเซลล์ และสามารถควบคุมขนาดรูพรุน [5] งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่สังเคราะห์โดยใช้แม่แบบอ่อน เทียบกับเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่สังเคราะห์โดยใช้แม่แบบอ่อน และดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีน (Tetraethylenepentamine, TEPA) โดยวิธีการเคลือบฝัง (Impregnation) [6, 8-9] ความสามารถในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะรายงานในเทอมของความสามารถในการดูดซับ อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับจะกำหนดให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 45 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ ตัวดูดซับที่สังเคราะห์จะถูกวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และการดูดซับ-การคายซับก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen adsorption-desorption)

วิธีการวิจัย

TREC-IA (MJU)

การสังเคราะห์เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงด้วยวิธีแม่แบบชนิดอ่อน



การดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยการเคลือบฝังด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนร้อยละ 50 โดยมวล

เทคนิคการวิเคราะห์สมบัติเฉพาะ

ในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์เพื่อระบุอัตลักษณ์ของผลึกเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงทั้งหกตัวอย่างที่สังเคราะห์ โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 ADVANCE มีความยาวคลื่นรังสีเอกซ์ชนิด Cu K_α กระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 40 มิลลิแอมแปร์ และความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 40 กิโลวัตต์ กำหนดการวัดที่มุมของการเลี้ยวเบน (2θ) ช่วง 1-10 องศา ใช้ความเร็วในการสแกน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เทคนิคการดูดซับ-การคายซับก๊าซไนโตรเจนถูกใช้เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและความพรุน (surface area and porosity analyzer) ยี่ห้อ Micromeritric รุ่น ASAP 2020 โดยอบตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง แล้วทำการไล่แก๊สที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นป้อนก๊าซไนโตรเจนเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ (Surface area, S_{BET}) ปริมาตรรูพรุน (Pore volume, V_P) และการกระจายตัวของขนาดรูพรุนใช้ไอโซเทิร์มการคายซับจาก Barret–Joyner–Halender (BJH)

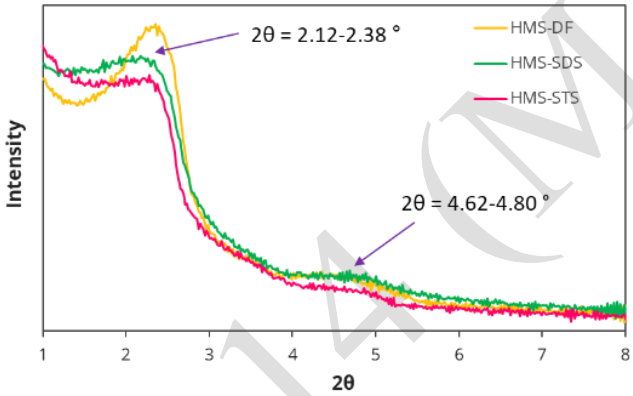
การทดสอบความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

บรรจุตัวดูดซับในเครื่องปฏิกรณ์ปริมาณ 0.1 กรัม แล้วป้อนก๊าซฮีเลียมเข้าไปเครื่องปฏิกรณ์นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดแก๊สหรือน้ำ หลังจากนั้นป้อนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยปริมาตรในแก๊สฮีเลียม ทดสอบการดูดซับที่อุณหภูมิ 45 60 75 90 และ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที กระแสก๊าซขาเข้าและขาออกจากเครื่องปฏิกรณ์ถูกป้อนสู่เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟ GC-2014AT เพื่อวิเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสก๊าซ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์สมบัติเฉพาะ

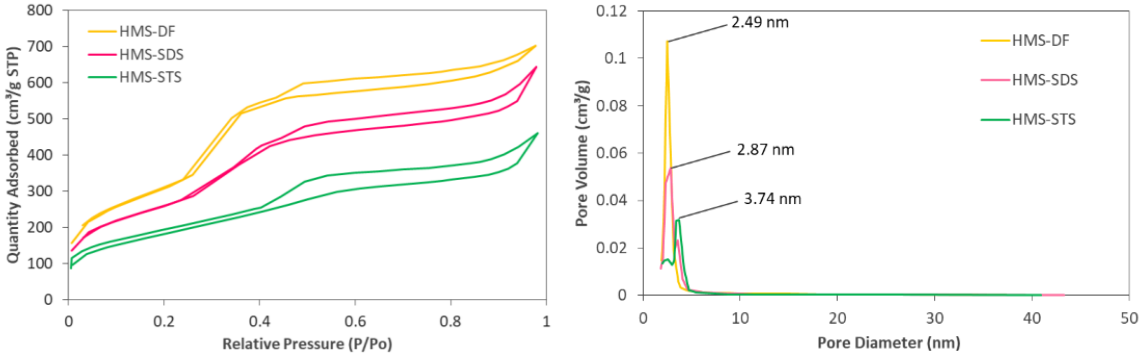
จากผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ที่แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า สเปคตรัมการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS ต่างแสดงค่ามุมหักเหเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 2θ ทั้งหมด 2 ตำแหน่ง ที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของผลึกเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง โดยตำแหน่งที่มีความเข้มของมุมหักเหมากที่สุดคือช่วง 2.12-2.38 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งของระนาบ (100) และตำแหน่งที่มีความเข้มของมุมหักเหน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 4.62-4.80 องศา ซึ่งเกิดจากการซ้อนทับกันของระนาบ (110) และ (200) ที่บ่งบอกถึงการเกิดรูพรุนเมโซในวัสดุหรือตัวดูดซับ [6] อีกทั้งพีคที่เกิดขึ้นทั้ง 2 ตำแหน่งนี้แสดงให้เห็นถึงการจัดเรียงตัวของรูพรุนแบบเฮกซะโกนอล [7] ที่ระนาบ (100) สามารถบ่งบอกได้ว่าวัสดุหรือตัวดูดซับที่ได้มีรูพรุนแบบรูหนอน (Wormlike structure) ที่รูพรุนนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใกล้เคียงกันสามารถเชื่อมถึงกันได้ [8] อีกทั้งความเข้มของพีคที่ตำแหน่งนี้แสดงให้เห็นถึงรูพรุนที่เกิดขึ้นมีความเป็นระเบียบ และมีขนาดสม่ำเสมอกันโดย HMS-DF จะมีขนาดของรูพรุนที่มีความสม่ำเสมอกันมากที่สุด ตามด้วย HMS-SDS และ HMS-STS ตามลำดับ และระยะห่างระหว่างรูพรุนมีความใกล้ชิดกันมาก [9] เมื่อทำการดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนร้อยละ 50 โดยมวล ไม่พบว่าความแตกต่างของสเปคตรัมการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ก่อนและหลังการดัดแปรหมู่ฟังก์ชัน (จึงไม่แสดงในที่นี้)



ภาพที่ 1 สเปคตรัมการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS

จากนั้นเมื่อใช้เทคนิคการดูดซับ-คายซับด้วยแก๊สไนโตรเจนเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรรูพรุนของตัวดูดซับทำให้สามารถดูไอโซเทิร์ม และการกระจายตัวของรูพรุนที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2 จากภาพด้านซ้ายมือ HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS มีการดูดซับแก๊สไนโตรเจนช่วงความดันสัมพัทธ์ช่วง 0-0.25 แสดงให้เห็นถึงการมีรูพรุนชนิดไมโครอยู่ภายในตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิดนี้ ที่ความดันสัมพัทธ์ช่วง 0.25-0.70 พบว่ามีฮิสเตอร์เรซิส (Hysteresis loop) เกิดขึ้นในตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด ซึ่งเป็นประเภทไอโซเทิร์มชนิด IV แสดงให้เห็นถึงการมีรูพรุนขนาดเมโซเกิดขึ้นภายในตัวดูดซับ [9] และลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้นเป็นชนิด H2 โดยการคายซับช่วงความดันสัมพัทธ์เท่ากับ 0.5 บ่งบอกถึงลักษณะรูพรุนแบบคอขวดที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ [10] โดย HMS-DF มีการดูดซับ-คายซับก๊าซไนโตรเจนมากที่สุดแต่มีความกว้างของฮิสเตอร์เรซิสน้อยที่สุดแสดงถึงการมีรูพรุนขนาดเล็กเมื่อเทียบกับตัวดูดซับตัวอื่น เมื่อพิจารณาการดูดซับไอโซเทิร์มและขนาดของฮิสเตอร์เรซิสที่เกิดขึ้นจะสอดคล้องกับการกระจายตัวของรูพรุนในภาพที่ 2 ด้านขวามือ พบว่า ตัวดูดซับที่สังเคราะห์นั้นมีการกระจายตัวของรูพรุน และขนาดรูพรุนสม่ำเสมอมากที่สุด แต่มีการกระจายตัวของรูพรุนมากที่สุดเท่ากับ 2.49 นาโนเมตร

TREC-14 (MJU)



ภาพที่ 2 ไอโซเทิร์มการดูดซับ-คายซับของก๊าซไนโตรเจนและการกระจายรูพรุนของ HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS

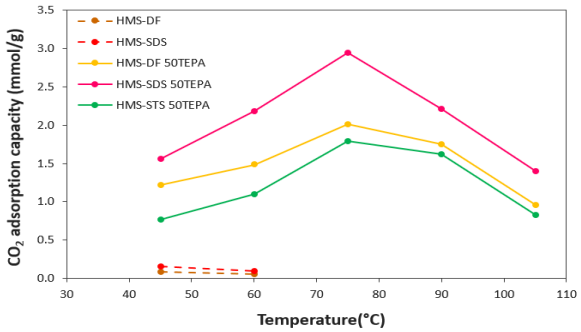
ตารางที่ 1 พื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุน และปริมาตรรูพรุนของตัวดูดซับ

Sample	S_{BET} (m^2/g)	S_{MIC} (m^2/g)	S_{EXT} (m^2/g)	V_P (cm^3/g)	V_{MIC} (cm^3/g)	Average Pore diameter (nm)
HMS-DF	1147.38	96.95	1050.44	1.09	0.082860	2.87
HMS-SDS	947.08	112.96	834.12	1.00	0.078100	3.47
HMS-STS	524.94	139.24	664.18	0.71	0.059904	4.04
HMS-DF 50TEPA	73.95	7.64	66.31	0.18	0.000210	8.30
HMS-SDS 50TEPA	140.57	17.89	122.68	0.27	0.000006	6.44
HMS-STS 50TEPA	85.49	8.06	77.43	0.17	0.000653	6.37

จากตารางที่ 1 พบว่า การใช้ชนิดสารลดแรงตึงผิวประจุลบต่างกันในการเป็นแม่แบบร่วมเพื่อเกิดการรวมตัวสำหรับการเกิดโครงสร้างของไมเซลล์ มีผลต่อขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุน และปริมาตรรูพรุน ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะความต่างของชนิดหมู่ฟังก์ชันและขนาดความยาวของสายโซ่คาร์บอนในสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ [5] โดยพบว่า HMS-DF มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด เท่ากับ 1147.38 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุน 1.09 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และความกว้างรูพรุนเฉลี่ยเท่ากับ 2.87 นาโนเมตร เมื่อทำการดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนร้อยละ 50 โดยมวล พบว่า พื้นที่ผิวจำเพาะมีขนาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกันขนาดของรูพรุนเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นหลังจากการทำการดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีน ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลมาจากเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนเข้าไปเคลือบฝังในรูพรุนต่าง ๆ ของเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่สังเคราะห์ ดังนั้นรูพรุนที่มีขนาดเล็กกว่าจึงเต็มไปด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีน (pore blocking) [6] ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะมีขนาดลดลงแต่ขนาดของรูพรุนเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น

ในการทดสอบความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพที่ 3 พบว่า เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่ไม่ได้เคลือบฝังด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ค่อนข้างน้อย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการดูดซับจะยิ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง ซึ่งแสดงถึงการดูดซับแบบกายภาพ แต่เมื่อทำการเคลือบฝังด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนร้อยละ 50 โดยมวล (HMS-DF 50TEPA HMS-SDS 50TEPA และ HMS-STS 50TEPA) พบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนเกิดเป็นคาร์บาเมต [9] เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิจาก 45 องศาเซลเซียส ถึง 75 องศาเซลเซียส ค่าความสามารถในการดูดซับยิ่งเพิ่มจนถึงจุดสูงสุด หากเพิ่มอุณหภูมิเป็น 90 องศาเซลเซียส และ 105 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับลดลง ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากข้อจำกัดร่วมกันทางจลพนศาสตร์และอุณหพลศาสตร์จากภาพที่ 3 พบว่า HMS-SDS 50TEPA มีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงกว่า HMS-DF 50TEPA และ HMS-STS 50TEPA ตามลำดับ เนื่องจาก HMS-SDS 50TEPA มีปริมาตรรูพรุนสูงกว่า HMS-DF 50TEPA และ HMS-STS 50TEPA (ดังตารางที่ 1) โดยค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของ HMS-SDS 50TEPA มีค่า 2.95 มิลลิโมลต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

TREC-14 (MJU)



ภาพที่ 3 ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนตัวดูดซับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 45-105 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง (HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS) ที่สังเคราะห์โดยใช้แม่แบบสารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างซิทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกกับสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบต่าง ๆ และเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันด้วยการเคลือบฝังด้วยเตตระเอทิลีนเพนตะเอมีนร้อยละ 50 โดยมวล คือตัวดูดซับ HMS-DF 50TEPA HMS-SDS 50TEPA และ HMS-STS 50TEPA ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สมบัติเฉพาะด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์เพื่อตัวดูดซับที่สังเคราะห์นั้นมีอัตลักษณ์ของผลึกเมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวง และเมื่อทำการดัดแปรหมู่ฟังก์ชันก็ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อมีอัตลักษณ์ของผลึกเหล่านั้น HMS-DF HMS-SDS และ HMS-STS ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ค่อนข้างน้อย และแสดงพฤติกรรมการดูดซับแบบกายภาพ ตัวดูดซับที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันเอมีนแสดงความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 30 เท่าเทียบกับตัวดูดซับที่ไม่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันเอมีน ค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บน HMS-SDS 50TEPA สูงกว่า HMS-DF 50TEPA และ HMS-STS 50TEPA ตามลำดับ โดยค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของ HMS-SDS 50TEPA มีค่า 2.95 มิลลิโมลต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การประยุกต์ใช้เมโซพอรัสซิลิกาแบบกลวงนั้น สามารถนำมาใช้ในด้านการเร่งปฏิกิริยา การขนส่งยา การกักเก็บสารเคมี และการกำจัดโลหะหนักหรือสีย้อมในน้ำ เป็นต้น ซึ่งต้องมีการดัดแปรพื้นผิว หรือปรับปรุงคุณสมบัติของตัวดูดซับก่อนนำมาประยุกต์ใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัยนี้

อ้างอิง

[1] Sadatshojaie, A., and Rahimpour, M. R. (2020). **CO_2 emission and air pollution (volatile organic compounds, etc.)–related problems causing climate change.** In Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes. Elsevier. 1-30.

[2] Yoro, K. O. and Daramola, M. O. (2020). **CO_2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect.** In: Advances in carbon capture. Woodhead Publishing. 3-28.

[3] Jiang, S. D., Tang, G., Bai, Z., and Pan, Y. (2019). **Ultrasonic-assisted synthesis of hollow mesoporous silica as a toxic gases suppressant.** Materials Letters. 247, 139-142.

[4] Wang, D., Wang, J., and Hu, Y. (2017). **Low-cost synthesis of hollow mesoporous silica spheres and its application in the removal of aromatic volatiles.** Materials Letters. 208, 50-53.

[5] Wang, J., Xiao, W., Wang, J., Lu, J., and Yang, J. (2015). **Hollow mesoporous silica spheres synthesized with cationic and anionic mixed surfactant as templates.** Materials Letters. 142, 269-272.

TREC-IAQMD

[6] J Cecilia, J. A., Vilarrasa-García, E., García-Sancho, C., Saboya, R. M. A., Azevedo, D. C. S., et al. (2016). **Functionalization of hollow silica microspheres by impregnation or grafted of amine groups for the CO_2 capture. International Journal of Greenhouse Gas Control.** 52, 344-356

[7] Olezani, A. S., Fateh, A. S., and Mehrabi, H. A. (2016). **Synthesis and characterization of silica mesoporous material produced by hydrothermal continues pH adjusting pathway.** Progress in Natural Science: Materials International. 26(4), 411-414.

[8] Sanz-Pérez, E. S., Arencibia, A., Calleja, G., and Sanz, R. (2018). **Tuning the textural properties of HMS mesoporous silica. Functionalization towards CO_2 adsorption.** Microporous and Mesoporous Materials. 260, 235-244.

[9] Yu, J., Le, Y., and Cheng, B. (2012). **Fabrication and CO_2 adsorption performance of bimodal porous silica hollow spheres with amine-modified surfaces.** RSC advances. 2(17), 6784-6791.

[10] Wang, Z., Jiang, X., Pan, M., and Shi, Y. (2020). **Nano-scale pore structure and its multi-fractal characteristics of tight sandstone by N_2 adsorption/desorption analyses: A case study of shihezi formation from the sulige gas filed, ordos basin, china.** Minerals, 10(4), 377.

TREC-14 (MJU)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง

Carbon Footprint for Organization and Greenhouse Gas Reduction: A Case Study of Loung-Tai Local Government, Ngao District, Lampang Province

สุทธิพร เคียนทอง[1] ปฐมพงศ์ พรมมาบุญ[2] ณรงค์ เครือกันทา[2] จินตนา อำนาจกิติกร[2]
ญาดามณี เขื่อนใจ[3] และวราคม วงศ์ชัย[12]
Suttiporn Kianthong[1] Patompong Prommaboon[2] Narong Krueganta[2] Jintana Amnartkitikorn[2]
Yadamanee Knengjai[3] and Warakhom Wongchai[1*]

[1] สาขาสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100
[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100
[3] สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100

Abstract

The objective of this research is to assess the carbon footprint for organization of Loung-Tai Local Government in Lampang province to find greenhouse gas emission and energy consumption reduction. The scope of this study is Direct GHG Emission, Energy Indirect GHG Emission and Other Indirect GHG Emission. The result found that greenhouse gas emission of Direct GHG Emission is 795,914.12 kg CO_2eq Energy Indirect GHG Emission is 21,315.69 kg CO_2eq and Other Indirect GHG Emission is 19,080.81 kg CO_2eq. Total greenhouse gas emission of Loung-Tai Local Government is 1,048,358.62 kg CO_2eq or 1,048.4 tCO_2eq. Most top three activities effect to greenhouse gas emission are landfill activities volume was 762,584.00 kg CO_2eq representing percent 91.176 followed by the use of vehicles of municipal government using diesel fuel was 32,164.19 kg CO_2eq representing the percentage 3.846 and the power consumption of the municipality is 21,315.69 kg CO_2eq a percentage of 2.549, respectively. Reduction of greenhouse gas emissions and energy consumption in the organization consists of three measures. Measures sorting office waste and municipal waste recycling project. Measures to reduce the power can reduce greenhouse gas emissions equivalent to 52.88 tCO_2eq/year. The community reforestation project for 500 trees to increase the capacity to absorb greenhouse gas 26.5 tCO_2 within 10 years.

Keywords: Carbon footprint for organization, Greenhouse gas emission reduction, Energy consumption reduction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง เพื่อหาแนวทางการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการใช้พลังงาน และสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงาน โดยขอบเขตของกิจกรรมก๊าซเรือนกระจกที่ทำการศึกษาคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากแหล่งอื่นๆ ผลการประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงเท่ากับ 795,914.12 kg CO_2eq การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงานเท่ากับ 21,315.69 kg CO_2eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากแหล่งอื่นๆ เท่ากับ 19,080.81 kg CO_2eq รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ทั้งหมดเท่ากับ 1,048,358.62 kg CO_2eq หรือ 1,048.4 tCO_2eq โดยกิจกรรมที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ การฝังกลบขยะ เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณสูงสุดเท่ากับ 762,584.00

kg CO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 91.176 รองลงมาคือการใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล เท่ากับ 32,164.19 kg CO2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.846 และการใช้ไฟฟ้าของเทศบาลเท่ากับ 21,315.69 kg CO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.549 ตามลำดับ แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดการใช้พลังงานในองค์กรประกอบด้วย 3 มาตรการคือ มาตรการคัดแยกขยะในสำนักงานเทศบาลและโครงการธนาคารขยะรีไซเคิล มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการสร้างความเข้าใจและสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงาน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 52.88 tCO_2eq/ปี โครงการปลูกป่าเพื่อเพิ่มศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจก จำนวน 500 ต้น ของชุมชนพบว่าภายใน 10 ปี จะสามารถดูดซับก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 26.5 tCO_2eq

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลดการใช้พลังงาน

บทนำ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งการใช้พลังงานการเกษตรกรรม การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทาลายป่า รวมทั้งการทาลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่น ๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [1] ซึ่งนับเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญระดับสากลที่ภาครัฐ เอกชน และประชาชนต้องร่วมมือกันแก้ไข ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งจากการคำนวณหาปริมาณ การติดตามตรวจสอบ การรายงานผล การทวนสอบ การปล่อย หรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการริเริ่มแผนงานเพื่อจากัดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ [2-4]

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) เป็นวิธีการหนึ่งที่แสดงข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กรจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งการผลิตและการบริการขององค์กรนั้น และจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงาน องค์กร บริษัท โรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ [5] อีกทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น และช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้แก่ผู้ประกอบการและธุรกิจของไทยให้สามารถแข่งขันได้ในเวทีการค้าโลก ตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อม ในกรณีที่ภาครัฐต้องรายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas reporting) ขององค์กรต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย [6]

เทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีศักยภาพและผู้นำที่สนใจในด้านการอนุรักษ์พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยเหตุนี้เทศบาลตำบลหลวงใต้จึงมีความเหมาะสมที่จะทำการศึกษาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และนำไปเป็นแบบอย่างสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ๆ ด้วย

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กรตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [6] แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การกำหนดขอบเขตขององค์กร ซึ่งเป็นการกำหนดการดำเนินกิจการต่าง ๆ ที่องค์กรนั้นดำเนินธุรกิจ

2. การกำหนดขอบเขตของการศึกษา เพื่อให้ แต่ละองค์กรสามารถบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมถึงทุกส่วนของกิจกรรมในองค์กร โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กรจะต้องแสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 Direct emission ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เช่น การเดินทางของบุคคลากรโดยใช้เชื้อเพลิงที่ทางองค์กรรับผิดชอบ การเผาไหม้โดยตรงจากหม้อไอน้ำ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมากจากปฏิกิริยาเคมี ขอบเขตที่ 2 Energy indirect emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อมาจากภายนอกองค์กร เช่น การใช้ ไฟฟ้า ขอบเขตที่ 3 Indirect emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2 เช่น การฝังกลบขยะ การเดินทางของบุคคลากรโดยไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงจากองค์กร การใช้งานกระดาษ อย่างไรก็ตาม ISO 14064 ได้ระบุไว้ว่าขอบเขตที่ 3 นั้นเป็นทางเลือกจะทำหรือไม่ทำก็ได้ [6]

TREC-14(MJU)

หลักการในการจัดเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของเทศบาล เป็นข้อมูลที่มีการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 1 ปี และนำข้อมูลมาคำนวณให้อยู่ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเทศบาล เทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ได้กำหนดปีฐาน และระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2562 ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2562 ถึง 31 ธันวาคม 2562 เพื่อจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งถือเป็นปีฐานล่าสุดที่เริ่มทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเทศบาล

3. การระบุแหล่งที่มาและการคำนวณปริมาณของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะพิจารณาจากแหล่งที่ปล่อย ก๊าซเรือนกระจก การเก็บข้อมูล การเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission factors) และการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงได้ดังสมการที่ 1

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าแฟคเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจก (1)

ชนิดของ ก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) กลุ่มก๊าซเพอร์ฟลูออโร-คาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) [6] โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนนั้นใช้ค่าตาม IPCC (GWP100)

4. จัดทำรายงานการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กร

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิของบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกและแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ที่ทำการศึกษามารายละเอียดนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG emission) ได้แก่ การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน การใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R22) การใช้สารดับเพลิง การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) และก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบขยะ (Land field)

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect GHG emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในอาคารสำนักงาน อาคารเอนกประสงค์ และอาคารกองช่าง

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อม จากแหล่งอื่นๆ (Other indirect GHG emission) ได้แก่ การเดินทางไปราชการโดยรถโดยสารประจำทาง การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน การใช้กระดาษในงานบริการและงานสำนักงาน และการใช้น้ำประปา

บัญชีรายการการเกิดก๊าซเรือนกระจก

ผลการประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ จำแนกตามประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 1 Direct GHG emission สูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 795,914.12 kg CO_2eq รองลงมาเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 2 Energy indirect GHG emission เท่ากับ 21,315.69 kg CO_2eq และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 Other indirect GHG emission เท่ากับ 72.64 kg CO_2eq

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 ของเทศบาลตำบลหลวงใต้ แสดงดังภาพที่ 1a พบว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการฝังกลบขยะ (Land field) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 762,584.00 kg CO_2eq รองลงมาคือ การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลเท่ากับ 32,164.19 kg CO_2eq การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เท่ากับ 699.89 kg CO_2eq การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซินเท่ากับ 450.19 kg CO_2eq การใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R22) เท่ากับ 9.05 kg CO_2eq และการใช้สารดับเพลิง CO_2 เท่ากับ 6.80 kg CO_2eq รวมทั้งหมดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 เท่ากับ 72.64 kg CO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 95.161 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 3 ประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ จำแนกตามประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

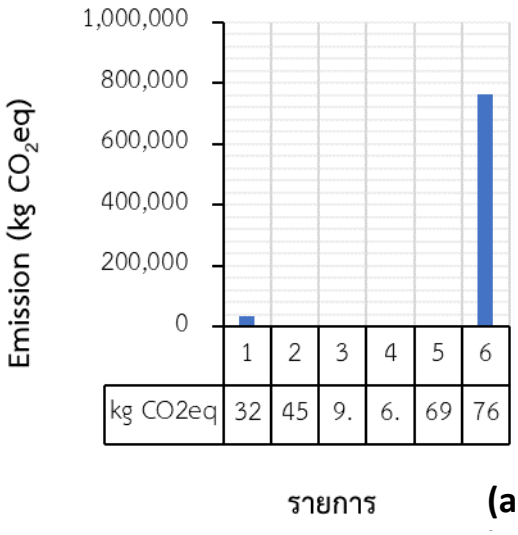
TREC-14 (MJU)

รายการ	หน่วย	Activity data	E.F. ($kgCO_2eq$/หน่วย)	Activity data X E.F.	สัดส่วน (%)
ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG emission)					
การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล	L	11,877.47	2.7080	32,164.19	3.846
การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน	L	205.10	2.1950	450.19	0.054
การใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R22)	kg	0.005	1,810	9.05	0.001
การใช้สารดับเพลิง CO_2	kg	6.8	1	6.80	0.001
การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	kg	225	3.1106	699.89	0.084
ก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบขยะ (Land field)	ตัน	328.7	2,320	762,584.00	91.176
รวม				795,914.12	95.161
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect GHG emission)					
การใช้ไฟฟ้าของเทศบาล	kWh	36,669.00	0.5813	21,315.69	2.549
รวม				21,315.69	2.549
ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากแหล่งอื่นๆ (Other indirect GHG emission)					
การเดินทางไปราชการโดยรถโดยสารประจำทาง	L	200	2.708	541.60	0.065
การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล	L	5,132.80	2.708	13,899.62	1.662
การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน	L	1,858.27	2.195	4,078.90	0.488
การใช้กระดาษในงานบริการและงานสำนักงาน	kg	464.9684	1.18	548.66	0.066
การใช้สารส้ม (Alum) ในงานประปา	Kg	60	0.277	16.62	0.002
การใช้คลอรีน (Chlorine) ในงานประปา	kg	70	1.0377	72.64	0.009
รวม				19,080.81	2.291
รวมทั้งหมด 3 ประเภท				1,048,358.62	100

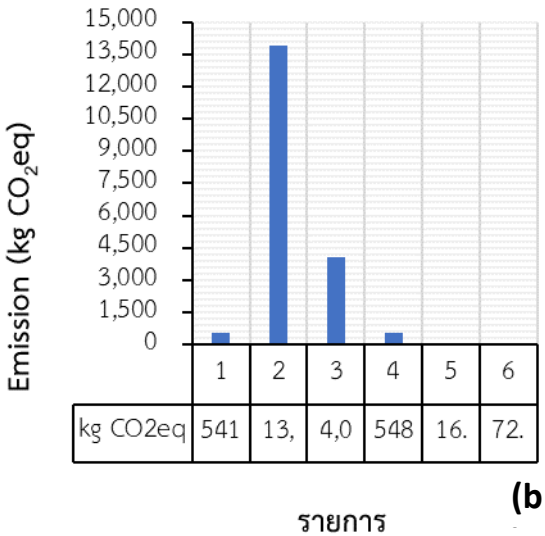
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 ของเทศบาลตำบลหลวงใต้ พบว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของเทศบาลตำบลหลวงใต้ เท่ากับ 21,315.69 kg CO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.549 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 3 ประเภท

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ของเทศบาลตำบลหลวงใต้ แสดงดังภาพที่ 1b พบว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการการเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล มีค่าสูงสุดเท่ากับ 13,899.62 kg CO_2eq รองลงมาคือ การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซินเท่ากับ 4,078.90 kg CO_2eq การใช้กระดาษในงานบริการและงานสำนักงานเท่ากับ 548.66 kg CO_2eq การเดินทางไปราชการโดยรถโดยสารประจำทางเท่ากับ 541.60 kg CO_2eq การใช้คลอรีน (Chlorine) ในงานประปาเท่ากับ 72.64 kg CO_2eq และการใช้สารส้ม (Alum) ในงานประปาเท่ากับ 16.62 kg CO_2eq รวมทั้งหมดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 เท่ากับ 19,080.81 kg CO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.291 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 3 ประเภท

TREC-14 (MJU)



1. การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล
2. การใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน
3. การใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R22)
4. การใช้สารดับเพลิง CO2
5. การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)
6. ก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบขยะ (Land field)



1. การเดินทางไปราชการโดยรถโดยสารประจำทาง
2. การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล
3. การเดินทางมาทำงานของบุคลากรของสำนักโดยใช้เชื้อเพลิงเบนซิน
4. การใช้กระดาษในงานบริการและงานสำนักงาน
5. การใช้สารส้ม (Alum) ในงานประปา
6. การใช้คลอรีน (Chlorine) ในงานประปา

ภาพที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (a) และ 3 (b) ของเทศบาลตำบลหลวงใต้

แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดการใช้พลังงานในองค์กร

จากประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ จำแนกตามประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่ากิจกรรมที่ผลทำให้ก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การฝังกลบขยะ (Land field) และการใช้ไฟฟ้าของเทศบาล โดยมีแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดการใช้พลังงานในองค์กร ดังนี้

มาตรการคัดแยกขยะในสำนักงานเทศบาล การคัดแยกขยะในเทศบาลตำบลหลวงใต้ จัดทำโดยการจัดสรรถังขยะแยกตามประเภทขยะ จำนวน 7 ประเภท ได้แก่ ถังขยะสำหรับทิ้งกระป๋อง ถังขยะสำหรับทิ้งขวดน้ำใส ถังขยะสำหรับทิ้งพลาสติก ถังขยะสำหรับทิ้งขวดแก้ว ถังขยะสำหรับทิ้งกระดาษ ถังขยะสำหรับทิ้งกล่องนม กล่องน้ำผลไม้ แก้วกาแฟกระดาษ และถังขยะสำหรับทิ้งถุงพลาสติก ถุงขนม ซองกาแฟ หลอดดูด กล่องโฟม โดยหลังจากคัดแยกขยะแล้ว ทางเทศบาลจะนำไปขายให้กับธนาคารขยะของเทศบาลต่อไป

โครงการธนาคารขยะรีไซเคิล ดำเนินการโดยเทศบาลตำบลหลวงใต้ ซึ่งจะให้ชาวบ้านในชุมชนทำการคัดแยกขยะของตนเองเป็นประเภท แล้วนำมาฝากไว้ที่ธนาคารขยะรีไซเคิล จากนั้นทางเทศบาลจะทำการรวบรวมขยะและนำไปขาย ซึ่งเป็นการสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านและเป็นการลดการเกิดขยะและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะได้อีกทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ จากข้อมูลโครงการธนาคารขยะรีไซเคิลพบว่าการดำเนินโครงการธนาคารขยะรีไซเคิลใน 5 เดือน สามารถลดการทิ้งขยะลงได้ 9,496.8 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้เท่ากับ 22,032.58 kg CO_2eq/5 เดือน หรือคิดเป็น 52.88 tCO_2eq/ปี ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 โครงการธนาคารขยะรีไซเคิล เทศบาลตำบลหลวงใต้

การปลูกป่าเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของชุมชน เทศบาลตำบลหลวงใต้

การปลูกป่าเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของชุมชน เทศบาลตำบลหลวงใต้ ภาพที่ 3 เป็นโครงการที่ให้ชุมชนเข้าร่วมทำการปลูกป่า ในบริเวณพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ในพื้นที่เทศบาลตำบลหลวงใต้ โดยพันธุ์ไม้ที่ทำการปลูกประกอบไปด้วย สัก จำนวน 300 ต้น มะค่าจำนวน 100 และพะยูงจำนวน 100 ต้น รวมทั้งหมดเป็นจำนวน 500 ต้น มวลชีวภาพของต้นไม้ที่ทำการปลูกป่าใหม่จำนวน 500 ต้น พบว่ามีมวลในส่วนของลำต้นเท่ากับ 24.6 กิโลกรัม มวลของกิ่งเท่ากับ 4.3 กิโลกรัม และมวลของใบเท่ากับ 6.8 กิโลกรัม รวมมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 0.036 ตัน มวลชีวภาพของต้นไม้ที่ทำการปลูกป่าใหม่จำนวน 500 ต้น หลังดำเนินโครงการ 10 ปี พบว่ามีมวลในส่วนของลำต้นเท่ากับ 9.3 ตัน มวลของกิ่งเท่ากับ 2.4 ตัน และมวลของใบเท่ากับ 0.5 ตัน รวมมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 12.2 ตัน จากการดำเนินโครงการ 10 ปี พบว่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้เท่ากับ 5.7 ton C ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้เท่ากับ 1.5 tC รวมเท่ากับ 7.2 tC หรือคิดเป็น 26.5 tCO_2

ภาพที่ 3 การปลูกป่าเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ณ ป่าชุมชน เทศบาลตำบลหลวงใต้

สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ จำแนกตามประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงเท่ากับ 795,914.12 kg CO2eq การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงานเท่ากับ 21,315.69 kg CO2eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากแหล่งอื่นๆ เท่ากับ 19,080.81 kg CO2eq รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลหลวงใต้ทั้งหมดเท่ากับ 1,048,358.62 kg CO2eq หรือ 1,048.4 tCO2eq โดยกิจกรรมที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ การฝังกลบขยะ (Land field) เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณสูงสุดเท่ากับ 762,584.00 kg CO2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 91.176 รองลงมาคือการใช้ยานพาหนะของเทศบาลเพื่อปฏิบัติราชการโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลเท่ากับ 32,164.19 kg CO2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.846 และการใช้ไฟฟ้าของเทศบาลเท่ากับ 21,315.69 kg CO2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.549 ตามลำดับ

แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดการใช้พลังงานในองค์กรประกอบด้วย 3 มาตรการคือ มาตรการคัดแยกขยะในสำนักงานเทศบาลและโครงการธนาคารขยะรีไซเคิล มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการสร้างความเข้าใจและสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงาน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 52.88 tCO2eq/ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนายกเทศบาลตำบลหลวงใต้ ผู้นำชุมชน และชาวบ้านในเทศบาลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กิติกร จามรดุสิต และคณะ. (2554). โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

[2] ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(1), 1-12.

[3] ธนัท พูลประทิน และคณะ. (2554). การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, 10 - 11 พฤศจิกายน 2011, อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.

[4] Hogne N. Larsen, Johan Pettersen, Christian Solli, Edgar G. Hertwich. (2011). Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU. Journal of Cleaner Production 48 (2013) 39-47.

[5] หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2563). การส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). แนวทางกระประเมินคาบอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), พิมพ์ครั้งที่ 1.

[7] ISO14064. (2018). Greenhouse Gases-Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gases and removals สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, จาก https://www.iso.org/ standard/66453.html.

TREC-14 (MJU)

การใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่
The use of persuasive language in the media about biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb in Phrae

ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[1*], [2] ลักขณา พันธุ์แสนศรี และ ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[3]
Tiparad Sahatrongjit[1*] Lukkhana Punsaensri[2] and Tammasak Punsaensri[3]

[1] กลุ่มศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[2] สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Abstract

This research aims to study the use of persuasive language in the media about biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb in Phrae. The study was divided into 2 parts: First, the instrument used to collect data was a questionnaire, which collected data from 500 samples. Data were collected from the population living in Phrae and over using random sampling method, and the last part studied attitudes towards persuasive methods and the use of persuasive language as found in environment magazines and internet.

The results of the study found that the demographic characteristics of sex, age, occupation and income were related to persuasive language use in media about biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb but the education level did not correlate with the persuasive language use in media about it. The sample group's attitudes correlated with persuasive language use in media about biodegradable food packaging with the statistically significant at the .05 level.

An analysis in environmental magazines and internet media found that the messenger used a total of 4 persuasion tactics, including identifying target groups, using statistics, arousal and providing knowledge. The use of persuasive language in the medium about biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb is shown in three methods: figurative language, the use of repeated words and the use of rhymes. And also found all persuasive strategies and persuasive language strategies had an effect on the attitudes of the sample which strategies for persuading with the erotic language of the media may affect the most interest, while the samples accepted persuasion by providing information, followed by information and knowledge.

Keywords: language, media, food packaging, Dipterocarpus tuberculatus Roxb

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 500 ชุด เก็บข้อมูลจากประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ โดยใช้วิธีการสุ่มเก็บข้อมูลแบบการสุ่มตัวอย่าง แบบแบ่งชั้นภูมิ และส่วนสุดท้ายศึกษาทัศนคติที่มีต่อกลวิธีการโน้มน้าวใจรวมทั้งการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจที่ปรากฏในสื่อนิตยสารสิ่งแวดล้อมและสื่ออินเทอร์เน็ต

ผลการศึกษา พบว่า ลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง แต่ลักษณ์เกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง และ

TREC-14(MJU)

ทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ในสื่อนิตยสารสิ่งแวดล้อมและสื่ออินเทอร์เน็ต พบว่า ผู้ส่งสารใช้กลวิธีการโน้มน้าวใจทั้งสิ้น 4 กลวิธี ได้แก่ การระบุกลุ่มเป้าหมาย การใช้สถิติ การเร้าอารมณ์ และการให้ข้อมูลความรู้ สำหรับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง นั้น ปรากฏ 3 กลวิธี ดังนี้ การใช้ภาษาภาพพจน์ การเน้นซ้ำคำ และการใช้คำสัมผัสคล้องจอง โดยกลวิธีการโน้มน้าวใจและกลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจทุกกลวิธีมีผลต่อทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น ซึ่งกลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการเร้าอารมณ์ของภาษาสื่อ อาจจะมีผลต่อความน่าสนใจมากที่สุด รองลงมาคือการให้ข้อมูลความรู้

คำสำคัญ: ภาษา, สื่อ, บรรจุภัณฑ์อาหาร, ใบยางพลวง

บทนำ

ไฟป่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะในฤดูแล้งช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน โดยไฟป่าส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นสังคมป่าผลัดใบ ตั้งอยู่ในระดับความสูง 400-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล อากาศร้อนแห้งแล้ง และอยู่ใกล้กับชุมชน [1] ทำให้มีโอกาสเกิดไฟป่าขึ้นได้สูงโดยลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่ง ต้นไม้มักมีขนาดเล็ก ลำต้นแคระแกร็น และคดงอ อยู่กระจัดกระจายทั่วไป พื้นป่าไม่รกทึบ ในหน้าฝนสภาพป่าดูเขียวชอุ่มทั้งไม้ชั้นบนและไม้พื้นล่าง แต่ตอนปลายฤดูหนาวต่อต้นฤดูร้อนจะเกิดไฟป่าขึ้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติ โดยไฟป่าที่เกิดขึ้นจะเป็นไฟผิวดินที่ลุกลามเผาไหม้เชื้อเพลิงบนผิวดินเป็นหลัก โดยเชื้อเพลิงที่มีมากที่สุดในป่าชนิดนี้คือ ใบไม้ รองลงมาได้แก่ หญ้า ไม้พื้นล่าง และกิ่งไม้แห้ง ตามลำดับ ซึ่งใบไม้ที่แห้งที่กองสุมเต็มผืนป่า กลายเป็นเชื้อไฟอย่างดี จนทำให้เกิดปัญหาหมอกควันพิษ ซึ่งการเผาแต่ละครั้งจะทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กแขวนลอยสะสมในอากาศ และ ในเดือนมีนาคมของทุกปีมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กแขวนลอยสะสมในอากาศ และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ ก็จะเกิดเป็นปัญหาหมอกควันพิษที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของประชาชนได้ก่อให้เกิดผลเสียต่อประเทศชาติเป็นอย่างมากโดยเฉพาะการสูญเสียด้านเศรษฐกิจ

ภาพที่ 1 ใบตองตึงและการเผาไหม้ใบไม้แห้งในป่า

ปัญหาดังกล่าวนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น สาเหตุประการหนึ่งเกิดจากการเผาใบไม้เพราะฤดูแล้งใบไม้ร่วงหล่นทับถมกันมากและกระจัดกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ การเก็บใบไม้หนีไฟเป็นการหลีกเลี่ยงและลดการเผา หากนำใบไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เกิดคุณค่าและเพิ่มมูลค่า [2] จะช่วยสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ด้านการจัดการทรัพยากร แนวทางที่น่าจะนำไปใช้คือการแปลงใบไม้แห้ง ๆ ที่ไร้ค่าให้กลายเป็นสินค้ามีราคา หากใบไม้ร่วงแห้งมีราคา จะทำให้ชาวบ้านเก็บไปขาย ซึ่งจะสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งในเรื่องลดจำนวนเชื้อเพลิงไฟป่าลงไปได้ พร้อม ๆ กับทำให้ชาวบ้านมีงานทำและมีรายได้ แต่จะทำอย่างไรให้ใบไม้ซึ่งเป็นเชื้อไฟเหล่านั้นมีราคาขึ้นมาได้ โดยใบไม้จากต้นไม้บางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร เช่น ใบยางพลวงหรือใบตองตึง ใบทองกวาว กาบไผ่ เป็นต้น โดยได้มีผู้ศึกษาการทำภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [3] ต่อมามีศึกษาการผลิตเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [4] ปีถัดมาได้การศึกษาและออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติ โดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อยนำมาทำภาชนะ [5] และปี 2564 ได้มีผู้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากในยางพลวง [6] ซึ่งได้เกิดผู้ประกอบการหลายกลุ่มในการผลิตบรรจุภัณฑ์

อาหารจากวัสดุธรรมชาติหลายราย เพื่อนำมาทดแทนโฟมในการใส่อาหาร ซึ่งการประชาสัมพันธ์และการโฆษณาบรรจุภัณฑ์อาหารใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ จำเป็นต้องมีการใช้ภาษาที่เหมาะสมเพื่อสื่อสารให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจและตัดสินใจบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากวัสดุธรรมชาติ

ภาพที่ 2 บรรจุภัณฑ์อาหารจากใบตองตึง

ในปัจจุบันการใช้ภาษาในการประชาสัมพันธ์ของทางผู้ประกอบการนิยมทำผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ซึ่งเป็นสื่อที่ใช้เชื่อมโยงติดต่อสื่อสารระหว่างเครือข่ายสังคม (Social Network) ที่มีการเชื่อมต่อกันบอินเทอร์เน็ต เนื่องจากสามารถส่งสารได้หลายรูปแบบ รวมทั้งเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายและจำนวนมากในเวลาเดียวกัน นำมาซึ่งการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเพื่อกระตุ้นพฤติกรรมการมีส่วนร่วมหรือความต้องการของผู้บริโภคในบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ ส่งผลให้มีการแข่งขันกันสูงขึ้นในตลาด ด้วยเหตุนี้ผู้ประกอบการจึงหันมาประชาสัมพันธ์ธุรกิจของตัวเองด้วยภาษาโน้มน้าวที่จะใช้สื่อถึงความน่าสนใจของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากวัสดุธรรมชาติผ่านช่องทางดังกล่าวนี้

อย่างไรก็ดี สื่อที่ดีเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการประชาสัมพันธ์ให้ประสบผลสำเร็จได้ สารหรือภาษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะโน้มน้าวใจให้ผู้อ่านเกิดการตัดสินใจเลือกใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ ภาษาจึงมีความสำคัญต่อการสื่อสารของมนุษย์ทั้งในแง่การสื่อสารกับตนเอง และการสื่อสารกับผู้อื่น เพราะภาษาก่อให้เกิดการรับรู้มโนภาพ ซึ่งจะเก็บไว้ในความทรงจำของแต่ละบุคคลตามความรู้ ความเชื่อและประสบการณ์ของบุคคลนั้น ดังนั้นในการสื่อสารแต่ละครั้ง ผู้ส่งสารจึงต้องให้ความสำคัญต่อการเลือกใช้ภาษาที่ถูกต้องชัดเจน ตรงตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร เพราะเมื่อวัตถุประสงค์ของการสื่อสารแตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อการเลือกใช้ภาษาที่ต่างกันด้วย โดยลักษณะของภาษาโน้มน้าวใจต้องมีจุดกระตุ้นความสนใจ ได้แก่ คำพูด วลีและความคิดที่ผู้ส่งสารใช้กระตุ้นความต้องการของผู้รับสาร หรือการโน้มน้าวใจด้านสุขภาพ ผู้ส่งสารต้องใช้วิธีการชักชวน กระตุ้นหรือจูงใจให้ผู้รับสารเกิดความปรารถนา หรือเห็นถึงความจำเป็นในการดูแลรักษาสุขภาพ [7] ต่อมาได้มีการทำการศึกษากลยุทธ์การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในฉลากภาษาอังกฤษของแชมพูสระผมที่มีผลต่อทัศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อของวัยรุ่นไทย [8] และภาษายังเป็นสื่อที่นำเสนอความคิดของนักโฆษณาซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการโน้มน้าวใจในสื่อโฆษณาและเป็นสื่อกลางในการนำสารหรือบทโฆษณาจากผู้ส่งสารไปสู่ผู้รับสารและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ [9]

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะมุ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์ของภาษา ทัศนคติ และวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการทราบถึงการใช้ภาษาที่เหมาะสมกับการสื่อสารหรือโฆษณาบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงต่อการโน้มน้าวตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการรายอื่น ๆ ต่อไป

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ยึดวัตถุประสงค์ในการวิจัยเป็นหลักในการตั้งคำถาม เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่สามารถ บรรลุเป้าหมายของการวิจัยได้ เนื่องจากเป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ แบบสอบถามจึงต้องสามารถให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับวิธีการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง และทัศนคติที่มีต่อการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง โดยคำถามแต่ละคำถามมีการจัดลำดับคำถามก่อนหลังอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อความสะดวก ในการตอบและ

ป้องกันการสับสน เนื่องจากเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้ตอบอ่านคำถามเอง ตอบเอง คำถามไม่มีคำอธิบายรายละเอียด อีกทั้งความแตกต่างเกี่ยวกับตัวบุคคลของผู้ตอบ เช่น อายุ การศึกษา อาชีพ มีผลกระทบต่อการตอบเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงสร้างแบบสอบถามที่เน้นคำถามแบบปลายปิด (close ended) หลังจากได้สร้างแบบสอบถามที่มีความถูกต้องของเนื้อหา (content validity) ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มี

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ทั้ง 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสอง อำเภอร้องกวาง อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น

ประเภทสื่อที่ใช้ในการศึกษา

สื่อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ สื่อนิตยสารสิ่งแวดล้อมและสื่ออินเทอร์เน็ต เพื่อค้นหารูปแบบหรือกลวิธีในการโน้มน้าวใจผู้บริโภคให้สนใจหรือตัดสินใจในการบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบไม้ และรูปแบบการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบไม้

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้าน ประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้านพฤติกรรมของผู้บริโภคในวิธีการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง และทัศนคติที่มีต่อการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง โดยใช้ค่าความถี่ค่าสถิติร้อยละค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน โดยการแจกแจงสถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pearson Correlation)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปด้านประชากรศาสตร์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 310 คน คิดเป็นร้อยละ 62.00 มีอายุอยู่ในช่วง 31-41ปี จำนวน 285 คน คิดเป็นร้อยละ 57.00 ประกอบอาชีพค้าขาย จำนวน 289 คน คิดเป็นร้อยละ 57.80 มีรายได้ต่อเดือน 10,001-15,000 บาท จำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 จบการศึกษาในระดับสูงกว่าหรือเท่ากับปริญญาตรี จำนวน 225 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00

การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

H_0: การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

H_1: การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

ตารางที่ 1 แบบทดสอบความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงกับการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

การใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจซื้อ	**Pearson Correlation**	**Sig. (2-tailed)**	**สรุป**
การใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง	.234	0.001	มีความสัมพันธ์

จากตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงกับการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Sig. (2-tailed) มีค่า 0.001 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อ

IREC-14 (MJU)

เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

H_0: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

H_1: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

ตารางที่ 2 แบบทดสอบความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรกับการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

ความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรและการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	สรุป
เพศ	0.10	0.02	มีความสัมพันธ์
อายุ	0.16	0.01	มีความสัมพันธ์
อาชีพ	-0.14	0.01	มีความสัมพันธ์
เงินเดือน	0.12	0.02	มีความสัมพันธ์
ระดับการศึกษา	-0.03	0.46	ไม่มีความสัมพันธ์

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบ Pearson Correlation ระหว่างลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์กับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงโดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่า ค่าระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.04 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ เพศมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.00 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ อายุมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.01 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ อาชีพมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อเดือนกับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.02 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ รายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.46 > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั้นคือ ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

สำหรับการใช้ภาษาโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง มีการใช้กลวิธีการโน้มน้าวใจต่าง ๆ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง โดยปรากฏกลวิธีการโน้มน้าวใจ 2 ลักษณะ คือ กลวิธีการโน้มน้าวใจ และ กลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยาง

TREC-14 (MJU)

พลวง ซึ่งผลการวิจัยในส่วนของกลวิธีการโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง พบว่า มี 4 กลวิธีคือการระบุกลุ่มเป้าหมาย การใช้สถิติ การเร้าอารมณ์ และการให้ข้อมูลความรู้

กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการระบุกลุ่มเป้าหมาย

คือการกล่าวถึงกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องราวของการโน้มน้าวใจครั้งนั้นการระบุกลุ่มเป้าหมายจะช่วยดึงความสนใจจากกลุ่มเป้าหมายที่ผู้ส่งสารต้องการโน้มน้าวใจให้ปฏิบัติตาม เพราะผู้รับสารที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจะรู้สึกว่าตนคือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเหตุการณ์ที่กำลังนำเสนอ ทำให้หันมาสนใจข้อมูลที่กำลังนำเสนอนั้น จากการศึกษาพบว่า ผู้สงสารใช้กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยวิธีการใช้คำที่หมายถึงการรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น คำว่า “บรรจุภัณฑ์อาหารรักษ์สิ่งแวดล้อม” หรือคำว่า “ภาชนะรักษ์โลกจากวัสดุท้องถิ่น” หรือคำว่า “ภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ100%”เนื่องจากเรื่องที่ทำการโน้มน้าวใจเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากใบยางพลวง ดังนั้นในการโน้มน้าวใจ ผู้ส่งสารจึงต้องมุ่งที่จะสื่อสารข้อมูลไปยังผู้บริโภคทุกเพศ ทุกวัย ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายหันมาสนใจศึกษา และเปิดรับข้อมูลข่าวสารดังกล่าว จนเกิดความต้องการที่จะช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น “บรรจุภัณฑ์อหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงสามารถย่อยสลายเองได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดโลกร้อน”

การใช้สถิติ

คือการรวบรวมตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างมานำเสนอเป็นหลักฐานอ้างอิงในเรื่องที่ผู้ส่งสารโน้มน้าวใจแทนที่จะนำเสนอตัวอย่างเพียง 1-2 ตัวอย่าง หรือยกตัวอย่างขึ้นมาทีละตัวอย่างแต่การใช้สถิติเสนอในเชิงปริมาณเพื่อผู้รับสาร จะได้เห็นภาพรวมว่าหลักฐานที่อ้างอิงนั้นมีปริมาณมากเพียงพอ สามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ข้อมูล จากการเก็บข้อมูลผู้ส่งสารแสดงถึงสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบในภาพรวม เช่น “พิษจากหมอกควัน ภาคเหนือป่วยวันละเกือบ 2 หมื่นราย” ขณะเดียวกันนอกจากผู้ส่งสารจะใช้กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยสถิติที่ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้ว ผู้ส่งสารยังใช้สถิติที่แสดงให้เห็นถึงการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกันดังตัวอย่าง “ผู้บริโภคจำนวน 74% มีโอกาสเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีจำนวนผู้บริโภคถึง 37.6% เป็นกลุ่มผู้บริโภคเพื่อโลกสวยที่มองหาเฉพาะผลิตภัณฑ์อีโค่เท่านั้น” กลวิธีการใช้สถิติโน้มน้าวใจนี้ ส่งผลให้กลุ่มเป้าหมายเกิดความรู้สึกรักษ์สิ่งแวดล้อมและต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การสร้างจุดจูงใจโดยใช้อารมณ์ด้วยการใช้ภาษาที่เจืออารมณ์

เพื่อบรรยายสถานการณ์หนึ่ง ๆ นั้น จะก่อให้เกิดความตระหนักต่อตัวผู้รับสารและอาจสร้างทัศนคติได้ทั้งด้านบวกและลบ ในงานวิจัยนี้ผู้ส่งสารใช้วิธีการเร้าอารมณ์เพื่อโน้มน้าวใจให้กลุ่มเป้าหมายให้มีทัศนคติด้านลบในการทำลายสิ่งแวดล้อมด้วยการชี้ให้เห็นว่าการทำลายสิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อทุกคน “การทำลายสิ่งแวดล้อม ณ ปัจจุบันจะทำให้ประชาชนในรุ่นต่อไปประสบปัญหาภัยพิบัตินานับประการ อาทิ ความหิวโหย, การขาดน้ำ, โรคร้าย และมหันตภัยธรรมชาติ” ในส่วนของวิธีการรักษาสิ่งแวดล้อม ผู้ส่งสารใช้กลวิธีการเร้าอารมณ์เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีแก่กลุ่มเป้าหมายให้เกิดความรู้สึกว่าการรักษาสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ปฏิบัติได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งจะช่วยให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นและเกิดผลดีกับทุกคนตามมา เช่น “อยากมีสิ่งแวดล้อมที่ดี ต้องใช้บรรจุภัณฑ์อาหารรักษ์โลก ทำจากใบไม้ทั้งใบ ไร้สารเคมี ย่อยสลายได้ใน 28 วัน” กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการเร้าอารมณ์นี้จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการกระทำที่เร็วขึ้น เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายเกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมอยู่ก่อนแล้ว ย่อมมีความต้องการที่จะช่วยดูแลและรักษ์สิ่งแวดล้อม เมื่อวิธีการเอาชนะสามารถปฏิบัติได้ง่าย กลุ่มเป้าหมายจึงพร้อมลงมือปฏิบัติตามอันจะนำผลดีมาสู่ตนเองและสิ่งแวดล้อม

กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการให้ข้อมูลความรู้

มีผลทำให้ข้อมูลนั้นเป็นบทความวิชาการเพราะโดยทั่วไปมนุษย์จะให้ความสำคัญกับสิ่งที่เป็นวิชาการ เนื่องจากวิชาการเป็นสิ่งที่มาจากกระบวนการคิดวิเคราะห์จนได้รับการยอมรับว่า มีความน่าเชื่อถือ ในการโน้มน้าวใจเรื่องบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง ผู้ส่งสารให้เนื้อหาข้อเท็จจริง รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์อาหารจากใบยางพลวง ทั้งชนิดของวัสดุในการผลิต การลดปริมาณขยะ การย่อยสลายเองตามธรรมชาติ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายมีความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้องชัดเจนจนนำไปสู่ทัศนคติที่ดีในการให้ความสำคัญ เห็นถึงประโยชน์ในการรักษ์สิ่งแวดล้อมเกิดความโน้มเอียงยอมรับและปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ส่งสาร เช่น “บรรจุภัณฑ์อาหารรักษ์โลก ทำจากใบยางพลวงทั้งใบ ไร้สารเคมี

ย่อยสลายได้ใน 28 วัน” ผลการวิจัยในส่วนของกลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงนั้น หมายถึง วิธีการใช้คำ รูปแบบภาษาและวิธีทางภาษาในการนำเสนอข้อมูลการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง โดยมี เจตนาโน้มน้าวให้กลุ่มเป้าหมายคล้อยตามและกระทำตามที่ผู้ส่งสารเสนอ ซึ่งในงานวิจัยนี้พบกลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจทั้งสิ้น 3 กลวิธี ได้แก่ การใช้ภาษาภาพพจน์ การเน้นซ้ำคำ และการใช้คำสัมผัสคล้องจอง

การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจด้วยภาษาภาพพจน์

พบกลวิธีการใช้ 3 ลักษณะ คือ ภาพพจน์อุปลักษณ์ ภาพพจน์ปฏิพจน์ และภาพพจน์คำถามเชิงวาทศิลป์ การใช้ภาษาภาพพจน์ทั้ง 3 ลักษณะนี้มีจุดประสงค์ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เกิดความเข้าใจอย่างรวดเร็วในประเด็นที่ต้องการจะสื่อสาร สอดคล้องกับ อรวรรณ ปิลนัธน์โอวาท [10] ศึกษาไว้ว่าคำพูดเกิดภาพ การพูดให้เกิดภาพช่วยให้แนวคิดของผู้พูดพุ่งเข้าสู่จิตใจของผู้ฟังอย่างรวดเร็ว

การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจด้วยกลวิธีเน้นซ้ำคำ

พบว่า ผลของการซ้ำคำว่า เป็นการเน้นย้ำความและสื่อความหมายถึง สิ่งที่มีปริมาณมาก ซึ่งช่วยสร้างภาพและสื่อความหมายของคำให้แจ่มชัดยิ่งขึ้น [11] อีกทั้งยังช่วยจำแนกแยกแยะรายละเอียดของคำนั้น ๆ รวมถึง ช่วยสร้างความแตกต่างอันจะทำให้ผู้อ่านสะดุดและขบคิดถึงความหมายอันลึกซึ้งที่ผู้อ่านต้องการสื่อออกมา ในงานวิจัยนี้ผู้ส่งสารเน้นย้ำ ให้เห็นถึงผลเสียในการทำลายสิ่งแวดล้อมและผลดีในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจด้วยกลวิธีใช้คำสัมผัสคล้องจอง

ผู้ส่งสารมุ่งหวังให้กลุ่มเป้าหมายเกิดการจดจำเพราะเมื่อกลุ่มเป้าหมายสามารถจดจำข้อความเหล่านี้ได้เท่ากับว่ามีการตระหนักถึงการรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งการนำข้อมูลเกี่ยวกับ สิ่งแวดล้อมมาแต่งเป็นคำสัมผัสคล้องจองหรือเพลงนั้น นอกจากจะทำให้กลุ่มเป้าหมายสามารถจดจำได้แล้วยังเป็นการกระตุ้นความรู้สึกให้รักษ์สิงแวดล้อม การใช้ภาษาโน้มน้าวใจดังกล่าวจึงสามารถสร้างทัศนคติที่ดีจนนำไปสู่การตัดสินใจบริโภค

สรุปผลการวิจัย

1. ทางด้านลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

2. ลักษณ์เกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

3. ทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผู้ส่งสารใช้กลวิธีการโน้มน้าวใจทั้งสิ้น 4 กลวิธี คือ การระบุกลุ่มเป้าหมาย การใช้สถิติ การเร้าอารมณ์ และการให้ข้อมูลความรู้

5. การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในสื่อเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงนั้น ปรากฏ 3 กลวิธี คือ การใช้ภาษาภาพพจน์ การเน้นซ้ำคำ และการใช้คำสัมผัสคล้องจอง

6. กลวิธีการโน้มน้าวใจและกลวิธีการใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจทุกกลวิธีมีผลต่อทัศนคติของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการเร้าอารมณ์ของภาษาสื่อ อาจจะมีผลต่อความน่าสนใจมากที่สุด รองมาคือ กลวิธีการโน้มน้าวใจด้วยการให้ข้อมูลความรู้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดแพร่ ที่ให้คำปรึกษา ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในจังหวัดแพร่ ห้องสมุดมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่อำนวยความสะดวกในการค้นคว้าจากเอกสารวารสาร สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

TREC-14(MJU)

เอกสารอ้างอิง

[1] พงษ์ธร วิจิตรกูล. และคณะ. 2555. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในการชิงเผาป่าเต็งรัง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ตุลาคม 2555 จังหวัดเชียงราย

[2] ทรงชัย ชุ่มภิรมย์ และคณะ. 2555. **การจัดการใบไม้เพื่อลดมลพิษทางอากาศช่วงวิจัยพัฒนาต้นแบบฤดูแล้งในเขตพื้นที่ลุ่ม.** กลุ่มงานศึกษาและพัฒนาการปลูกพืช. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาหวยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดาริ.

[3] Wicheez, R., Prangsuwan, P., Inchoie, S., Yuddi, C., & Churung, K. (2010). **Food container extrusion machine from leaves for replacement of foam and plastic boxes.** *The presentation form of the invention of the new generation Office of the Occupational Education Commission 2010.* Retrieved 2016 from http://www.satunatc.ac.th.

[4] Churung, K., Yuddika, C., & Premchai, R. (2011). ***Utilization of banana leaves by producing as an extrusion container, replacing food, foam and plastic boxes.*** **Academic work seminar.** Future Farmers of Thailand: (F.F.T.) Retrieved 2016

[5] Juntralux, N. & Watanasriyaku, S. (2012). **Design and Construction of Ware Forming Machine from Nature Pulp.** *Industrial Engineering Network Conference 2012*, 1770-1775.

[6] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี, ทิพารัตน์ สหตรงจิตร และ ลักขณา พันธุ์แสนศรี. 2564. **ผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ, จังหวัดแพร่, ระหว่าง วันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2564.

[7] เสรี วงษ์มณฑา. (2542). **การประชาสัมพันธ์ ทฤษฎีและการปฏิบัติ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ธีระฟิล์มและโซเท็ลซ์.

[8] สุกาญดา งามขำ. (2542). **กลยุทธ์การใช้ภาษาเพื่อโน้มน้าวใจในฉลากแชมพูสระผมที่มีผลต่อทัศนคติและการตัดสินใจเลือกซื้อของวัยรุ่นไทย.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ศิลปศาสตร์ (ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร), มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[9] ตวงรัตน์ คูหเจริญ. (2544). **เทคนิคการใช้ภาษาโฆษณารถยนต์ทางหนังสือพิมพ์ในภาวะวิกฤติ.** ในรวมบทความทางวิชาการ 2001 ในวาระครบรอบ 20 ปี คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยหอการค้า ไทย.

[10] อรวรรณ ปิลันธน์โอวาท. (2554). **การสื่อสารเพื่อโน้มน้าวใจ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พิมพ์แห่งจุฬาลงกรณN มหาวิทยาลัย.

[11] สกาวรัตน์ หาญกาญจนวัฒน์. (2544). **วรรณกรรมของศักดิ์สิริ มีสมสืบ กลวิธีทางวรรณศิลป์ กับการตีความ.** วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

TREC-14(MJU)

การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับต้น ใบ เปลือก และซังข้าวโพด สู่ผลิตภัณฑ์กระถางชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Adding the Value to Peel, Leaves, Shell and Corncob into Environmentally Friendly Bio-pot Products

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[1*], ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[2] และ ลักขณา พันธุ์แสนศรี[3]
Tammasak Punsaensri[1*] Tiparad Sahatrongjit[2] and Lukkhana Punsaensri[3]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[2] กลุ่มศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[3]สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Abstract

The objective of this study is to add the value to peel, leaves, shell, and corncob into environmentally friendly bio-pot products. Studying the mixing ratio, natural adhesives, and suitable conditions to produce bio-pots from peel, leaves, shell, and corncob. Analyze the cost and economic worth of bio-pots from peel, leaves, shell, and corncob.

The results show that the pot compression mold is suitable for compression at 1,000 psi, which is the pressure that makes it possible to extrusion the bio pot into a complete shape. There are 10 experiments in the experiment of extrusion of bio-pots and the perfect shape of bio-pots. The mixture ratio of peel to leaves to shell to corncob at 1:2:1:1 and 2:1:1:1 was found to be the ratio capable of extruding the fully shaped bio-pot in all experiments. The ratio of material 2:1:1:1 and at 30 seconds was the experiment with the highest porosity and strength of bio-pots, 89.45% and 1.32 kN respectively. The ratio of the material to the porosity and the strength difference are statistically significant. But the ratio of biomass ash and time gave similar porosity values and had no effect on porosity and intensity. Bio-pots have the characteristics of physical deterioration at the bottom of the pot and will gradually decay gradually until about 3 months, which requires the seedlings grown in the bio-pots to grow before 3 months. The production of 4, 6 and 8 in. bio-pots will be able to produce 30, 20 and 10 piece/day, respectively. The cost per unit is 13.00, 19.65 and 39.10 baht/piece, respectively and the breakeven point is at 0.20, 0.13 and 0.22 years respectively.

Keywords: Bio-pot Products, Corn, Environmental

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับต้น ใบ เปลือก และซังข้าวโพด สู่ผลิตภัณฑ์กระถางชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาอัตราส่วนผสม ตัวเชื่อมประสาน และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระถางชีวภาพจากต้น ใบ เปลือกและซังข้าวโพด วิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์กระถางชีวภาพจากต้น เปลือก และซังข้าวโพด

ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า แรงอัดขึ้นรูปกระถางที่เหมาะสมคือแรงอัดที่ 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นแรงดันที่ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปกระถางชีวภาพเป็นรูปทรงที่สมบูรณ์ การอัดขึ้นรูปกระถางชีวภาพได้และกระถางชีวภาพที่มีรูปทรงสมบูรณ์มีทั้งหมด 10 การทดลอง ซึ่งอัตราส่วนผสมของต้นข้าวโพดต่อใบข้าวโพดต่อเปลือกข้าโพดต่อซังข้าวโพดที่ 1:2:1:1 และ 2:1:1:1 พบว่าเป็นอัตราส่วนที่สามารถอัดขึ้นรูปกระถางชีวภาพที่มีรูปร่างสมบูรณ์ครบทุกการทดลอง อัตราส่วนของวัสดุ 2:1:1:1 และที่เวลา 30 วินาที เป็นการทดลองที่มีค่าความพรุนและค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพสูงที่สุด คือ 89.45% และ1.32 kN ตามลำดับ อัตราส่วนของวัสดุให้ผลค่าความพรุนและค่าความเข็งแรงที่แตกต่างมาก แต่อัตราส่วนของเถ้าชีวมวล

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

The consumer behavior affecting the decision to buy biodegradable food packaging from *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb in Phrae

ลักขณา พันธุ์แสนศรี[1*], ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[2] และ ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[3]
Lukkhana Punsaensri[1*] Tiparad Sahatrongjit[2] and Tammasak Punsaensri[3]

[1]สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[2]กลุ่มศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Abstract

This research aims to study the consumer behavior that affects the decision to buy biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb in Phrae. The instrument used to collect data was a questionnaire, which collected data from 500 samples. Data were collected from the population living in Phrae Province aged 20 years and over using random sampling method. Descriptive Variable describes frequency, percent, Pearson Correlation.

The results of the study found that the number of male and female respondents was similar, with 251 males making up 50.20% and 249 females, 49.8%, aged between 31-41 years, 264 people, or 52.80%, engaged in trade, 163 people or 32.60%. They have monthly income. 10,001-15,000 baht, total 193 people, or 38.60%, graduated at a level higher than or equal to a bachelor's degree of 205 people, accounting for 41.00%. The demographic characteristics of sex, age, occupation and income per month were related to consumer behavior. The demographic characteristics of the education level did not correlate with the behavior of the consumers. And the results of the analysis of the relationship between consumer behavior and the decision to buy biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb in Phrae showed that consumer behavior was related to the decision to buy biodegradable food packaging from Dipterocarpus tuberculatus Roxb in Phrae with the statistically significant level .05

Keywords: behavior, consumer, food packaging, Dipterocarpus tuberculatus Roxb, Phrae Province

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 400 ชุด เก็บข้อมูลจากประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปปี ทั้ง 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสอง อำเภอร้องกวาง อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น รวมทั้งหมดจำนวน 400 คน และได้ทำการสุ่มตัวอย่าง แบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยใช้จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้กำหนดสัดส่วน (Proportional stratified random sampling) ในแต่ละอำเภอของจังหวัดแพร่ จะได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนครบทุกโดย ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) โดยทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation)

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเพศชายและเพศหญิงมีจำนวนใกล้เคียงกันคือ เพศชาย จำนวน 230 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 และเพศหญิง 170 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 มีอายุอยู่ในช่วง 31- 41 ปี จำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 45.80 ประกอบอาชีพค้าขาย จำนวน 163 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 มีรายได้ต่อเดือน 10,001 - 15,000 บาท จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 48.25 จบการศึกษาในระดับสูงกว่าหรือเทียบเท่าปริญญาตรี จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 51.25 เมื่อ

TREC-14 (MJU)

วิเคราะห์ทางด้านลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของผู้บริโภค แต่ลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค และจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง พฤติกรรมผู้บริโภคกับการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ พบว่า พฤติกรรมผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: พฤติกรรมผู้บริโภค, บรรจุภัณฑ์อาหาร, ใบยางพลวง

บทนำ

ปัญหาไฟป่ามักเกิดขึ้นในฤดูแล้งของทุกปีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งไฟป่าส่วนใหญ่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง เพราะเป็นสังคมป่าผลัดใบที่ตั้งอยู่ในระดับความสูง 400-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล สภาพอากาศร้อนแห้งแล้ง และอยู่ใกล้กับชุมชน [1] จึงทำให้มีโอกาสเกิดไฟป่าขึ้นได้สูง และในช่วงปลายฤดูหนาวต่อต้นฤดูร้อนจะเกิดไฟป่าขึ้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติ โดยไฟป่าที่เกิดขึ้นจะเป็นไฟผิวดินที่ลุกลามเผาไหม้เชื้อเพลิงบนผิวดินเป็นหลัก โดยเชื้อเพลิงที่มีมากที่สุดในป่าชนิดนี้คือใบไม้ ซึ่งใบไม้ที่แห้งที่กองสุมเต็มผืนป่าเต็งรังจะกลายเป็นเชื้อไฟ ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นละอองและควันพิษ โดยการเผาไหม้แต่ละครั้งจะทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กแขวนลอยสะสมอยู่ในอากาศ และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้จะเกิดเป็นปัญหาหมอกควันพิษที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อประเทศชาติเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ

ภาพที่ 1 สภาพป่าเต็งรังก่อนไฟเข้าและสภาพป่าเต็งรังที่ไฟกำลังเผาไหม้ใบไม้แห้ง

ปัญหาฝุ่นละอองและควันพิษนับวันจะมีความรุนแรงขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้ใบไม้แห้ง เพราะในช่วงฤดูแล้งจะมีใบไม้ร่วงหล่นทับถมกันและกระจัดกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ แนวทางหนุ่งที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว คือการเก็บใบไม้แห้งหนีไฟ ซึ่งจะเป็นการหลีกเลี่ยงและลดการเผา หากนำใบไม้แห้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่า [2] จะช่วยสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ด้านการจัดการทรัพยากร แนวทางที่น่าจะนำไปใช้คือการแปรสภาพใบไม้แห้งที่ไร้ค่าให้กลายเป็นสินค้าที่มีราคา หากใบไม้แห้งมีราคาก็จะทำให้คนในชุมชนเก็บไปขาย ซึ่งจะตอบโจทย์ได้ทั้งในเรื่องการลดจำนวนเชื้อเพลิงในป่าลงไปได้พร้อม ๆ กับทำให้ชาวบ้านมีงานทำหรืออาชีพเสริมและมีรายได้ แต่จะทำอย่างไรให้ใบไม้แห้งซึ่งเป็นเชื้อไฟเหล่านั้นมีราคาได้ ทำให้มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจและได้นำใบไม้จากต้นไม้บางชนิดมาใช้ประโยชน์ทดแทนโฟมหรือบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร เช่น ใบยางพลวง ใบเหียง ใบทองกวาว เป็นต้น โดยได้มีนักวิจัยได้ศึกษาการทำภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [3] ต่อมาได้ศึกษาการผลิตเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [4] และศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติ โดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อยนำมาทำภาชนะ [5] ในปี 2564 ได้มีผู้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากในยางพลวง [6] ซึ่งได้เกิดผู้ประกอบด้านบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมหลายกลุ่ม เพื่อนำมาทดแทนกล่องโฟมในการใส่อาหาร ซึ่งผู้ประกอบจำเป็นต้องรู้ถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบไม้

ซึ่งในปัจจุบันองค์กรธุรกิจต่าง ๆ ได้ยึดหลักการสร้างความยั่งยืน (Sustainability) เป็น แนวคิดสำคัญในการบริหารองค์กรธุรกิจเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการหาความสมดุลระหว่างการเติบโต ของผลกำไรและความยั่งยืนของโลก เนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรมและการเติบโตของเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วใน 30 ปีที่ผ่านมาส่งผลกระทบมหาศาลต่อสิ่งแวดล้อม [7] ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน ภัยธรรมชาติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม จนส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของทุกคน จึงเป็นเหตุให้องค์กรธุรกิจและประชากรโลกตระหนักถึงสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการรณรงค์ หรือ

การก่อตั้งองค์กรอิสระต่าง ๆ เพื่อ ร่วมกันหาหนทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และแก้ไขผลกระทบต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น จากการสำรวจของ Nielsen Global Corporate Sustainability Survey พบว่า ความเต็มใจจ่าย ของผู้บริโภคต่อสินค้าและบริการขององค์กรธุรกิจที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในปี ค.ศ. 2015 ผู้บริโภคทั่วโลกมีความเต็มใจจ่ายต่อสินค้าและบริการที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ร้อยละ 66 ซึ่งเติบโตจากปี ค.ศ. 2014 ที่มีเพียงร้อยละ 55 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความตระหนักและใส่ใจถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงทำให้กระแสการรักษาสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นที่นิยมมากในปัจจุบันเพราะผู้คนหันมาสนใจสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติล้อมตัวมากขึ้น เหตุผลอีกอย่างที่ทำให้ผู้คนหันมาสนใจและรักษาสิ่งแวดล้อมเพราะ ผู้คนในปัจจุบันรักสุขภาพของตัวเองมากขึ้นและปัญหาการเผาไหม้ในพื้นที่โล่งก็ส่งผลให้เกิดหมอกควันในอากาศทำให้อากาศไม่บริสุทธิ์และส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายทำผู้คนเกิดอาการเจ็บป่วยสุขภาพร่างกายแย่ลง

ภาพที่ 2 บรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบพลวง

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาในเรื่อง “พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่” เพื่อจะได้จัดส่วนประสมทางการตลาดที่ เหมาะสม และจากการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้ผู้ประกอบการในธุรกิจนี้สามารถนำไปต่อยอดและใช้ในการพัฒนาตราสินค้าผลิตภัณฑ์จานจากใบยางพลวงอีกทั้ง ยังช่วยผลักดันให้ตราสินค้ารักษ์โลกต่าง ๆ ตระหนักและรังสรรค์สินค้ารักษ์โลกออกมาให้กับผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเป็นการลดปัญหาการเผาไหม้ หมอกควันและมลพิษทางอากาศในจังหวัดแพร่ต่อไป

วิธีการวิจัย

กรอบแนวความคิด เรื่อง “พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่”

สมมติฐาน

1 พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีความสมพันธ์ต่อการตัดสินใจบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

2 ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา ที่มีผลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ยึดวัตถุประสงค์ในการวิจัยเป็นหลักในการตั้งคำถาม เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่สามารถบรรลุเป้าหมายของการวิจัยได้ เนื่องจากเป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ แบบสอบถามจึงต้องสามารถให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงของผู้บริโภคในเขตจังหวัดแพร่ โดยคำถามแต่ละคำถามมีการจัดลำดับคำถามก่อนหลังอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อความสะดวก ในการตอบและป้องกันการสับสน ผู้วิจัยจึงสร้างแบบสอบถามที่เน้นคำถามแบบปลายปิด (close ended) หลังจากได้สร้างแบบสอบถามที่มีความถูกต้องของเนื้อหา (content validity) ตาม วัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียง จำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS หาค่าความเชื่อมั่น แบบครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient)

TREC-IA (MJU)

ตัวแปรต้น
(Independent Variables)

พฤติกรรมผู้บริโภค
1. คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
2. รูปแบบของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
3. เหตุผลที่เลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
4. ช่วงเวลาในการบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
5. ปริมาณการบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
6. บุคคลที่มีอิทธิพลในการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง
7. ลักษณะการบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง

ตัวแปรตาม
(Dependent Variables)

การตัดสินใจซื้อ
1. การทดลองซื้อ
2. พฤติกรรมระหว่างซื้อ
3. การซื้อซ้ำ
4. พฤติกรรมหลังการตัดสินใจซื้อ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ทั้ง 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสอง อำเภอร้องกวาง อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น รวมทั้งหมดจำนวน 400 คน ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยการใช้สูตรของ ยามาเน่ (Yamane, 1967 อ้างถึงในสมบูรณ์ สุริยวงศ์, 2542, หน้า 84 – 94) โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นที่ 95% และได้ทำการสุ่มตัวอย่าง แบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยใช้จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้กำหนดสัดส่วน (Proportional stratified random sampling) ในแต่ละอำเภอของจังหวัดแพร่ จะได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนครบทุกอำเภอ

$$\text{จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด} \times \text{จำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มชั้น}}{\text{จำนวนประชากรทั้งหมด}}$$

ชื่ออำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
เมืองแพร่	116,110	106
สูงเม่น	73,065	67
เด่นชัย	34,562	32
สอง	49,081	45
ลอง	53,608	49
หนองม่วงไข่	17,348	15
ร้องกวาง	48,017	44
วังชิ้น	45,559	42
รวม	437,350	400

ที่มา : ที่ทำการปกครองจังหวัดแพร่ ข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2563

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้าน ประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้านพฤติกรรมของผู้บริโภคในการเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่และวิเคราะห์ข้อมูลด้านพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ โดยใช้ค่าความถี่ ค่าสถิติร้อยละ ค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน โดยการแจกแจงสถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pearson Correlation)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปด้านประชากรศาสตร์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเพศชายและเพศหญิงมีจำนวนใกล้เคียงกันคือ เพศชาย จำนวน 230 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 และเพศหญิง 170 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 มีอายุอยู่ในช่วง 31-41ปี จำนวน 183

คน คิดเป็นร้อยละ 45.80 ประกอบอาชีพค้าขาย จำนวน 163 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 มีรายได้ต่อเดือน 10,001-15,000 บาท จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 48.25 จบการศึกษาในระดับสูงกว่าหรือเท่ากับปริญญาตรี จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 51.25

พฤติกรรมผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

H_0: พฤติกรรมผู้บริโภคไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

H_1: พฤติกรรมผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

ตารางที่ 1 แบบทดสอบความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

พฤติกรรมผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจซื้อ	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	conclusion
พฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่	233	0.003	Have a relationship

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบผลความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมผู้บริโภคกับการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Sig. (2-tailed) มีค่า .003 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ พฤติกรรมผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

H_0: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

H_1: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

ตารางที่ 2 แบบทดสอบความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

ความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรและพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	สรุป
เพศ	0.11	0.02	มีความสัมพันธ์
อายุ	0.13	0.03	มีความสัมพันธ์
อาชีพ	-0.15	0.02	มีความสัมพันธ์
เงินเดือน	0.10	0.04	มีความสัมพันธ์
ระดับการศึกษา	-0.04	0.55	ไม่มีความสัมพันธ์

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบ Pearson Correlation ระหว่างลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์กับพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.02 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ เพศมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.03 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ อายุมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

TREC-14 (MJU)

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.02 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ อาชีพมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อเดือนกับพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.04 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ รายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

การทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Pearson Correlation มีค่า 0.55 > 0.05 ดังนั้นจึง ยอมรับ H_0 นั้นคือ ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

การอภิปรายผลการศึกษา

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างไรก็ตามมีปัจจัยด้านระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมผู้บริโภคซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐณิชา นิสัยสุข [8] ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาและเก็บข้อมูล โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจะเป็นกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 400 คน ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลทางด้านระดับการศึกษา และรายได้เฉลี่ยต่อคนต่อเดือนไม่พบว่ามีผลต่อพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรของผู้บริโภค และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะประชากรศาสตร์กับพฤติกรรมผู้บริโภค พบว่า อายุของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมผู้บริโภคเป็นไปตามแนวคิด Schiffman and Wisenblit [9] ได้กล่าวว่า การแบ่งส่วนตลาดประชากรทำได้โดยการแบ่งกลุ่มของผู้บริโภคตามอายุ รายได้ เชื้อชาติ เพศ การประกอบอาชีพ สถานภาพสมรส ประเภทและขนาดของใช้ในครัวเรือน และที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ตัวแปรเหล่านี้มีวัตถุประสงค์ เชิงประจักษ์ และสามารถซักถามหรือการสังเกตได้อย่างง่ายดาย สิ่งเหล่านี้ช่วยให้นักการตลาดได้จำแนกผู้บริโภคแต่ละประเภทตามที่กำหนดไว้ได้อย่างชัดเจน เช่น กลุ่มอายุ หรือกลุ่มรายได้ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาไม่มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Christopher Ganและคณะ (2008) [10] ซึ่งได้ศึกษาพบว่าเพศ ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ด้านพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่ พบว่าปัจจัยด้าน เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง สอดคล้องกับงานวิจัยของปารมี พัฒนดุล [11] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี พบว่า เพศ อายุ อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีผลต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมไม่ต่างกัน อาจเป็นเพราะสินค้าเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคโดยทั่วไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของบุษยมาส ชื่นเย็น [12] ได้ทำการศึกษาการรับรู้ของผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคที่ออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม ในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ปัจจัยด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคที่ออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน และสอดคล้องแนวคิดศิริวรรณ เสรีรัตน์และคณะ [13] ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer behavior) หมายถึง การกระทำของบุคคลใดบุคคลหนึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดหาให้ได้มาแล้วซึ่งการใช้สินค้าและบริการ ทั้งนี้หมายรวมถึง กระบวนการตัดสินใจ และการกระทำของบุคคล

สรุปผลการวิจัย

1. พฤติกรรมผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวงในจังหวัดแพร่

2. ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของผู้บริโภค แต่ลักษณ์เกณฑ์ประชากรศาสตร์ด้านระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

IRECA (EVID)

ควรศึกษาปัจจัยด้านพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์จานจากวัสดุธรรมชาติเพื่อใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดแพร่ ที่ให้คำปรึกษา ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในจังหวัดแพร่ ห้องสมุดมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่อำนวยความสะดวกในการค้นคว้าจากเอกสาร วารสาร สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พงษ์ธร วิจิตรกูล. และคณะ. 2555. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟในการชิงเผาป่าเต็งรัง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ตุลาคม 2555 จังหวัดเชียงราย

[2] ทรงชัย ชุ่มภิรมย์ และคณะ. 2555. **การจัดการใบไม้เพื่อลดมลพิษทางอากาศช่วงวิจัยพัฒนาต้นแบบถุดูแล้งในเขตพื้นที่ลุ่ม.** กลุ่มงานศึกษาและพัฒนาการปลูกพืช. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาหวยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดาริ.

[3] Wicheez, R., Prangsuwan, P., Inchoie, S., Yuddi, C., & Churung, K. (2010). **Food container extrusion machine from leaves For replacement of foam and plastic boxes.** *The presentation form of the invention of the new generation Office of the Occupational Education Commission 2010.* Retrieved 2016 from http://www.satunatc.ac.th.

[4] Churung, K., Yuddika, C., & Premchai, R. (2011). ***Utilization of banana leaves by producing as an extrusion container, replacing food, foam and plastic boxes.*** **Academic work seminar.** Future Farmers of Thailand : (F.F.T.) Retrieved 2016

[5] Juntralux, N. & Watanasriyaku, S. 2012. **Design and Construction of Ware Forming Machine from Nature Pulp.** *Industrial Engineering Network Conference 2012*, 1770-1775.

[6] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี, ทิพารัตน์ สหตรงจิตร และ ลักขณา พันธุ์แสนศรี. 2564. **ผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ, จังหวัดแพร่, ระหว่าง วันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2564.

[7] Greenpeace, 2553. **รายงานประจำปี 2553.** Retrieved 2021 from https://www.greenpeace.or.th/report.

[8] พุทธชาด ตัณฑิกุล (2552, บทคัดย่อ) **ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องพฤติกรรมผู้บริโภคโยเกิร์ตแบบถ้วยของผู้บริโภคหญิงวัยรุ่น.**

[9] Leon Schiffman and Joseph L. Wisenblit. 2015. **Consumer Behavior**, 11th Edition.

[10] Gan, C., Wee, H. Y., Ozanne, L. And Kao, T. H. (2008).**Consumers' purchasing behavior towards green products in New Zealand**. Innovative Marketing 4/1, 93-102.

[11] ปารมี พัฒนดุล, 2559, ปัจจัยที่มีผลต่อการตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี, Veridian E-Journal, Silpakorn University. ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2559

[12] บุษยมาส ชื่นเย็น. ทำการศึกษาการรับรู้ของผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคที่ออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม ในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

[13] ศิริวรรณ เสรีรัตน์และคณะ (2541: 124 – 125) อ้างอิงจาก Kotler, Philip. (1999). Marketing Management ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer behavior)

TREC-14 (MJU)

การศึกษาอิฐทางเดินเท้าจากขยะ(เศษไม้ทั่วไป) ผสมเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว
The study of pedestrian bricks from garbage (general wood chips) mixed with Eggshells, Clam-shells, and Cow bones.

จีรัฐติกุล กล้าหาญ[1*] สุริยา มากล้น[1] สมบัติ กำ่มอญ[1] กานตยุทธ ตรีบุญนิธิ[1] และ กฤตภาส หอมระรื่น[1]
Jeerattikul Kaharn[1]*, Suriya Maklon[1] Sombat, Kammon[1] Kantayut, Treboonit[1] and Kittapas Homraruen[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
450 ถนนสุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

Abstract

The Faculty of Industrial Education Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi Campus, has conducted the waste separation management project. To utilize the sorted waste, the research team has transformed the waste into pedestrian bricks by using the briquette engineering process. The wood ash obtained from general dry wood shavings treated with fluidized bed incineration was mixed at a ratio of 1:1 by weight with crushed eggshell, cassette shells, and Cow bones, coordinated with water. After compacting into 5x5x5 cm3 mortar cubes, the cubes were divided into 2 parts, part 1 was incubated in water for 28 days and part 2 was incubated in the air for 28 days. Therefore, the mortar compressive strength was tested. The strength value from mixed with chicken eggshells, Cassette shells, and bovine bones for air curing was 15.71 kg/cm^2, 13.81 kg/cm^2, and 5.28 kg/cm^2 and the water at 12.46 kg/cm^2, 11.39 kg/cm^2, and 3.09 kg/cm^2 respectively. The conclusion was compressive strength of the mortar is the highest. It is a mixture of wood ash and eggshell from air curing It is suitable for use in making pedestrian bricks.

Keywords: Fluidizedbed Sintering, Mortar Strength, General Hard Wood Ash, Chicken Eggshell, Casket Shell, Ox Bone, Footpath Brick

บทคัดย่อ

จากการที่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ได้จัดทำโครงการจัดการคัดแยกขยะ ของคณะฯ เรียบร้อยแล้ว ทางคณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่าเมื่อมีการคัดแยกขยะเรียบร้อยแล้ว ควรนำขยะที่คัดแยกมาใช้ประโยชน์ ต่อไป จึงได้คิดหากระบวนการในการทำประโยชน์ โดยการนำขยะมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ อิฐทางเดินเท้า โดยใช้กระบวนการอัดก้อน ทางวิศวกรรมฯ และใช้อัตราส่วนในการจัดทำอิฐทางเดินเท้า (เถ้าไม้ผสมกับเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และเศษกระดูกวัว) เถ้าไม้ได้จากเศษไม้แห้งทั่วไปผ่านการเผาด้วยหลักการฟลูอิไดซ์เบด ส่วน เปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว นำมาบด โดยใช้อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และใช้น้ำเป็นตัวประสานเมื่อบดอัดจนเป็นก้อนมอร์ต้าขนาด 5x5x5 cm แล้วจึงนำลูกมอร์ต้า ที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปบ่มน้ำเป็นเวลา 28 วัน และส่วนที่ 2 นำไปบ่มอากาศเป็นเวลา 28 วัน จึงทำการทดสอบค่ากำลังอัดมอร์ต้า ของเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว สำหรับการบ่มด้วยอากาศ พบว่า 15.71 kg/cm^2, 13.81 kg/cm^2 และ 5.28 kg/cm^2 ตามลำดับ และสำหรับการบ่มด้วยน้ำ พบว่า 12.46 kg/cm^2, 11.39 kg/cm^2 และ 3.09 kg/cm^2 ตามลำดับ สรุปว่า ค่ากำลังอัดมอร์ต้าสูงที่สุด คือ ส่วนผสมของเถ้าไม้กับเปลือกไข่ไก่ จากการบ่มด้วยอากาศ มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ทำอิฐทางเดินเท้า

คำสำคัญ: การเผาด้วยฟลูอิไดซ์เบด, กำลังอัดมอร์ต้า, เถ้าหนักไม้ทั่วไป, เปลือกไข่ไก่, เปลือกหอยตลับ, กระดูกวัว, อิฐทางเดินเท้า

TREC-14(MJU)

บทนำ

การนำวัสดุจากธรรมชาติมาสร้างเป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งมีมาช้านานในประเทศไทยจะช่วยลดการใช้วัสดุอุตสาหกรรมของปูนซีเมนต์และเหล็ก และยังลดการใช้พลังงานในการผลิต[1] ต่อมาได้มีการนำอิฐมอญ มาใช้ในการก่อสร้างที่หาได้ง่าย มีเอกลักษณ์คือสีแดง ผลิตมาจากการเผาดินเหนียวนำมาสร้างบ้านหรือทำทางเดินประดับบ้านสวยงาม[2] ในการทำอิฐทางเดินเท้ามีการนำวัสดุต่าง ๆ มาทำมากมาย ได้แก่ วัสดุจากธรรมชาติ อย่างหินแกรนิต หินทราย หินกาบ ศิลาแลง ซึ่งมีความสวยงามเสมือนธรรมชาติ และคอนกรีตปูพื้น เป็นวัสดุทดแทนที่สร้างขึ้นสำหรับปูพื้นทางเดิน รับแรงอัดได้มาก ต่อมาได้มีการนำอิฐดินดิบไปใช้อย่างมากขึ้นโดยปกติอิฐดินดิบจะมีความหนาแน่นคิดต่อลูกบาศก์เมตรจะมีความหนาแน่นอยู่ที่ 1600 – 1920 kg/m^3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นของคอนกรีตโครงสร้าง ซึ่งถือว่ามีน้ำหนักค่อนข้างมาก[3]

จากที่กล่าวมาข้างต้นด้วยโครงการจัดการขยะของ คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี มีนโยบายการจัดการขยะในเขตและรอบรั่วมหาลัย โดยมีการคัดแยกขยะ เพื่อช่วยลดปริมาณขยะ และการนำกลับมารีไซเคิลจะเหลือขยะที่ต้องกำจัดน้อยลง ขยะที่มีการพบเห็นจากการแยกขยะในเขตและรอบรั่วมหาลัยส่วนใหญ่จะเป็นพลาสติก ใบไม้เศษไม้ที่ร่วงลงตามพื้น และเศษอาหารตามร้านอาหารตามสั่ง ร้านหมูกระทะ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำลายโดยการเผาและทำเป็นปุ๋ย

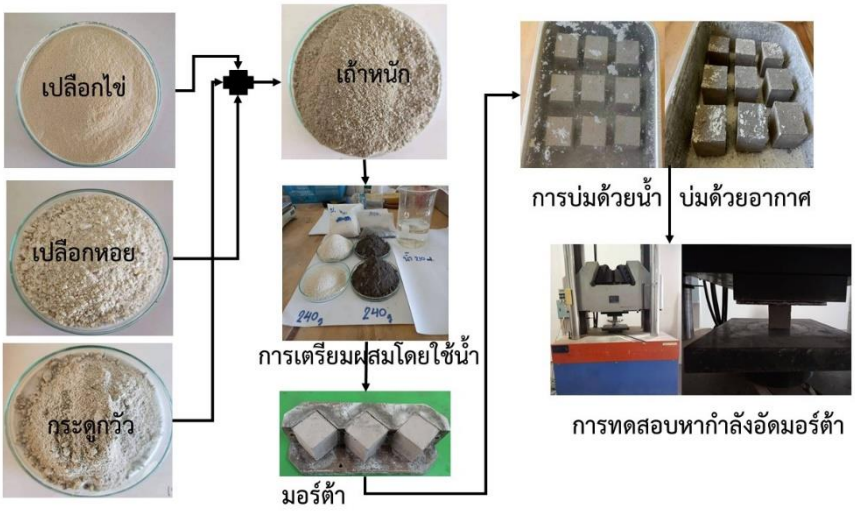
ทางกลุ่มผู้วิจัยถึงสนใจที่จะนำขยะที่ได้จากรอบ ๆ รั่วและภายในมหาลัยที่ผ่านการแยกเช่น เศษใบไม้ กิ่งไม้ และ เศษอาหาร เช่น เปลือกไข่ เปลือกหอย และกระดูดวัว มาทำอิฐทางเดินเท้า โดยเป็นการเพิ่มมูลราคาให้กับขยะ

วิธีการวิจัย

การเตรียมวัสดุและการทดลอง

1.1 การเตรียมวัสดุและอัตราส่วนผสมของลูกมอร์ต้า

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา คือเถ้าหนักจากเศษไม้ทั่วไปที่ผ่านกระบวนการเผาด้วยหลักการฟลูอิไดซ์เบด มีลักษณะเป็นสีเทา และนำมากรองด้วยตะแกรง ส่วนเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว นำมาล้างน้ำมาและอบที่อุณหภูมิ 105 ℃ เวลา 24 ชั่วโมง และปั่นให้มีความละเอียด 100 μ นำมาผสมในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้น้ำเป็นตัวประสารที่ 100 ml โดยที่วัสดุทั้ง 3 ชนิดที่นำมาทำการศึกษาเป็นของเหลือทิ้ง ที่ได้จากโครงการจัดการขยะ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี งานวิจัยนี้ทดสอบค่ากำลังอัดมอร์ต้าของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป) ผสมกับเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว โดยที่มีอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เติมน้ำเป็นส่วนผสมที่ความชื้นร้อยละ 25 % จากนั้นทำการผสมนำไปเทลงบล็อกลูกมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 cm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในห้องปฏิบัติการดังแสดงภาพที่ 1.



ภาพที่ 1. กระบวนการขึ้นรูปลูกมอร์ต้าจากเถ้าหนักของขยะ(ไม้ทั่วไป) ผสมเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว

1.2 การหาความหนาแน่นของลูกมอร์ต้า

การนำตัวอย่างลูกมอร์ต้าที่อัตรา 1:1 (เถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป)ผสมเปลือกไข่ไก่ ผสมเปลือกหอย และผสมกระดูกวัว) โดยใช้เครื่องมือกระทุ้งให้สุดความหนาของชั้นที่กำลังเท และควรกระทุ้งให้ถึงหรือเลยเข้าไปในระยะประมาณ 10 cm การใช้

เกรียงตบตรงหน้าจะช่วยลดความขรุขระที่ผิว และลดรูช่องว่างที่เกิดจากฟองอากาศด้วย สำหรับการกระทุ้งลูกมอร์ต้าที่ค่อนข้างแห้งด้วยมือ จะใช้เครื่องมือที่มีผิวหน้าเรียบ และหนักตบตรงผิวจนกระทั่งมอร์ต้าร์ปรากฏเป็นแผ่นบาง ๆ ขึ้นที่ผิวซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงว่าช่องว่างในมวลรวมนั้นแทรกเต็ม ดังสมการ [4]

$$P = m / v \quad (\ g/cm^3\ ) \qquad [1]$$

โดยที่ P คือ ความหนาของวัตถุมีหน่วยเป็นกรัมต่อ (g/cm^3)

V คือ ปริมาตร (cm^3)

1.3 ระยะเวลาการบ่มที่มีผลต่อการหาแรงอัดประลัยของลูกมอร์ต้า

การบ่มลูกมอร์ต้าทำการเปรียบเทียบโดยการบ่มด้วยน้ำจำนวน 28 วัน นำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงเพื่อวัดการสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยของน้ำและวัดค่า pH ของน้ำ เมื่อครบการบ่มด้วยน้ำแล้วนำลูกมอร์ต้าไปห่อตัวอย่างด้วยฟิล์มพลาสติกและทำการบ่มด้วยอากาศที่อุณหภูมิห้องปกติจนครบอายุ 28 วัน นำการบ่มทั้งสองมาทำการเปรียบเทียบความหนาแน่นกับกำลังอัด เมื่อครบอายุของการบ่มลูกมอร์ต้า นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด จากนั้นนำไปทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องทดสอบ UTM (Universal Tensile Machine)

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบคววามหนาแน่นจากการบ่มลูกมอร์ตาร์

ชนิดของลูกมอร์ต้า	ความหนาแน่น (บ่มด้วยน้ำ) (g/cm^3)	28 วัน (บ่มด้วยน้ำ) (kg/cm^2)	ค่า pH ของน้ำ	ความหนาแน่น (บ่มด้วยอากาศ) (g/cm^3)	28 วัน (บ่มด้วยอากาศ) (kg/cm^2)
เถ้าหนักผสมเปลือกไข่	1.37	12.46	11.72	1.46	15.71
เถ้าหนักผสมเปลือกหอย	1.25	11.39	11.29	1.35	13.81
เถ้าหนักผสมกระดูกวัว	0.97	3.09	11.45	1.08	5.28

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

คุณลักษณะทางกายภาพของการบ่มด้วยน้ำของลูกมอร์ต้ากับการเปรียบเทียบการบ่มด้วยอากาศ

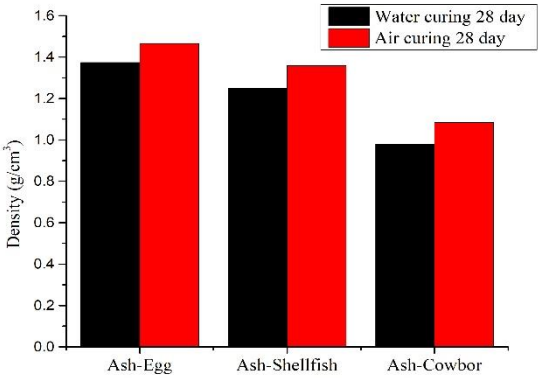
จากภาพที่ 2. คุณลักษณะสมบัติทางกายภาพของลูกมอร์ต้า ที่เกิดจากการผสมของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป)ใช้แทนปูนซีเมนต์ นำไปหาส่วนผสมจาก เปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว ซึ่งตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกันดังนี้ เปลือกไข่ มีองค์ประกอบทางเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์[5] ส่วนเปลือกหอยตลับมีองค์ประกอบของมีแคลเซียมออกไซด์ (Ca O) ร้อยละ 60.1 [6] และกระดูกวัว แคลเซียมประมาณ 27 % บดละเอียด ซึ่งจะทำให้ปริมาณแคลเซียมสูง [7] เมื่อนำตัวอย่างวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มาขึ้นรูปมอร์ต้าที่อัตราส่วน 1: 1 มีลักษณะพื้นผิวมีสีผิวออกเทาอ่อน เทาเข้มแกมขาว และสีเทาเข้ม ซึ่งลักษณะทั่วไปของพื้นผิวภายนอกเรียบเสมอกันการหดตัวลดลง จากตัวอย่างของดินเหนียวผสมเถ้าลอยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีลักษณะพื้นผิวภายนอกโดยรวมลักษณะผิวเรียบเสมอกัน รูพรุน รอยแตกร้าว การหดตัวลดลงและมีสีเทาแก่ถึงเทาอ่อน [8] เมื่อเทียบลักษณะของสีและพื้นผิวมีลักษณะคล้ายกัน

ภาพที่ 2. ลูกมอร์ต้า เถ้าหนักผสม (ก.)เปลือกไข่ไก่ (ข.)เปลือกหอยตลับ และ (ค.)กระดูกวัว

TRSC14 (MJU)

ความหนาแน่นของลูกมอร์ต้าเทียบกับการบ่มด้วยน้ำและอากาศ 28 วัน

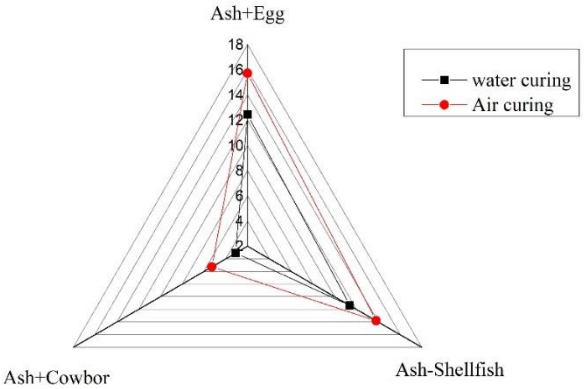
จากภาพที่ 3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของมอร์ต้าที่อัตราส่วน 1:1 ที่ได้จากการผสมของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป) ผสมกับเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอย และกระดูกวัว โดยการเปรียบเทียบกับการบ่มด้วยน้ำกับการบ่มด้วยอากาศจำนวน 28 วันที่เท่ากันพบว่าค่าความหนาแน่นของการบ่มด้วยน้ำอยู่ที่ 1.37 g/cm^3 , 1.25 g/cm^3 และ 0.97 g/cm^3 ส่วนการบ่มด้วยอากาศ 1.46 g/cm^3 , 1.35 g/cm^3 และ 1.08 g/cm^3 จากตัวอย่างของการนำเถ้าหนักแทนทรายพบว่าค่าความหนาแน่นอยู่ที่ช่วง 2.24-1.81 g/cm^3 โดยการมีการบ่ม 28 วัน ตามลำดับ จากการเทียบพบว่าตัวอย่างของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป) ผสมเปลือกไข่ไก่มีค่าเข้าใกล้ ปริมาณความหนาแน่นของเถ้าหนักแทนด้วยทราย [9]



ภาพที่ 3. แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของมอร์ตาร์

กำลังอัดของลูกมอร์ต้าเทียบกับอายุการบ่ม

จากภาพที่ 4. แสดงกำลังอัดของลูกมอร์ต้าที่ได้จากการบ่มด้วยน้ำเทียบกับการบ่มด้วยอากาศ จากการผสมเถ้าหนักแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ ในสัดส่วนที่เท่ากัน ผสมกับมวลรวมละเอียดประกอบด้วย ส่วนผสมของเปลือกไข่ เปลือกหอย และกระดูกวัว ในอัตราส่วน 1: 1 พบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าที่เกิดขึ้นที่ 15.71 , 13.81 , และ 5.28 kg/cm^2 เป็นการบ่มด้วยอากาศเทียบกับการบ่มด้วยน้ำพบว่ากำลังอัดที่เกิดขึ้นที่ 12.46 , 11.39 และ 3.09 kg/cm^2 ของแต่ส่วนผสมตามลำดับ จากตัวอย่างกำลังอัดของดินเหนียวผสมเถ้าลอยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีค่ากำลังอัดของชุดควบคุมที่เกิดขึ้น 2.21, 4.28, และ11.01 kg/cm^2 [10] เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างกำลังอัดของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป) ผสมเปลือกไข่ ผสมเปลือกหอย และผสมกระดูกวัว มีกำลังอัดใกล้เคียงกันกับดินเหนียวผสมเถ้าลอยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นตามระยะการบ่ม มีแนวโน้มของกำลังอัดมอร์ต้าที่มีส่วนผสมของเปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว แทนที่ด้วยทราย ในอัตรา 1:1 กำลังอัดเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน ขณะที่กำลังอัดของเถ้าหนัก(ไม้ทั่วไป)ผสมเปลือกไข่ไก่ ในอัตรา 1:1 พบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าที่เกิดขึ้นที่ 15.71 kg/cm^2 เป็นการบ่มด้วยอากาศ และการบ่มด้วยน้ำพบว่ากำลังอัดที่เกิดขึ้นที่ 12.46 kg/cm^2 พฤติกรรมนี้จะพบได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเถ้าหนักแทนที่ปูนซีเมนต์ผสมเปลือกไข่ไก่แทนที่ทราย อัตราส่วน 1:1 บ่มด้วยอากาศ บ่มด้วยน้ำ กำลังอัดเพิ่มสูงขึ้นเหมาะกับการนำไปทำอิฐทางเดินเท้าต่อไป



ภาพที่ 4. แสดงกำลังอัดของลูกมอร์ต้าจากการบ่มด้วยน้ำเทียบกับการบ่มด้วยอากาศจำนวน 28 วัน (kg/cm^2)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาทำอิฐทางเดินเท้า โดยการเปรียบเทียบวัสดุทั้ง 3 ชนิดได้แก่ เปลือกไข่ไก่ เปลือกหอยตลับ และกระดูกวัว ที่นำมาผสมกับเถ้าหนักจากเศษไม้ทั่วไปที่ผ่านการเผาด้วยวิธีการฟลูอิไดซ์เบด โดยการหากำลังอัดจากลูกมอร์ต้าชีวมวล โดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นกับกำลังอัด และการบ่มด้วยอากาศ และการบ่มน้ำในเวลา 28 วันในระดับห้องปฏิบัติการ สรุปได้ได้ว่าค่าความหนาแน่นและกำลังอัดที่ดีที่สุดคือการผสมของเปลือกไข่ไก่อัตราส่วน 1:1 อยู่ที่ 1.46 g/cm^3 , 15.71 kg/cm^2 การบ่มด้วยอากาศ และที่ 1.37 g/cm^3 , 12.46 kg/cm^2 เป็นการบ่มด้วยน้ำ ตามลำดับ ทางผู้วิจัยจึงเลือกส่วนผสมของเปลือกไข่ไก่และที่อัตราส่วน 1:1 ที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นไปทำอิฐทางเดินเท้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเสร็จลุลวงไปได้ด้วยดีทางผู้วิจัยขอขอบคุณทางคณาจารย์ที่ร่วมวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของอุปกรณ์การขึ้นรูปมอร์ต้า และบ๊อคสำหรับขึ้นรูปอิฐทางเดินเท้าจากชีวมวล รวมถึงการใช้เครื่องวิเคราะห์หากำลังอัด (UTM)

เอกสารอ้างอิง

[1] ประชุมคำพุฒและคณะ. การปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐดินดิบด้วยน้ำยางธรรมชาติ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, พัทยา ชลบุรี,ประเทศไทย, 14-16 พฤษภาคม 2551:262 – 268

[2] การทำอิฐมอญ เทศบาลนางลือ อำเภอเมืองจังหวัดชัยนาท

[3] Kumar, S. A perspective study on fly ash–lime gypsum bricks and hollow blocks for low cost housing development. Construction and Building Materials. 2002; 16(8):519-525

[4] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ มอก. 2752 เล่ม 13 -25XX

[5] เสาวภา ไวยสุขศรี (2558) การกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกค์จากเปลือกไข่ไก่ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[6] เอนก สาวะอินทร์ และ ชุตินุช สุจริต การรีไซเคิลเปลือกหอยตลับเพื่อผลิตปูนขาวสำหรับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557

[7] อภินันท์ จันทร์ทอง ผลของการใช้กระดูกป่นและไดแคลเซียมฟอสเฟตขุนโคเนื้อ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

[8] พุฒิพัทธ์ ราชคา และ ธีรวัฒน์ สินศิร การศึกษาคณุ สมบตีของอิฐดินเหนียวมวลเบาผสมเถ้าลอย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บทความวิจัย วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2559

[9] ปิ ญชาน์ ต่อกิตติกุล และทนงศักดิ์ โนไชยา กำลังอัด ความหนาแน่น และกำรนำควำมร้อนของมอร์ตำร์ผสมเถ้ำลอยและเถ้ำหนัก Proceedings The 7th National Science Research Conference. 30-31 March 2015. Naresan University.

[10] พุฒิพัทธ์ ราชคา และ ธีรวัฒน์ สินศิร การศึกษาคณุ สมบตีของอิฐดินเหนียวมวลเบาผสมเถ้าลอย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ บทความวิจัย วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2559

IREC-14 (MJU)

หลังคาที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน กรณีศึกษา จ.พิษณุโลก
Optimum Roof for Office Building Case Study Phitsanuloke Province

ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา[1*] ,นิรชา เขียวหลาน[1] ,พิชากร เสรีอรุโณ[1] และ สมชาย เมอแล[1]
Sitphan Kanla[1*] Niracha Khewlhan[1] Pichakorn Seriauno[1] and Somchai Moelae[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
*ติดต่อ: Sitphank@nu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-5596-4230-31, เบอร์โทรสาร 0-5596-4004

Abstract

This research aims to study compare and analyze the lowest life cycle cost of suitable roof shapes and materials to reduce air conditioning energy consumption of a model of a 4-storey office building, each floor measuring 20x25x3 m^3 in Phitsanuloke province. Considered from 3 shapes of roofs: gable, hipped, and lean-to roof. Choose 3 types of roofing materials, concrete tiles, fiber cement tiles and metal sheets Including installation of insulation, such as polyethylene insulation 5, 10 mm. thick, glass fiber insulation 50, 75 mm thick, and air bubble insulation 8, 12 mm. thick, respectively. The cooling capacity of the air conditioner is calculated from the peak cooling load value by Cooling Load Transfer Difference (CLTD) method

The results showed that in case of the roof is not insulated, the lean to roof with fiber cement tiles has the lowest life cycle cost. Insulated roof case, the lean to roof with fiber cement tiles of 12 mm. thick air-bubble insulated has the lowest life cycle cost.

Keywords: Roof, Energy Saving, Life Cycle Cost

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา เปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของรูปทรงและวัสดุหลังคาที่เหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศของแบบจำลองอาคารสำนักงาน 4 ชั้น แต่ละชั้นมีขนาด 20x25x3 m^3 ในจังหวัดพิษณุโลก พิจารณาจากหลังคา 3 รูปทรง คือ หน้าจั่ว ปั้นหยาและเพิงหมาแหงน เลือกใช้วัสดุมุงหลังคา 3 ชนิด คือ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์และเมทัลชีท รวมถึงติดตั้งฉนวน ได้แก่ ฉนวนโพลีเอทิลีน หนา 5, 10 มิลลิเมตร ฉนวนใยแก้ว หนา 50, 75 มิลลิเมตร และฉนวนแอร์บับเบิ้ล หนา 8, 12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขนาดของเครื่องปรับอากาศคำนวณจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดด้วยวิธี Cooling Load Transfer Difference (CLTD)

ผลการศึกษาพบว่า กรณีหลังคาไม่มีการติดตั้งฉนวน หลังคารูปทรงเพิงหมาแหงนมุงด้วยกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด กรณีหลังคาติดตั้งฉนวน หลังคารูปทรงเพิงหมาแหงนมุงด้วยกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ติดตั้งฉนวนแอร์บับเบิ้ล หนา 12 มิลลิเมตร มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด

คำสำคัญ: หลังคา ประหยัดพลังงาน ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

บทนำ

จากสภาวะวิกฤตการณ์ด้านพลังงานในปัจจุบันนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้วิศวกรและสถาปนิคต้องตระหนักถึงการออกแบบและเลือกวัสดุเปลือกอาคารที่เหมาะสมเพื่อการป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารให้มากที่สุด [1] ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ของหลังคาซึ่งเป็นเปลือกอาคารส่วนที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมตลอดเวลาในช่วงกลางวัน [2] การเลือกรูปแบบและวัสดุหลังคาที่ดีจะช่วยให้ลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ รวมถึงการติดตั้งฉนวนหลังคามีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทย [3] ดังนั้นการเลือกรูปแบบหลังคา วัสดุมุงหลังคา และฉนวนที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในอาคาร

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษา เปรียบเทียบและวิเคราะห์หารูปทรงหลังคา ชนิดวัสดุมุงหลังคา และชนิดของฉนวนที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน (ใช้งานเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน) ที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost; LCC) มีค่าต่ำที่สุด

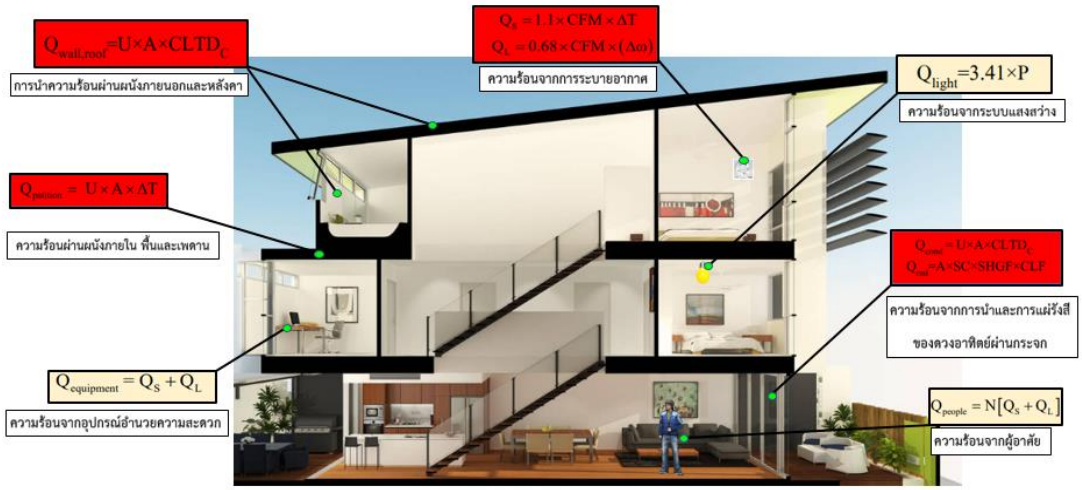
TREC-14 (MJO)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หารูปทรงหลังคา ชนิดวัสดุมุงหลังคา และฉนวนที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน ในจังหวัดพิษณุโลก

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์หาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของอาคารด้วยวิธี Cooling Load Temperature Difference (CLTD) เป็นวิธีคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำผลรวมของภาระการทำความเย็นที่ผ่านเปลือกอาคาร ซึ่งอยู่ในรูปของการนำความร้อนที่ได้จากการคำนวณโดยวิธี transfer function มาแปลงเป็นผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient, U) ของเปลือกอาคาร กำหนดให้ค่า CLTD แทนค่าผลต่างของอุณหภูมิ โดยพิจารณาถึง ผลกระทบของการหน่วงทางความร้อนของวัสดุ (Thermal Delay Effect) และนำค่าภาระการทำความเย็นของเปลือกอาคารมารวมกับภาระต่างๆ ที่เกิดขึ้น [4} ดังแสดงในภาพที่ 1.

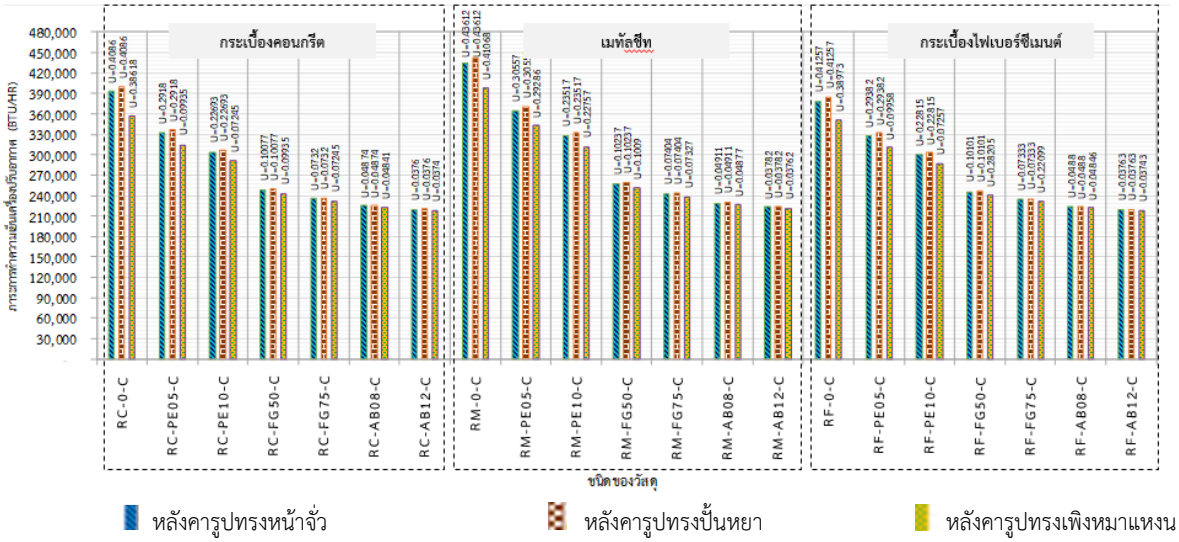


ภาพที่ 1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในอาคาร

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษา เปรียบเทียบและวิเคราะห์หาค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ซึ่งเป็นผลรวมของ 1.ค่าวัสดุและค่าแรงก่อสร้างหลังคา 2.ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 3.มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี ของแบบจำลองอาคารสำนักงาน 4 ชั้น แต่ละชั้นมีขนาด 20x25x3 m^3 ในจังหวัดพิษณุโลก พิจารณาจากหลังคา 3 รูปทรง คือ หน้าจั่ว ขนาด 686 m^2 ปั้นหยา ขนาด 705 m^2 และเพิงหมาแหงน ขนาด 674 m^2 เลือกใช้วัสดุมุงหลังคา 3 ชนิด คือ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์และเมทัลชีท รวมถึงติดตั้งฉนวนบนฝ้าเพดาน ได้แก่ ฉนวนโพลีเอทิลีน หนา 5, 10 mm. ฉนวนใยแก้ว หนา 50, 75 mm. และฉนวนแอร์บับเบิ้ล หนา 8, 12 mm. ขนาดของเครื่องปรับอากาศคำนวณจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดด้วยวิธี CLTD

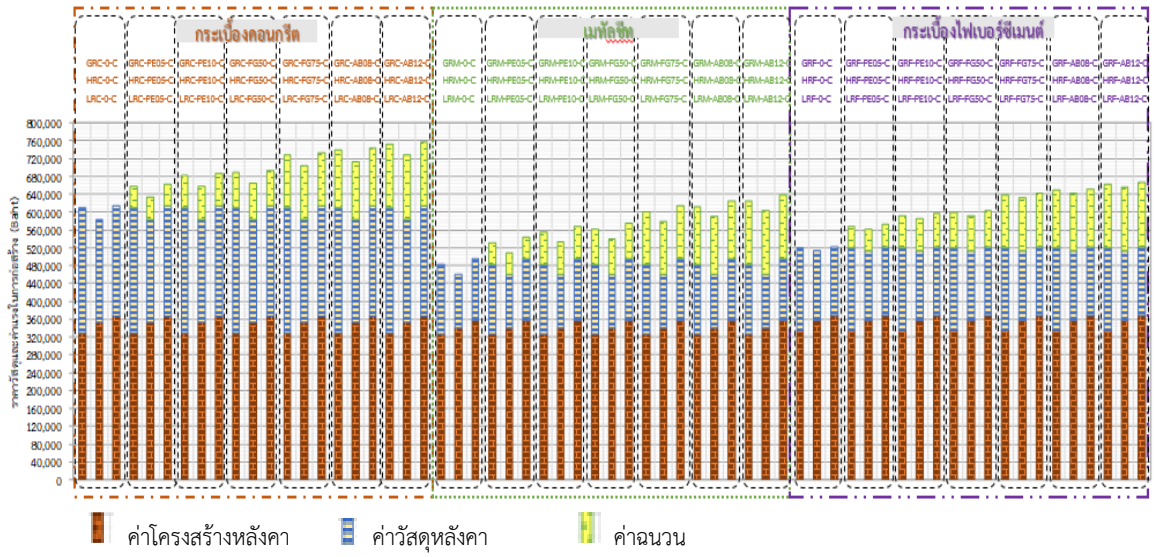
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย



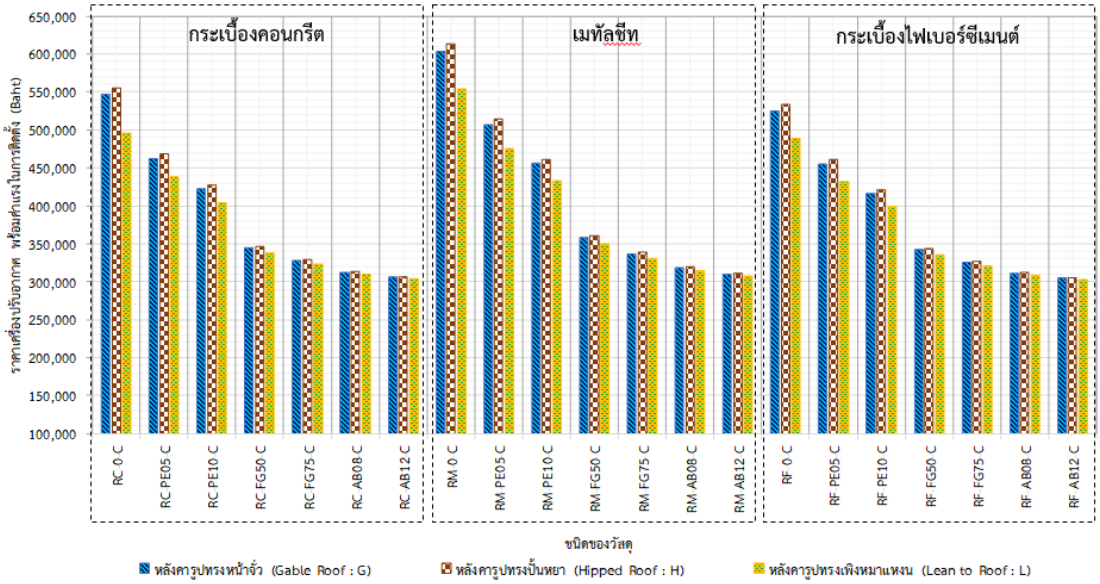
ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของหลังคาแต่ละรูปทรง/วัสดุมุง/ฉนวน

จากภาพที่ 2 เมื่อพิจารณารูปทรงของหลังคาพบว่าเพลิงหมาแหงนมีค่าภาระการทำความเย็นต่ำที่สุด และปั้นหยามีค่าสูงที่สุด เนื่องจากอิทธิพลของมุมเอียงและขนาดพื้นที่ของหลังคา เมื่อพิจารณาวัสดุมุงหลังคาพบว่ากลุ่มกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์มีค่าภาระการทำความเย็นต่ำที่สุด และกลุ่มเมทัลชีทมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม (U) ที่ค่าสูง และเมื่อพิจารณากลุ่มฉนวนพบว่าในกลุ่มของแอร์บับเบิ้ลมีค่าภาระความเย็นส่วนต่ำที่สุด และกลุ่มของโพลีเอทิลีนมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากค่า U มีค่าสูง

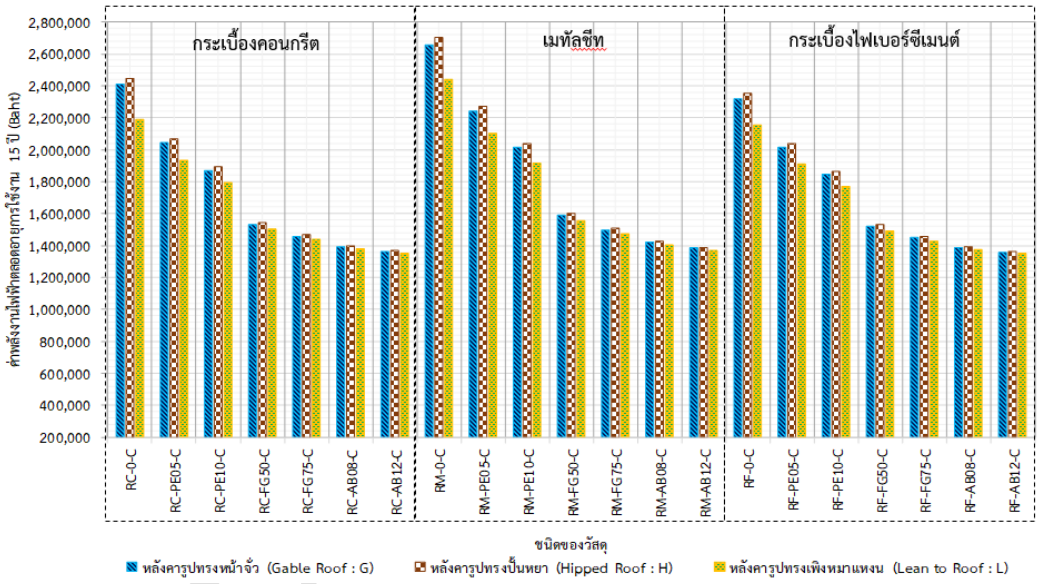
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างหลังคาในภาพที่ 3 พบว่าหลังคารูปทรงปั้นหยามีค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างต่ำที่สุด เพลิงหมาแหงนมีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาวัสดุมุงหลังคาพบว่ากลุ่มเมทัลชีทมีค่าวัสดุและค่าแรงต่ำที่สุด กลุ่มกระเบื้องคอนกรีตมีค่าสูงที่สุด และเมื่อพิจารณากลุ่มฉนวนพบว่าในกลุ่มโพลีเอทิลีนมีค่าวัสดุและค่าแรงต่ำที่สุด กลุ่มของแอร์บับเบิ้ลมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของราคาวัสดุ



ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัสดุและค่าแรงก่อสร้างของหลังคาแต่ละรูปทรง/วัสดุมุง/ฉนวน



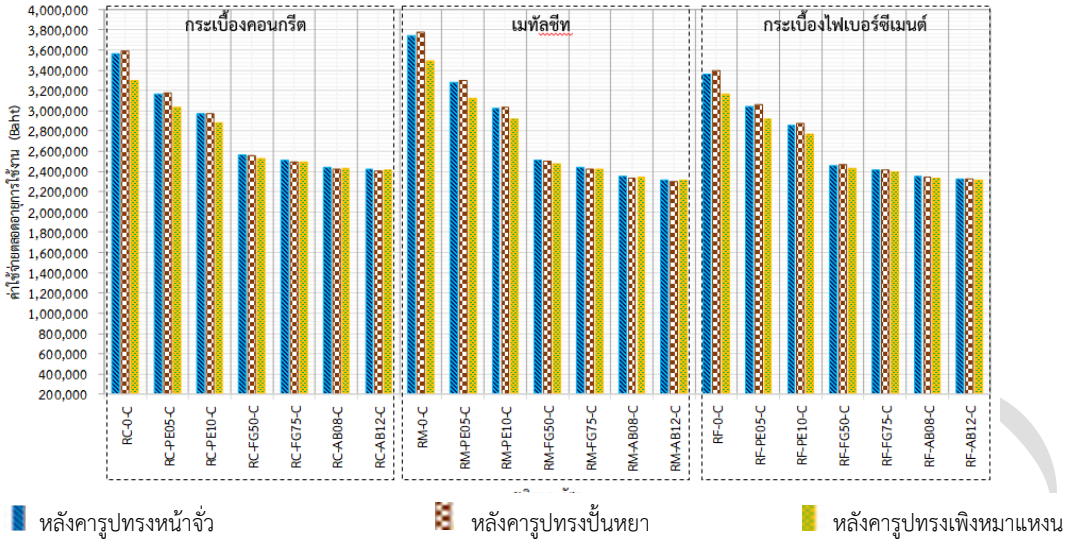
ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบราคาและค่าแรงติดตั้งเครื่องปรับอากาศของหลังคาแต่ละรูปทรง/วัสดุมุง/ฉนวน



ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าของหลังคาแต่ละรูปทรง/วัสดุมุง/ฉนวน

ราคาและค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศในภาพที่ 4 รวมถึงมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าในภาพที่ 5 นั้นจะแปรผันโดยตรงตามขนาดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในภาพที่ 2 โดยเมื่อพิจารณารูปทรงของหลังคาพบว่าเพลิงหมาแหงนมีราคาและค่าติดตั้งรวมทั้งมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่ำที่สุด และปั้นหยามีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาวัสดุมุงหลังคาพบว่ากลุ่มกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์มีราคาและค่าติดตั้งรวมทั้งมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่ำที่สุด และกลุ่มเมทัลชีทมีค่าสูงที่สุด และเมื่อพิจารณากลุ่มฉนวนพบว่าในกลุ่มของแอร์บับเบิ้ลมีราคาและค่าติดตั้งรวมทั้งมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่ำที่สุด และกลุ่มของโพลีเอทิลีนมีค่าสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานในภาพที่ 6 พบว่าหลังคารูปทรงเพลิงหมาแหงนมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด และปั้นหยามีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาวัสดุมุงหลังคาพบว่ากลุ่มกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด และกลุ่มเมทัลชีทมีค่าสูงที่สุด และเมื่อพิจารณากลุ่มฉนวนพบว่าในกลุ่มของแอร์บับเบิ้ลมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด และกลุ่มของโพลีเอทิลีนมีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานนั้นจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในภาพที่ 5



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของหลังคาแต่ละรูปทรง/วัสดุมุง/ฉนวน

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด กรณีหลังคาไม่ติดตั้งฉนวน คือ หลังคารูปทรงเพิงหมาแหงนมุงด้วยกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ส่วนกรณีติดตั้งฉนวน คือ หลังคารูปทรงหมาแหงนมุงหลังคาด้วยกระเบื้องไฟเบอร์ฉนวนแอร์บับเบิ้ล หนา 12 mm.

และหากพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของรูปทรงหลังคาทั้งหน้าจั่ว ปั้นหยาและเพิงหมาแหงนที่มุงด้วยเมทัลชีทหรือกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์พร้อมติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 50 mm. หรือ 75 mm. หรือติดตั้งฉนวนแอร์บับเบิ้ล หนา 8 mm. หรือ 12 mm. จะพบว่ามีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นในทางปฏิบัติวิศวกรและ สถาปนิคก็สามารถที่แนะนำเจ้าของอาคารเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาและฉนวนดังกล่าวข้างต้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1.] วิศกร นภีรงค์. (2549). **อิทธิพลของมุมอียงต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคา.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2.} ฮานาน ซาเระ และ กูสกานา กูบาฮา. (2559). หลังคาที่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัยในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 23(1), 50-59.

[3.] สมบูรณ์ ติรสิสิทธิ์. (2543). การลดความร้อนผ่านระบบหลังคา และการหาค่า U และ CLTD สำหรับหลังคาในกรุงเทพมหานคร.วารสารวิชาการวิศวกรรมปรับอากาศ. 6(11), 66-70

[4.] ASHRAE Fundamental. American Society of Heating, refrigerating, and Air Conditioning Engineers.2021

การพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีนสำหรับควบคุมการผลิตถ่านดูดกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชุมชน
Development of Rapid Iodine Number Test Kit for Deodorizing Charcoal Quality Control of Community Product

โสรญา สุวรรณฝน[1]* นันทนา โพธิ์แสง[1] สุวัฒน์ สูงเลิศส่งฟ้า[1] อารีย์ ไวยรัชพานิช[1] อภิชาติ คงแป้น[2] ภัทราณี นาคคงคำ[2] จันที ชัยสิทธิ์[3] และเทียนทอง หัดโนนตุ่น[3]

Soraya Suwannafon[1*] Nantana Phosaeng[1] Suwat Soonglerdsongpha[1] Aree Wairatpanich[1] Apichart Kongpann[2] Pattanee Nakkhongkham[2] Chantee Chaisit[3] and Tiantong Hatnontun[3]

[1] ฝ่ายวิจัยเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันนวัตกรรม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) พระนครศรีอยุธยา 13170

[2] โครงการนวัตกรรมสร้างรอยยิ้ม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 10900

[3] วิสาหกิจชุมชนพออินคำแคน ขอนแก่น 40160

Abstract

Production of deodorizing charcoal from cassava rhizomes has been promoting to solve the problem of agricultural wastes by converting wastes into value added products in accordance with the circular economy concept. Deodorizing Charcoal is one of the community products that can be applied for community product standard certification to ensure that the product is qualified, the Community Product standard no. 180/2563 with an iodine number of not less than 150 mg/g. Nowadays, the quality of deodorizing charcoal production is not well controlled and the product quality is not consistency. Therefore, the objective of this study aimed to improve production process of deodorizing charcoal and develop the iodine number test kit which easy to apply for community product quality control. The results showed that the average of iodine number after improving the production process by control amount of fuel and temperature (224±29.70 mg/g) was higher and more consistency than those of iodine number before improvement (178 ± 83.38 mg/g).. Development of Iodine Number Test Kit for product quality control was adapted and simplified from ASTM D4607-14. The result showed that ranges of iodine number from the iodine number test kit was significantly correlated with iodine number resulted from ASTM D4607-14. Moreover, the cost and time reduction for sample analysis are benefit from the I.N. test kit compared to ASTM standard analysis.

Keywords: Deodorizing charcoal, Community product, Iodine number, Quality control

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านดูดกลิ่นจากเหง้ามันสำปะหลังเป็นหนึ่งในการจัดการปัญหาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้รับการส่งเสริมอย่างแพร่หลาย โดยการเปลี่ยนของเสียให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยถ่านดูดกลิ่นจากเหง้ามันฯ เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถขอรับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เลขที่ 180/2563 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและเสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคได้ โดยมาตรฐานกำหนดให้ค่าไอโอดีนของถ่านดูดกลิ่นต้องไม่น้อยกว่า 150 mg/g อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการผลิตถ่านดูดกลิ่นของชุมชนยังไม่สามารถควบคุมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานทุกรอบการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีนเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีที่ชุมชนสามารถดำเนินการเองได้ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จากผลการวิจัย พบว่า ตัวอย่างถ่านดูดกลิ่นหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงและอุณหภูมิการเผาให้คงที่ (ค่าไอโอดีนเฉลี่ย 224±29.70 mg/g) ทำให้ถ่านมีค่าไอโอดีนสูงกว่าและมีความแปรปรวนน้อยกว่า ตัวอย่างถ่านดูดกลิ่นก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิต (ค่าไอโอดีน ค่าเฉลี่ย 178 ± 83.38 mg/g) นอกจากนี้ ผลการทดสอบค่าไอโอดีนที่แปลผลได้จากชุดทดสอบ มีความสัมพันธ์กับค่าไอโอดีนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D4607-14 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบค่าไอโอดีนสามารถนำมาใช้ทดแทนวิธีมาตรฐาน ASTM D4607-14 เพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนเบื้องต้นได้ ซึ่งมีขั้นตอนการใช้ง่ายที่น้อยลง และสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาทดสอบได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ถ่านดูดกลิ่น ผลิตภัณฑ์ชุมชน ค่าไอโอดีน การควบคุมคุณภาพ

TREC-14 (MJU)

บทนำ

เหง้ามันสำปะหลังเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 3.4 ล้านตันต่อปี ซึ่งมีการนำกลับไปใช้งานเพียงเล็กน้อยและยังคงเหลืออยู่ในระบบประมาณ 3.35 ล้านตัน [1] เพื่อลดปัญหาขยะจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ เหง้ามันสำปะหลังจึงถูกนำไปแปรรูปและใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ถ่านเชื้อเพลิง ถ่านชีวภาพ และถ่านดูดกลิ่น เป็นต้น [2] ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการของเสียตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ถ่านดูดกลิ่นจากเหง้ามันฯ เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและได้รับการรับรองจะช่วยสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี สำหรับถ่านดูดกลิ่นที่เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เลขที่ 180/2563 โดยผลิตภัณฑ์ต้องมีค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า 150 mg/g ในปัจจุบันกระบวนการผลิตถ่านดูดกลิ่นของชุมชนยังไม่สามารถควบคุมให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานได้ทุกรอบการผลิต โดยทั่วไปแล้ววัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น เหง้ามันสำปะหลัง ชานอ้อย ซังข้าวโพด เป็นต้น เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการทำถ่านหรือการคาร์บอไนเซชันเป็นการไพโรไลซีส (Pyrolysis) ที่การเผาไหม้เกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยมาก [3] ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ได้ถ่านที่มีรูพรุนมากกว่าวัตถุดิบตั้งต้น อย่างไรก็ตาม หากทำการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 200-400 องศาเซลเซียส จะทำให้ยังคงมีน้ำมันทาร์ตกค้างอยู่ภายในช่องว่าง หรือเกาะอยู่ตามผิว [4-5] หากต้องการให้ถ่านมีความพรุนมากขึ้นสามารถทำได้โดยการกระตุ้นซึ่งทำได้ทั้งการกระตุ้นทางเคมี และการกระตุ้นทางกายภาพ นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของถ่านในห้องปฏิบัติการนั้น พบว่า ในขั้นตอนคาร์บอไนเซชันจะใช้อุณหภูมิคงที่ในช่วง 400-900 องศาเซลเซียส ตัวอย่างถ่านมีค่าไอโอดีนตั้งแต่ 245 - 521.52 mg/g [6-8]

นอกจากนี้ การตรวจสอบคุณภาพถ่านดูดกลิ่นที่ชุมชนผลิตได้ ยังมีความจำเป็นต้องส่งให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เพื่อทดสอบคุณภาพ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการดำเนินการ และชุมชนไม่สามารถทดสอบได้เอง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีน (I.N. test kit) สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถ่านดูดกลิ่น โดยชุมชนสามารถใช้งานได้ง่าย สามารถทดสอบได้เอง เพื่อช่วยในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ถ่านดูดกลิ่นให้ได้มาตรฐานทุกรอบการผลิต

วิธีการวิจัย

กระบวนการผลิตถ่านดูดกลิ่น

กระบวนการผลิตถ่านดูดกลิ่นของวิสาหกิจชุมชนพออินคำแคน ต.คำแคน อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง การเตรียมวัตถุดิบเหง้ามันสำปะหลังโดยการตัดเหง้ามันฯให้มีขนาด ประมาณ 20-40 cm. แล้วนำไปตากแดดประมาณ 1-2 สัปดาห์เพื่อลดความชื้นในวัตถุดิบให้มีค่าไม่เกิน 40% และขั้นตอนที่สองการทำให้เป็นถ่าน โดยนำเหง้ามันฯที่เตรียมได้จากขั้นตอนแรกบรรจุลงในเตาเผาชั้นใน เติมเชื้อเพลิงบริเวณเตาเผาชั้นนอก และจุดไฟเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเผาไหม้ทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและนำตัวอย่างถ่านออกจากเตา แสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตถ่านดูดกลิ่นจากเหง้ามันสำปะหลัง

การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนตามวิธีมาตรฐาน ASTM D4607-14

นำตัวอย่างถ่านที่บดและร่อนผ่าน Mesh-325 (44 ไมครอน) ไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ชั่งและบันทึกน้ำหนักถ่าน จากนั้นใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตร 10 ml ปิดจุกขวดและเขย่าให้เข้ากัน เปิดปากขวดในตู้ดูดควันและต้มให้เดือด 30 วินาที เพื่อกำจัดเถ้าและซัลเฟอร์ออกจากผิวถ่าน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 100 ml ปิดจุกอย่างรวดเร็วแล้วเขย่าแรงๆ 30 วินาที กรองแยกถ่านจากสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 2V โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรก จากนั้นปิเปตสารละลายมา 50 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีชาอ่อน เติมน้ำ

แป้งเป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มน้ำหนักถ่าน เพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายไอโอดีน

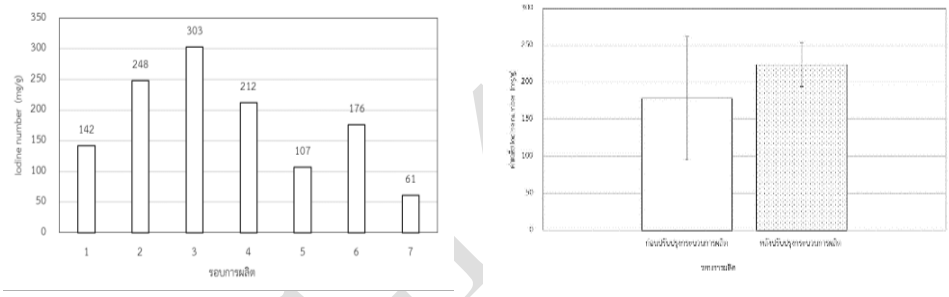
การทดสอบค่าไอโอดีนด้วยชุดทดสอบ (I.N. Test kit)

นำตัวอย่างถ่านที่บดและร่อนผ่าน Mesh-325 (44 ไมครอน) ไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ชั่งถ่านน้ำหนัก 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 20 ml ปิดฝาแล้วเขย่าเป็นเวลา 30 วินาที แล้วกรองทันทีด้วย syringe filter ขนาด 5 ไมครอน บรรจุสารละลายที่กรองแล้วลงในหลอด Vial หลอดละ 2 ml จำนวน 5 หลอด จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น 0.1 N ลงในแต่ละหลอดปริมาตร 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 ml ตามลำดับ เขย่าให้เข้ากัน ช่วงค่าไอโอดีนของตัวอย่างถ่านจะแปลผลได้จากจำนวนหลอดของสารละลายที่เปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี แสดงดังตารางที่ 1

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อควบคุมคุณภาพถ่านดูดกลิ่น

จากการเก็บตัวอย่างถ่านดูดกลิ่นที่ได้จากการเผาต่างรอบการผลิตโดยวิสาหกิจชุมชนพออินคำแคน จ.ขอนแก่น จำนวน 7 ตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับโดยการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (Iodine Number) ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D4607–14 ผลการทดสอบ พบว่า ค่าไอโอดีนของตัวอย่างอยู่ในช่วง 61-303 mg/g มีค่าเฉลี่ย 178 ± 83.38 mg/g รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 2 (a) แสดงให้เห็นว่าค่าไอโอดีนของถ่านดูดกลิ่นที่ผลิตได้แต่ละรอบการผลิตมีความแปรปรวนสูง ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน มผช. 180/2563 (150 mg/g) คิดเป็น 57%



(a) (b)

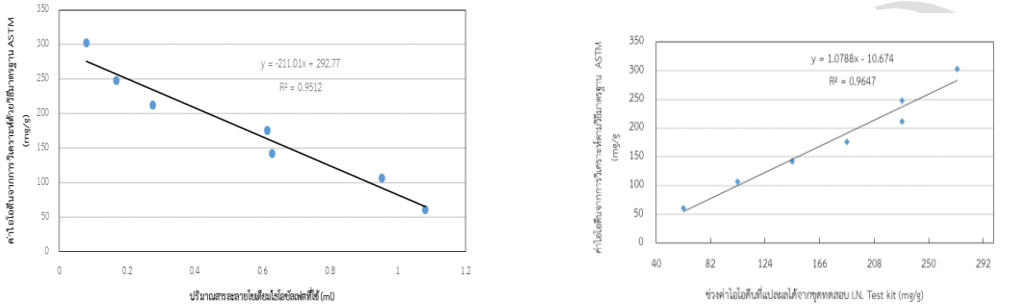
ภาพที่ 2 ค่าไอโอดีนของตัวอย่างถ่านต่างรอบการผลิต (a) ก่อนปรับปรุงกระบวนการ (b) เปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยควบคุมตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบโดยเหง้ามันฯ ที่ใช้ต้องมีความชื้นไม่เกิน 40% เชื้อเพลิงต้องมีค่าความร้อนอย่างน้อย 3,900 cal/g ขึ้นไป (งานวิจัยนี้ใช้ไม้ไผ่เป็นเชื้อเพลิง ค่าความร้อน 3,925 cal/g) การเพิ่มรอบการเติมเชื้อเพลิงเพื่อรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาให้คงที่ การควบคุมเวลาสำหรับทิ้งให้เย็นเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ก่อนนำถ่านออกจากเตา ทั้งนี้รวมถึงการจัดเก็บถ่านในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด เช่น กล่องหรือถุงพลาสติกแบบมีซิปล็อค เป็นต้น พบว่าตัวอย่างถ่านมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 203-245 mg/g ค่าเฉลี่ย 224±29.70 mg/g ซึ่งสูงกว่าที่เกณฑ์มาตรฐาน มผช. กำหนดทุกรอบการผลิต และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าโอโอดีนของตัวอย่างถ่านก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าค่าไอโอดีนของตัวอย่างถ่านหลังปรับปรุงกระบวนการจะมีความแปรปรวนของค่าไอโอดีนที่น้อยกว่า แสดงดังภาพที่ 2 (b) แสดงให้เห็นว่าการควบคุมกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนจะช่วยให้สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ โดยเฉพาะการเพิ่มรอบการเติมเชื้อเพลิง เพื่อรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาให้คงที่มีผลให้ค่าไอโอดีนสูงขึ้นและมีความแปรปรวนน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

การพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีนสำหรับควบคุมคุณภาพของถ่านดูดกลิ่น

จากวิธีการทดสอบค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ตามมาตรฐาน ASTM D4607 – 14 ค่าไอโอดีนของถ่านจะได้จากการคำนวณสมการไอโซเทอมของปริมาณถ่านที่ใช้ดูดซับไอโอดีนที่ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือหลังการดูดซับเท่ากับ 0.02 N ซึ่งการทดสอบนี้ต้องแปรผันปริมาณถ่านเพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือหลังการดูดซับใกล้เคียงกับ 0.02 N ทำให้การทดสอบมีความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่างถ่านและการแปลผลที่ซับซ้อน แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนของถ่านกับปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายไอโอดีนที่เหลือหลังการดูดซับจนสารละลายใส (จุดยุติ) ที่ปริมาณถ่านเท่ากับ 1 g พบว่ามี

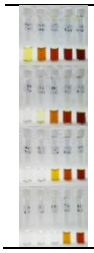
ความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังสมการ y = -211.01x + 292.77 (R^2 = 0.9512) แสดงดังภาพที่ 3(a) ดังนั้น ทีมวิจัยจึงใช้สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมาพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีนสำหรับควบคุมคุณภาพถ่านดูดกลิ่น (I.N. Test kit) เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานในชุมชนมากขึ้น โดยกำหนดค่า x แทนปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายไอโอดีนที่เหลือหลังการดูดซับจนถึงจุดยุติแตกต่างกัน 5 ค่า คือ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, และ 1 ml ตามลำดับ จะสามารถแปลผลการทดสอบค่าไอโอดีนได้ออกมาเป็น 7 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ผลทดสอบค่าไอโอดีนที่ได้จาก I.N. Test kit เปรียบเทียบกับค่าไอโอดีนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM พบว่า ช่วงค่าไอโอดีนที่ได้จาก I.N. Test kit มีความสัมพันธ์กับค่าไอโอดีนที่ได้จากวิธีมาตรฐาน ASTM อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.9647 แสดงดังภาพที่ 3 (b) จากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่า I.N. Test kit มีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ASTM สามารถใช้ I.N. Test kit ทดแทนการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM ในการทดสอบค่าไอโอดีนของถ่านสำหรับควบคุมคุณภาพถ่านดูดกลิ่นในชุมชนได้



(a) (b)

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนของถ่านกับปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตถ่าน 1 g (a) และความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนจากการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM กับ I.N. Test kit (b)

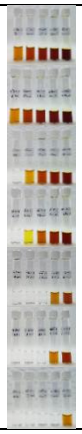
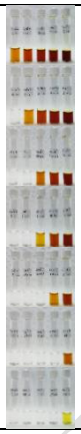
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าไอโอดีนด้วย I.N. test kit เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ตาม ASTM D4607 – 14

ผลการทดสอบด้วย I.N. Test kit	ช่วงค่า I.N. ที่แปลผลได้จาก I.N. Test kit (mg/g)	ค่า I.N. จากการวิเคราะห์ตาม ASTM (mg/g)	ผลการทดสอบด้วย I.N. Test kit	ช่วงค่า I.N. ที่แปลผลได้จาก I.N. Test kit (mg/g)	ค่า I.N. จากการวิเคราะห์ตาม ASTM (mg/g)
	ต่ำกว่า 82	61		อยู่ในช่วง 208 – 250	212
	อยู่ในช่วง 82 – 123	107		อยู่ในช่วง 208 – 250	248
	อยู่ในช่วง 124 – 165	142		สูงกว่า 251	303
	อยู่ในช่วง 166 – 207	176			

จากการพัฒนา I.N. test kit พบว่า ขนาดของถ่าน และการอบตัวอย่างถ่าน เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่าไอโอดีนที่ทดสอบโดย I.N. test kit จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าผลการทดสอบช่วงค่าไอโอดีนในตัวอย่างที่ไม่ร่อนผ่าน Mesh-325 มีแนวโน้มค่าไอโอดีนที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ร่อนผ่าน Mesh-325 แสดงให้เห็นว่า ขนาดของถ่านมีผลต่อค่าไอโอดีนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากถ่านที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวการดูดซับมากกว่าถ่านขนาดใหญ่ [9-10] และจากผลการทดสอบจะเห็นว่าการอบตัวอย่างถ่านก่อนการทดสอบส่งผลต่อค่าไอโอดีน ซึ่งการอบไล่ความชื้นจากพื้นที่ผิวตัวอย่างจะส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับที่ดีกว่า [11] แสดงให้เห็นว่าความชื้นของตัวอย่างที่ไม่ได้อบส่งผลให้ค่าไอโอดีนต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ดังนั้น ตัวอย่างถ่านที่จะนำมาทดสอบด้วย I.N. Test kit จำเป็นต้องร่อนผ่าน Mesh-325 และอบตัวอย่างเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวอย่างก่อน เพื่อควบคุมมาตรฐานการใช้งานและแปลผลทดสอบได้อย่างถูกต้องแม่นยำเทียบเท่ากับวิธีมาตรฐาน ASTM

ตารางที่ 2 ช่วงค่าไอโอดีนตัวอย่างที่อบและร่อนผ่าน Mesh-325 เทียบกับตัวอย่างที่อบไม่ร่อนผ่าน Mesh-325 และตัวอย่างที่ไม่อบ

ตัวอย่างที่อบร่อนผ่าน Mesh-325	ตัวอย่างที่ไม่ร่อนผ่าน Mesh-325	ตัวอย่างที่ไม่อบ

ผลการทดสอบด้วย I.N. Test kit	ช่วงค่า I.N. ที่แปลผลได้จาก I.N. Test kit (mg/g)	ผลการทดสอบด้วย I.N. Test kit	ช่วงค่า I.N. ที่แปลผลได้จาก I.N. Test kit (mg/g)	ผลการทดสอบด้วย I.N. Test kit	ช่วงค่า I.N. ที่แปลผลได้จาก I.N. Test kit (mg/g)
	ต่ำกว่า 82		ต่ำกว่า 82		ต่ำกว่า 82
	อยู่ในช่วง 82 – 123		ต่ำกว่า 82		อยู่ในช่วง 82 – 123
	อยู่ในช่วง 124 – 165		อยู่ในช่วง 82 – 123		อยู่ในช่วง 124 – 165
	อยู่ในช่วง 166 – 207		อยู่ในช่วง 82 – 123		อยู่ในช่วง 124 – 165
	อยู่ในช่วง 208 – 250		อยู่ในช่วง 166 – 207		อยู่ในช่วง 166 – 207
	อยู่ในช่วง 208 – 250		อยู่ในช่วง 166 – 207		อยู่ในช่วง 208 – 250
	สูงกว่า 251		อยู่ในช่วง 208 – 250		อยู่ในช่วง 208 – 250

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่าง I.N. Test kit กับ วิธีมาตรฐาน ASTM ข้างต้น พบว่า I.N. Test kit มีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ASTM แต่มีขั้นตอนที่ง่าย ใช้ระยะเวลาทดสอบน้อยกว่าประมาณ 67% และมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบต่อตัวอย่างถูกกว่าประมาณ 60% ดังตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า I.N. Test kit สามารถนำมาใช้ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM ได้ และสามารถประยุกต์ใช้ในชุมชน เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถ่านดูดกลิ่นเบื้องต้นได้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการทดสอบค่าไอโอดีนตามวิธีมาตรฐาน ASTM กับ I.N. Test kit

Parameter	ASTM	I.N.Test kit
ความถูกต้องแม่นยำ	+++	++
ความง่ายในการทดสอบ	+	+++
ระยะเวลาทดสอบ	+	+++
ค่าใช้จ่ายในการทดสอบต่อตัวอย่าง	+	+++

สรุปผลการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการเพิ่มรอบการเติมเชื้อเพลิงเพื่อรักษาอุณหภูมิขณะเผาไหม้ให้คงที่ ทำให้ถ่านมีค่าไอโอดีนสูงขึ้น และมีความแปรปรวนน้อยลง และสามารถผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ได้ทุกรอบการผลิต ซึ่งเป็นวิธีที่ชุมชนสามารถทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน สำหรับการพัฒนาชุดทดสอบค่าไอโอดีน (I.N. test kit) พบว่าช่วงค่าไอโอดีนที่ได้จากการแปลผล I.N. Test kit มีความสัมพันธ์และความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับกับค่าไอโอดีนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D460 –14 อย่างมีนัยสำคัญ ใช้งานง่าย มีค่าใช้จ่ายถูก สามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถ่านดูดกลิ่นเบื้องต้นในชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารท้องถิ่นตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น สำหรับการสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ป.). **ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก http://www.iscisaraburee.sc.chula.ac.th

TREC-14 (MJU)

[2] กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา. (2564). **ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งโฉมใหม่ไฉไลกว่าเดิมด้วยนวัตกรรมเหง้ามันสำปะหลังจากภูมิปัญญาชาวคำแคน จังหวัดขอนแก่น.** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก https://www.eef.or.th/communities

[3] ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย. (2564). **การผลิตถ่านชีวภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก https://erp.mju.ac.th

[4] รุจิรา ปิ่นแก้ว. (2556). **การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[5] จันทิมา ชั่งสิริพร พรศิริ แก้วประดิษฐ์ และพฤกระยา พงศ์ยี่หล้า. (2559). **การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยางพาราที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับงานเครื่องกรองน้ำ**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์.มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[6] เนตร ธรรมมี มณฑาทิพย์ เก็กง้วน และสัมฤทธิ์ โม้พวง. (2555). สมบัติพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากลำต้น เหง้าและเปลือกมันสำปะหลัง. **NU Science Journal.** 9 (1), 80-97.

[7] อรนิจ อุปรี และสัญญา สิริวิทยาปกรณ์. (2559). ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมไหม. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.**4 (2), 37-50.

[8] Kwankanit, S. , Naruephat, T. (2019) . Pyrolysis of Cassava Rhizome for Biochar Production and Characterization.**International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT).** 8 (2), 29-33.

[9] Gupta, V.K., Jain, C.K., Ali, I., Chandra, S. and Agarwal, S. (2002). Removal of lindane and malathion from wastewater using bagasse fly ash- a sugar industry waste. **Water Research**. 36 (10), 2483-2490.

[10] มัลลิกา ถาบุตร. (2553). การพัฒนาตัวดูดซับโลหะหนักและสีย้อมผ้าแทนถ่านกัมมันต์เชิงการค้า. **Naresuan University Journal.**18 (2), 17-27.

[11] Li, Zh., Ming, Li., Yan, S. and Yaping, Zh. (2001). Effect of moisture in microporous activated carbon on the adsorption of methane. **Carbon.** 36 (5), 773-776.

TREC-14 (MJU)

กระบวนการผลิตและการวิเคราะห์การต้นทุนของภาชนะธรรมชาติจากใบตองตึง (Dipterocarpus tuberculatus Roxb.)

Production and Cost Analysis of Natural Container from Dipterocarpus tuberculatus Roxb. Leaves

โชติกา จีนาแก้ว[1] และสุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี[1*]

Chotika Jeenakaew[1] and Surachai Narrat Jansri[1*]

[1] สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม เชียงใหม่ 50180

Abstract

Dipterocarpus tuberculatus Roxb. Leaves are large and thick; therefore, they have been used in many ways. However, with the insufficient amount of utilization, remained leaves become a good natural fuel for wildfire. It can be solved by making as fuel or compost. It can be considered that the leaves can not be used for high benefit. Hence, prior to transforming them into fuel or compost, they should be used as raw materials to produce natural food containers. Consequently, the optimal condition for producing containers from *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. Leaves was investigated. In addition, the preliminary production cost was analyzed to guide decision-making for those who want to generate income from the leaves. Results indicated that the optimal conditions for producing containers should be started by soaking the dry leaves in water for 3 h and trimming them. Then the trimmed leaves were sprayed with binder (the mixture of glutinous rice flour and water at a ratio of 1 : 5) of 20 mL. Before container molding, the prepared leaves were warmed with 140ºC for 1 min and containers were then formed at same temperature for 3 min. Finally, the containers were trimmed and dried before storage. The production of containers with 2 molds by using 2 workers can produce 180 containers per day. The estimated product cost was 4.06 baht per piece. However, before making a decision, those interested should reassess the obvious production cost by considering the leaf cost, water charges, mold deterioration and marketing and shipping costs.

Keywords: Natural container, *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. Leaves, Production cost

บทคัดย่อ

ใบตองตึงมีขนาดใหญ่และหนาจึงได้มีการนำใช้ประโยชน์ในหลายด้าน แต่ด้วยปริมาณการใช้ประโยชน์ไม่มากพอจึงทำให้ใบตองตึงส่วนที่เหลือจึงกลายเป็นเชื้อเพลิงตามธรรมชาติของไฟป่าอย่างดี สามารถแก้ไขได้โดยการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงหรือปุ๋ย แต่ถือได้ว่ายังไม่สามารถใช้ใบตองตึงให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นจึงได้นำใบตองตึงมาผลิตเป็นภาชนะสำหรับบรรจุอาหารก่อนแปรสภาพให้กลายเป็นเชื้อเพลิงหรือปุ๋ย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะจากใบตองตึงและการประมาณการต้นทุนการผลิตเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับผู้ที่ต้องการสร้างรายได้จากใบตองตึง ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตภาชนะจากใบตองตึงควรเริ่มจากการนำใบตองตึงแห้งแช่น้ำที่ 3 h ตัดแต่งให้เรียบร้อย จากนั้นฉีดพ่นด้วยตัวประสานที่เป็นส่วนผสมของแป้งข้าวเหนียวและน้ำอัตราส่วน 1 : 5 ประมาณ 20 mL ก่อนการขึ้นรูปภาชนะนำใบไม้ที่เตรียมไว้อุ่นที่อุณหภูมิ 140ºC เป็นเวลา 1 min และขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิ 140ºC เป็นเวลา 3 min ขั้นตอนสุดท้ายตัดแต่งและผึ่งให้แห้งก่อนนำไปเก็บรักษา การผลิตภาชนะด้วยแม่พิมพ์ 2 เครื่อง จำนวณ 1 วัน โดยใช้แรงงานจำนวน 2 คน สามารถผลิตภาชนะได้วันละ 180 ใบ โดยมีต้นทุนการผลิตใบละ 4.06 บาท อย่างไรก็ตามก่อนการตัดสินใจลงทุนผู้ที่สนใจควรประเมินต้นทุนการผลิตที่แท้จริงโดยพิจารณา ค่าใบไม้ ค่าน้ำ อัตราการเสื่อมสภาพของแม่พิมพ์ ค่าการตลาดและค่าขนส่ง

คำสำคัญ: ภาชนะจากธรรมชาติ, ใบตองตึง, ต้นทุนการผลิต

TREC-14(MJU)

บทนำ

ต้นตองตึง หรือต้นพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดใหญ่มีความสูงประมาณ 20 - 40 m ใบเป็นรูปรีกว้างหรือรูปไข่มีขนาดใหญ่มีความยาว และความกว้างประมาณ 12 - 70 cm และ 15 - 28 cm ตามลำดับ แผ่นใบเกลี้ยงหรือมีขนหนาแน่นด้านล่าง ต้นตองตึงขึ้นหนาแน่นในป่าเต็งรัง และป่าสนเขาที่ความสูงระดับน้ำทะเลปานกลางในช่วง 100 - 1,300 เมตร พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ [1-3]

เนื่องจากใบตองตึงมีขนาดใหญ่และหนาจึงได้มีการนำใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น การนำใบสดห่ออาหาร การนำใบแห้งรองใต้เถาต้นสตอร์เบอรี่เพื่อป้องกันผลสัมผัสดินและป้องกันการสูญเสียความชื้นของดินปลูก และการนำใบแห้งมาใช้เป็นวัสดุทำหลังคาหรือที่อยู่อาศัย [2-3] แม้ว่ามีการใช้ประโยชน์จากใบตองตึง แต่การผลัดใบของต้นตึงเป็นจำนวนมากในช่วงหน้าหนาวเข้าสู่หน้าแล้งของทุกปีทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทัน ใบไม้แห้งส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จึงกลายเป็นเชื้อเพลิงตามธรรมชาติชนิดหนึ่งของไฟป่า ซึ่งสามารถการแก้ปัญหาได้โดยนำใบไม้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง [4] หรือผลิตปุ๋ยหมักจากใบไม้ [5] ก็ได้ การดำเนินการดังกล่าวนอกจากช่วยแก้ปัญหาเรื่องเชื้อเพลิงตามธรรมชาติของไฟป่าแล้วยังทำให้ใบไม้เกิดประโยชน์มากขึ้นด้วย แม้แนวทางแก้ไขดังกล่าวสามารถสร้างประโยชน์ให้กับใบตองตึงที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันแต่ก็ยังไม่ใช่แนวทางที่สามารถสร้างประโยชน์สูงสุดให้กับใบตองตึงเหล่านั้น ดังนั้นก่อนที่จะนำใบตองตึงไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง หรือปุ๋ยนั้น ควรนำใบตองตึงเหล่านั้นมาผลิตเป็นภาชนะเพื่อบรรจุอาหาร จากนั้นจึงนำภาชนะที่ใช้แล้วไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ได้กล่าวมาข้างต้น ก็จะสามารถช่วยสร้างประโยชน์สูงสุดให้กับใบตองตึงได้

การนำใบตองตึงมาใช้ในการผลิตเป็นภาชนะนอกจากช่วยลดเชื้อเพลิงตามธรรมชาติของไฟป่าแล้ว การส่งเสริมการใช้ประโยชน์ภาชนะจากธรรมชาติอย่างจริงจังยังเป็นส่วนช่วยลดปัญหาขยะประเภทโฟมหรือพลาสติกในชุมชน [6-7] ได้อีกด้วย อีกทั้งยังเป็นช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุธรรมชาติได้อีกทางหนึ่งเช่นกัน จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปัจจุบันได้มีการศึกษาการผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติเพื่อบรรจุอาหารเพิ่มมากขึ้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีทั้งใบ กาบใบ และเส้นใยของพืช เช่น เยื่อกระดาษชานอ้อย [6] กาบหมาก [7] ใบและจุกสับปะรด [8] และใบตอง [9] เป็นต้น สำหรับการผลิตภาชนะจากใบไม้นั้นได้มีการศึกษาเงื่อนไขในการผลิต เช่น การศึกษาของกวิน สนธิเพิ่มพูน และคณะ [9] ได้ทดสอบการผลิตภาชนะจากใบตอง โดยการนำใบตองสดรีดใบตองที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทาด้วยกาวแป้งมันและซ้อนใบตองทับกันในแนวสลับจำนวน 7 ชั้น ตั้งผึ่งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และขึ้นรูปที่อุณหภูมิในช่วง 60-70°C ด้วยแรงกด 6 ton เป็นเวลา 30-60 min ชิ้นงานที่ผลิตได้ต้องพักไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 วันก่อนนำไปใช้งาน ไกรสร วงษ์ปู่ และคณะ [10] ได้ทดสอบการผลิตภาชนะจากใบบัว โดยการนำใบบัวสดที่มีอายุระหว่าง 60 – 70 วัน นำใบบัวมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 200 x 250 mm จากนั้นฉีดน้ำแป้งซึ่งเป็นการผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำที่อัตราส่วน 1 : 4 การขึ้นรูปใช้ใบบัวจำนวน 4 ชั้น อัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150°C ด้วยแรงกด 0.13 ton เป็นเวลา 5 min และเสาวรส จงจิตรวัฒนกุล [11] ศึกษาการผลิตภาชนะจากใบทองกวาว โดยการนำใบทองกวาวสดทำความสะอาดและวางพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิ 175 °C เป็นเวลา 2 min แต่จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบการรายงานผลงานวิจัยที่ศึกษาการสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะจากใบตองตึง แต่มีการผลิตภาชนะจากใบตองตึงเพื่อจำหน่ายตามท้องตลาดอ้างอิงข้อมูลจากตลาดออนไลน์ วันที่ 15/09/2564 ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะจากใบตองตึง และการประมาณการต้นทุนการผลิตเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับผู้ที่ต้องการสร้างรายได้จากใบตองตึงซึ่งเป็นส่วนช่วยในการลดปริมาณเชื้อเพลิงตามธรรมชาติในป่า

วิธีการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1) ใบไม้ และตัวประสาน

ใบพลวงหรือใบตองตึง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตภาชนะสำหรับงานวิจัยนี้เป็นใบไม้แห้งที่ร่วงหล่นจากต้น โดยจัดเก็บ คัดเลือก ทำความสะอาด และเก็บรักษา ส่วนตัวประสานที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปใบไม้ คือ แป้งข้าวเหนียวผสมน้ำ

2) เครื่องอัดภาชนะใบไม้

เครื่องอัดภาชนะใบไม้เป็นเครื่องที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย แท่นขึ้นรูปภาชนะจากใบไม้ก้นกลม 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เบ้าพิมพ์ก้นตื้น มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของฐานและปากขนาด 11.50 และ 14.50 cm ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของปากขนาด 16.00 cm และมีความลึกขนาด 3 cm และแบบที่ 2 เบ้าพิมพ์ก้นลึก มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของฐานและปากขนาด 9.50 และ 13.25 cm ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของปากขนาด 15.00 cm และมีความลึกขนาด 3.50 cm แท่นขึ้นรูปภาชนะทั้ง 2 แบบ มีคันโยกที่สามารถปรับระดับแกนอัดเพื่ออุ่นใบไม้ก่อนการขึ้นรูป และมีชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลา 1 ชุด สำหรับควบคุมอุณหภูมิพิมพ์และแกนอัดที่ติดตั้งขวดลวดนำความร้อนขนาด 500 W

ตำแหน่ง	หน่วย (cm)
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกปาก	15.00
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในปาก	13.25
เส้นผ่ารศูนย์กลางฐาน	9.50
ความสูง	3.50

ตำแหน่ง	หน่วย (cm)
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกปาก	16.00
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในปาก	14.50
เส้นผ่ารศูนย์กลางฐาน	11.50
ความสูง	3.00

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 เครื่องอัดภาชนะใบไม้
(ก) เบ้าพิมพ์ก้นลึก (ข) เบ้าพิมพ์ก้นตื้น

2. กระบวนการผลิตภาชนะ

กระบวนการผลิตภาชนะเริ่มจากการนำใบตองตึงแห้งที่คัดเลือก ทำความสะอาด และจัดเก็บไว้ แช่น้ำเป็นเวลา 3 h จากนั้นนำแกนกลางออกก่อน ตัดแต่ง และฉีดพ่นหลังใบด้วยตัวประสานในแนวดิ่งบริเวณหลังใบไม้จำนวน 1 ใบ แล้วนำใบไม้ที่ตัดแต่งแล้วอีกใบมาวางซ้อนทับในแนวสลับ นำใบไม้ที่เตรียมไว้วางบนพิมพ์ล่างและอุ่นเป็นเวลา 1 min และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดภาชนะใบไม้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตัดแต่งขอบส่วนเกินและผึ่งลมให้แห้งประมาณ 5 min เพื่อไล่ความชื้นก่อนการจัดเก็บดังภาพที่ 2

3. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

1) ตัวประสาน

การศึกษานี้ได้ใช้แป้งข้าวเหนียวดิบผสมน้ำเป็นตัวประสานสำหรับการผลิตภาชนะ ซึ่งการหาอัตราส่วนตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะ เริ่มจากการนำใบไม้ที่เตรียมไว้มาฉีดพ่นด้วยตัวประสานที่เป็นแป้งข้าวเหนียวดิบผสมน้ำที่อัตราส่วน 1 : 5 และ 1 : 10 ในแนวดิ่งหลังใบไม้ประมาณ 20 ml และวางใบไม้อีกใบซ้อนทับกัน จากนั้นขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 4 min

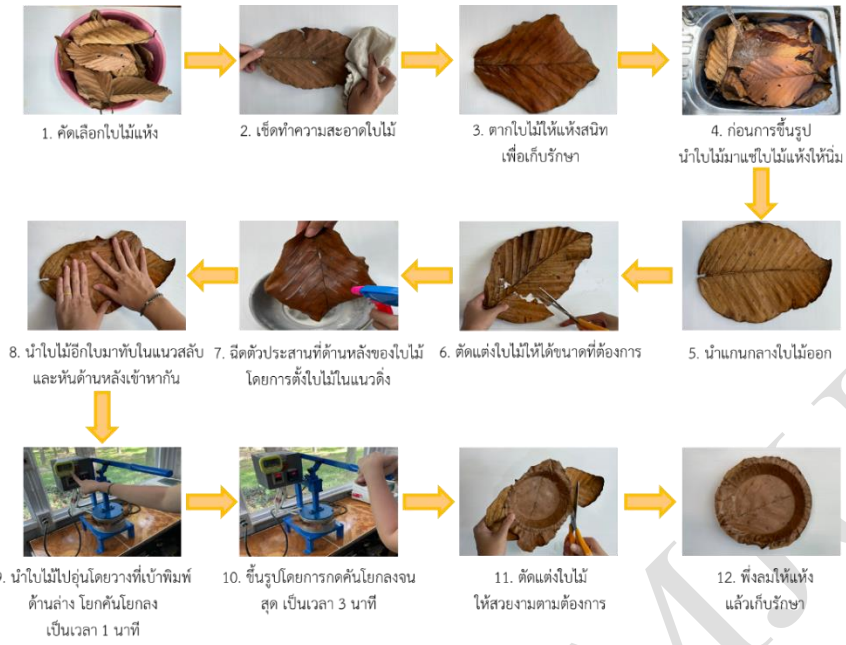
2) อุณหภูมิ

เมื่อได้อัตราส่วนตัวประสานที่เหมาะสมต่อการผลิตแล้วจึงทำการศึกษาอุณภูมิที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปภาชนะ เริ่มจากการนำใบไม้ที่เตรียมไว้มาตัดแต่ง จากนั้นฉีดพ่นตัวประสานหลังใบไม้ และวางใบไม้อีกใบซ้อนทับกัน จากนั้นนำใบไม้ที่เตรียมไว้วางบนพิมพ์ล่างและอุ่นเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปขึ้นรูปโดยใช้อุณหภูมิที่ 115, 120, 125, 130, 135 และ 140°C เป็นเวลา 4 min

3) เวลา

การหาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตนั้นได้ดำเนินการเช่นเดียวกับการหาอัตราส่วนตัวประสาน และอุณหภูมิ แต่ใช้เฉพาะค่าที่เหมาะสมของสองตัวแปรนี้เท่านั้น การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมเป็นการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อลดระยะเวลาการผลิตจาก 4 min เป็น 3 min

PREC-14 (MJO)



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตภาชนะจากใบไม้

4. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และต้นทุนการผลิตภาชนะจากใบไม้

1) สมบัติทางกายภาพ

หลังการผลิตผลิตภัณฑ์ได้รับการตรวจสอบลักษณะภายนอก โดยใบไม้ต้องประสานกันได้ดี มีรูปทรงตามแบบพิมพ์ แข็งแรง และมีสีใกล้เคียงกับสีใบไม้แห้งเริ่มต้น

2) ต้นทุนการผลิต

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตภาชนะใบไม้ เป็นการประมาณค่าต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม โดยคำนวณจากสมการที่ 1 และเงื่อนไขดังตารางที่ 1 สมมติการผลิตภาชนะจากใบตองตึงที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 3 min จำนวน 1 วัน เป็นเวลาวันละ 6 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 6 วัน โดยใช้แม่พิมพ์ 2 เครื่อง แหล่งผลิตภาชนะไม่ต้องจัดหาใบไม้เนื่องจากมีทรัพยากรใบไม้เป็นของตนเองและใช้น้ำจากระบบประปาภูเขาซึ่งเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่ไม่สูญเสียพลังงานในระบบส่งจ่ายน้ำ และสมมติให้เบ้าพิมพ์มีอายุการใช้งาน 5 ปี โดยไม่มีอัตราการเสื่อมสภาพและไม่มีมูลค่าซากรวมทั้งไม่คิดค่าการตลาดและค่าขนส่ง

$$ต้นทุนการผลิต = \frac{ต้นทุนวัตถุดิบ + ต้นทุนแรงงาน + ค่าใช้จ่ายอื่นๆ}{จำนวนที่ผลิตได้ในครั้งนี้} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการผลิตภาชนะจากใบตองตึง

รายการ	ราคา (บาท) / หน่วย	อ้างอิง
เบ้าพิมพ์ภาชนะ	25,000 บาท / เครื่อง	-
แป้งข้าวเหนียว	40 บาท / กิโลกรัม	-
แรงงาน	325 บาท / คน / วัน	กระทรวงแรงงาน. (2020). [12]
ใบไม้	ไม่มีค่าใช้จ่าย	-
น้ำ	ไม่มีค่าใช้จ่าย	-

TREC-14 (MSU)

ค่าไฟ	0 – 15 kWh	2.3488 บาท / kWh	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.
	16 – 25 kWh	2.9882 บาท / kWh	(2018). [13]
	26 – 35 kWh	3.2405 บาท / kWh	
	36 – 100 kWh	3.6237 บาท / kWh	
	101 – 155 kWh	3.7171 บาท / kWh	
	ค่าบริการ	8.19บาท / เดือน	
	ภาษี	7%	

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

1) ตัวประสาน

ตัวประสานที่ใช้ในการผลิตเป็นแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำในอัตราส่วน 1 : 5 และ 1 : 10 พบว่า การขึ้นรูปภาชนะจากใบไม้ด้วยเบ้าพิมพ์ก้นตื้นโดยใช้ตัวประสานอัตราส่วน 1 : 10 สามารถขึ้นรูปได้ แต่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 140°C เป็นเวลา 3 min พบว่า ใบไม้ไม่ติดกันได้ แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการผลิตพบว่า ต้องใช้เวลาในการผลิตประมาณ 7 min เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพพบว่า ภาชนะที่ผลิตได้มีเข้มกว่าสีเริ่มต้นของใบไม้และเกิดรอยไหม้หรือมีตำแหน่งที่ไม่แห้งบริเวณก้นภาชนะ แต่เมื่อผลิตภาชนะจากใบไม้โดยใช้ตัวประสานอัตราส่วน 1 : 5 พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้น้อยกว่าการขึ้นรูปที่ใช้ตัวประสานอัตราส่วน 1 : 10 และภาชนะที่ผลิตได้มีสีใกล้เคียงกับสีเริ่มต้นของใบไม้ดังภาพที่ 3 และเมื่อนำมาทดสอบกับเบ้าพิมพ์ก้นลึกได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับเบ้าพิมพ์ก้นตื้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้อัตราส่วนของตัวประสาน 1 : 5 สำหรับการผลิตภาชนะจากใบไม้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ไกรสร วงษ์ปู่ และคณะ [10] นธีทร ม่วงเอี่ยม และคณะ [14] มลสุตา ลิวไธสง และคณะ [15] และนที ฐานมั่น [16] ที่ศึกษาการผลิตภาชนะจากใบตอง ใบบัว เส้นใยจากกาบกล้วย และเส้นใยจากต้นมันสันปะหลัง ตามลำดับ พบว่างานวิจัยนี้ใช้แป้งน้อยกว่างานวิจัยที่ได้ประมาณ 20%

(ก) (ข)

ภาพที่ 3 ลักษณะภาชนะจากใบตองตึงที่ขึ้นรูปด้วยเบ้าพิมพ์ก้นตื้น (ก) และ เบ้าพิมพ์ก้นลึก (ข) โดยใช้ตัวประสานอัตราส่วน 1 : 5 อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 4 นาที

2) อุณหภูมิ

การผลิตภาชนะจากใบไม้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปภาชนะจากใบตองตึงด้วยเบ้าพิมพ์ก้นตื้นและก้นลึกที่อุณหภูมิ 115 - 140°C เป็นเวลา 4 min โดยใช้ตัวประสานที่เป็นแป้งข้าวเหนียวและน้ำอัตราส่วน 1 : 5 ดังตารางที่ 2 พบว่า การผลิตภาชนะจากใบตองตึงที่อุณหภูมิ 115°C ภาชนะที่ได้หลังจากการขึ้นรูปมีความชื้นสูง และไม่สามารถคงรูปได้เมื่อผลิตที่อุณหภูมิในช่วง 120 - 135°c หลังการขึ้นรูปภาชนะสามารถขึ้นรูปได้แต่มีความอ่อนตัว บริเวณขอบหรือบริเวณที่ใบไม้ทับซ้อนกันมีความชื้นสูง เมื่อพึ่งให้แห้งภาชนะคงรูปได้ แต่การผลิตที่อุณหภูมิ 140°C ภาชนะที่ผลิตได้คงรูปและมีความชื้นต่ำ เมื่อพึ่งให้แห้งภาชนะคงรูปและมีความแข็งแรง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปภาชนะจากใบไม้ด้วยเบ้าพิมพ์ทั้ง 2 ขนาดอยู่ที่ 140°C ผลการศึกษานี้ใช้อุณหภูมิสูงกว่าการศึกษาของกวิน สนธิเพิ่มพูน และคณะ [9] และนธีทร ม่วงเอี่ยม และคณะ [14] ประมาณ 45 - 80°C และน้อยกว่าการศึกษาของไกรสร วงษ์ปู่ และคณะ [10], เสาวรส จงจิตรวัฒนกุล [11] และนที ฐานมั่น [16] ประมาณ 10 - 40 °C แต่ใช้อุณหภูมิใกล้เคียงกับงานวิจัยของจุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ [8] และมลสุตา ลิวไธสง และคณะ [15]

ตารางที่ 2 ลักษณะของภาชนะจากใบตองตึงผลิตที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 4 min

ชนิดของเบ้าพิมพ์	อุณหภูมิ (°C)					
	115°C	120°C	125°C	130°C	135°C	140°C
เบ้าพิมพ์ก้นตื้น						
เบ้าพิมพ์ก้นลึก						

3) ระยะเวลา

หลังจากได้อุณหภูมิที่เหมาะสมจึงได้ทดสอบโดยลดระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะด้วยเบ้าพิมพ์ทั้ง 2 ขนาดที่อุณหภูมิ 140°C จาก 4 min เป็น 3 min พบว่า การขึ้นรูปภาชนะที่ 3 min ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการขึ้นรูปภาชนะที่ 4 min ดังตารางที่ 3 ดังนั้นการขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 3 min จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตภาชนะจากใบตองตึงด้วยแม่พิมพ์ทั้ง 2 ขนาด ซึ่งระยะเวลาในการขึ้นรูปมีความใกล้เคียงกับการศึกษาของนธีทร ม่วงเอี่ยม และคณะ [14] และไกรสร วงษ์ปู่ และคณะ [10] แต่ใช้เวลาน้อยกว่าการศึกษาของจุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ [8], มลสุตา ลิวไธสง และคณะ [15] และนที ฐานมั่น [16] ประมาณ 10 - 15 min

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของภาชนะหลังการขึ้นที่อุณหภูมิ 140 °C ป็นเวลา 3 และ 4 min

ชนิดของเบ้าพิมพ์	ระยะเวลานะการขึ้นรูป	
	3 Min	4 Min
เบ้าพิมพ์ก้นตื้น		
เบ้าพิมพ์ก้นลึก		

2. ต้นทุนการผลิตภาชนะจากใบตองตึง

การลงทุนผลิตภาชนะจากใบตองตึงที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 3 min ใน 1 วัน ด้วยแม่พิมพ์ 2 เครื่อง ต้องใช้แรงงานจำนวน 2 คน คนที่ 1 ทำหน้าที่เตรียมใบไม้ก่อนขึ้นรูป และคนที่ 2 ทำหน้าที่ขึ้นรูปและตัดแต่งภาชนะ ใช้แป้งข้าวเหนียวประมาณ 0.7 kg ใช้ไฟฟ้าวันละ 6 kWh โดยคำนวณจากอัตราค่าไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [13] พบว่า สามารถผลิตภาชนะได้วันละ 180 ใบ ซึ่งมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 4.06 บาท ซึ่งมีราคาต่ำกว่าราคาที่จำหน่ายตามท้องตลาด 0.94 บาท (อ้างอิงราคาจากตลาดออนไลน์ วันที่ 15/09/2564) ทั้งนี้การประเมินต้นทุนการผลิตตามสภาพจริงควรจะพิจารณา ค่าใบไม้ ค่าน้ำ อัตราการเสื่อมสภาพของแม่พิมพ์ ค่าการตลาดและค่าขนส่ง เพื่อให้ทราบต้นทุนที่แท้จริงก่อนการตัดสินใจลงทุน

สรุปผลการวิจัย

เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตภาชนะจากใบตองตึงต้องคัดเลือกใบไม้แห้งที่สมบูรณ์แช่น้ำและตัดแต่ง ฉีดพ่นตัวประสานที่เป็นส่วนผสมของแป้งข้าวเหนียวและน้ำอัตราส่วน 1 : 5 อุ่นใบไม้ก่อนการขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา

TREC-14 (MJU)

1 min จากนั้นขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิ 140ºC เป็นเวลา 3 min ขั้นตอนสุดท้ายตัดแต่งและผึ่งให้แห้งก่อนนำไปเก็บรักษา การผลิตภาชนะด้วยแม่พิมพ์ 2 เครื่อง จำนวณ 1 วัน โดยใช้แรงงานจำนวน 2 คน สามารถผลิตได้วันละ 180 ใบ โดยมีต้นทุนการผลิตใบละ 4.06 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่จัดสรรงบประมาณสำหรับการดำเนินงานภายโครงการตามยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานหอพรรณไม้. (2560). **สารานุกรมพืชในไทย (ฉบับย่อ): พลวง**. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564, จาก https://www.dnp.go.th/botany/detail.aspx?words=พลวง&typeword=group.

[2] กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). **พลวง**. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564, จาก https://tswc.ldd.go.th/tree/T_06.pdf.

[3] สำนักส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2564). **หลังคาตองตึง**. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564, จาก https://art-culture.cmu.ac.th/Lanna/articleDetail/1966.

[4] รุ่งนภา จุลศักดิ์ และวรพจน์ โพธาเจริญ. (2561). **การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากใบไม้ (อาร์ดีเอฟ 5) เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน**. รายงานวิจัย. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

[5] ทรงชัย ชุ่มภิรมย์, อดุลย์ มีสุข, เจริญ กิติวรรณ, ชัยทัตต์ กาบบัว และเดโชธร รัตนชมภู. (2555). **การจัดการใบไม้เพื่อลดมลพิษทางอากาศช่วงวิจัยพัฒนาต้นแบบฤดูแล้งในเขตพื้นที่ลุ่ม**. รายงาน. เชียงใหม่ : ศูนย์การศึกษาพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

[6] นพดล จันทรลักษณ์ และสมนึก วัฒนศรียกุล. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน **การประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555**, 1770 - 1775. วันที่ 17 – 19 ตุลาคม 2555. เพชรบุรี : มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[7] สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และธมยันตี ประยูรพันธ์. (2563). การออกแบบ และพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**. 12 (1), 120-131.

[8] จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์. (2562). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด**. รายงานวิจัย. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.

[9] กวิน สนธิเพิ่มพูน, งามทิพย์ ภู่วโรดม, วิไล สนธิเพิ่มพูน และศศิวิมล จิตรากร. (2541). **การสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากใบตอง**. รายงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร : สถาบันอาหาร.

[10] ไกรสร วงษ์ปู และปริดา จิ๋วปัญญา. (2564). การออกแบบและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากใบบัว. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.** 6 (1), 19-27.

[11] เสาวรส จงจิตรวัฒนกุล. (2563). **การศึกษาคุณสมบัติของภาชนะบรรจุอาหารจากใบทองกวาวและการศึกษาเชิงตัวเลขของการกระจายตัวอุณหภูมิในกระบวนการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากใบทองกวาว**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[12] กระทรวงแรงงาน. (2020). **อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ(ฉบับที่ 10)**. สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2564. จาก https://www.mol.go.th.

[13] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2018). **การทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าปี 2558**. สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2564. จาก http://www.pea.co.th.

[14] นธีทร ม่วงเอี่ยม, พัฒนพงษ์ เพชรโต, พิษณุ ชาวพิจิตร, ปิยณัฐ ขุนทอง และณัฐณพัชร์ กลิ่นใจ. (2564). การศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะจากธรรมชาติ. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.** 3 (1), 1-9.

[15] มลสุดา ลิวไธสง และทวิช จิตรสมบูรณ์. (2556). การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย. ใน **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27**. วันที่ 16-18 ตุลาคม 2556. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.

[16] นที ฐานมั่น. **การพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

TREC-14 (MJU)

CE : ไฟฟ้าชุมชน
(Community Electricity)

การศึกษาศักยภาพวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรในจังหวัดน่านเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

Study Potential Biomass in Nan Province to Guide for Biomass Power Plant

กฤษนนท์ สนธิ[1*] อรรนนท์ บัวศรี[1]
Kritsanon Sonthi[*] Aunnon Buasre[1]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

Abstract

The purpose of this research project to study and collect data on the potential of agricultural waste materials in Nan Province. To be used as a database to analyze the energy potential from agricultural waste with energy potential from 12 plants including maize, rice, rubber, longan, cassava, lychee plant, palm version, soybean oil, rambutan, garlic, shallot coffee from information on agricultural waste materials in Nan province. energy potential is used as fuel to generate electricity. Resulting in 691,854 tons of biomass energy. Think of energy Crude oil equivalent is approximately 7.70 ktoe (kilo ton of oil equivalente) if agricultural waste is used as fuel to generate electricity It will be able to produce approximately 12.05 GWh of electricity or equivalent to a 1.52 MW power plant from the above information, it can be seen that Nan province can use agricultural waste to generate electricity. It represents 0.03% of the approximately 3,943.72 MW of available national energy potential.

Keywords: Biomass, Energy, Power plant

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาข้อมูลศักยภาพวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดน่าน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพทางพลังงานจากพืช 12 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว ยางพารา ลำไย มันสำปะหลังโรงงาน ลิ้นจี่ ถั่วเหลืองรุ่น ปาล์มน้ำมัน เงาะ กระเทียม กาแฟ หอมแดง จากข้อมูลวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดน่าน ศักยภาพพลังงานนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นพลังงานชีวมวล 691,854 ตัน คิดเป็นพลังงาน เทียบเท่าน้ำมันดิบประมาณ 7.70 ktoe (kilo ton of oil equivalente) ถ้านำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 12.05 GWh หรือเทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าขนาด 1.52 MW จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าจังหวัดน่านสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 0.03 ของศักยภาพพลังงานในระดับประเทศที่มีอยู่ประมาณ 3,943.72 MW

คำสำคัญ: ชีวมวล, พลังงาน, โรงไฟฟ้า

บทนำ

ตามนโยบายกระทรวงพลังงานในการส่งเสริมโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน[1] ในปัจจุบันการพัฒนาโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ประสบปัญหาอยู่หลายประการ ทั้งข้อจำกัดด้านศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ ปัญหาการต่อต้านของชุมชนในพื้นที่รอบโครงการ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) จึงมีแนวความคิดในการพัฒนาจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้ามาจากของเหลือใช้ทางการเกษตรของชุมชน ซึ่งประเทศไทยเราเป็นประเทศที่ทำการเกษตรมาอย่างช้านานจึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก

การพัฒนาจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนอาจเป็นทางออกในการสร้างการยอมรับของชุมชน[4] เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้ามาจากของเหลือใช้ทางการเกษตรของชุมชน การที่ของเหลือใช้ดังกล่าว สามารถขายและจำหน่ายได้ จึงสร้าง

TREC-14 CMUJ

รายได้ให้กับทุกครอบครัวในชุมชนการเกษตรนั้น ๆ จากการที่ชุมชน ได้รับประโยชน์อย่างเด่นชัด โรงไฟห้าชีวมวลชุมชนจึงมีโอกาลได้รับการยอมรับจากชุมชนได้มากกว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดใหญ่ นอกจากนี้การกระจายการจัดทั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในพื้นที่ต่าง ๆ ยังเป็นการช่วยสร้างความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย และการที่ชาวบ้านเกิดความคุ้นเคยกับโรงไฟฟ้าชีวมวลมากขึ้นจะช่วยให้กระแสต่อต้านโรงไฟฟ้าจะสามารถลดลงหรือผ่อนคลายได้ในอนาคต

จากนโยบายดังกล่าวงานวิจัยนี้เลือกจังหวัดน่าน[7]เป็นจังหวัดทางภาคเหนือซึ่งส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดมีพื้นที่ทำการเกษตร 1,482,327 ไร่ โดยวัสดุที่เหลือทางการเกษตรมีศักยภาพเพื่อใช้เป็นเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้า ชีวมวลชุมชน โดยจะนำเสนอวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ ชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณที่เพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนและขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาศักยภาพวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน แนวทางการตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนและแนวทางลดการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาหมอกควัน

วิธีการวิจัย

บทความนี้จะทำการศึกษาข้อมูลชีวมวลของจังหวัดน่าน เพื่อศึกษาศักยภาพวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรงไฟฟ้าชีวมวล รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชและการประกอบกิจกรรมทางการเกษตรของจังหวัดน่าน วิเคราะห์ศักยภาพวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลและขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวล การประเมินปริมาณของชีวมวลของจังหวัดน่าน

ทฤษฎีและการประยุกต์เชิงเส้น[9]

พีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) ข้อมูลบางประเภทมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าทราบข้อมูลบางชนิดก็อาจจะคาดคะเนเกี่ยวกับข้อมูลอีกชนิดหนึ่งได้ แต่ทว่าต้องทราบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้วย เช่น น้ำหนักของบุคคลใดบุคคลหนึ่งย่อมมีความสัมพันธ์กับส่วนสูง ในเรื่องการวิเคราะห์ความถดถอย(regression analysis)จะแยกตัวแปรออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ตัวแปรตาม **y** (dependent- variable) และตัวแปรอิสระx's (independent variable) โดยที่สมการของความสัมพันธ์อาจเขียนได้ดังนี้

$$y = \beta 0 + \beta 1x + \varepsilon \qquad (1)$$

เมื่อ y = น้ำหนัก

x = ส่วนสูง

ε = ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการสังเกต เช่นการวัดหรือการชั่ง เป็นต้น ส่วน β_0และ β_1เป็นพารามิเตอร์ของการถดถอยที่ไม่ทราบค่าซึ่ง β_1จะเป็นตัวบอกอิทธิพลของปัจจัย x ที่มีผลต่อเรื่องที่ศึกษา y สมมุติว่าเราสุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ n มาทำการศึกษาสมการ ที่ (2.1) จะกลายเป็น

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1,2,...,n \qquad (2)$$

ในบางปัญหาตัวแปรอิสระอาจจะมีมากกว่าหนึ่งตัวแปร เช่นการสั่งข้าวของสินค้าบางประเภทอาจจะขึ้นอยู่กับการผลิตภายในประเทศ สต็อกที่มีอยู่ และการบริโภคภายในประเทศซึ่งเราอาจเขียนสมการของความสัมพันธ์ในรูปของ

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i\,1} + \beta_2 x_{i\,2} + \beta_3 x_{i\,3} + \varepsilon_i,\ i = 1, 2,...,n \qquad (3)$$

เมื่อ y = ปริมาณที่สั่งสินค้าเข้า

การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ซึ่งได้พิสูจน์ให้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ได้ดีและกว้างขวางที่สุดตัวแบบหนึ่ง ก็คือตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ในตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นนี้ เราต้องการหาคำตอบอุตตมะ (optimal solution) ของฟังก์ชันเป้าหมายเชิงเส้น (linear objective function) ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงเส้นต่าง ๆ (linear constraints)

รูปแบบทั่วไปของการโปรแกรมเชิงเส้น เป็นรูปแบบซึ่งสามารถจะปรับใช้ได้กับปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะฟังก์ชันเป้าหมายอาจใช้ได้ในรูป กำไร ค่าใช้จ่าย การสูญเสีย เศษเหลือ จำนวนคนงานที่น้อยที่สุดที่จะจ้าง ฯลฯ ส่วน

TREC-14 (MJU)

ข้อจำกัดอาจจะอยู่ในรูปแบบของข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่หรือที่อาจจะหาได้ ข้อจำกัดด้านการตลาด ข้อจำกัดด้านคุณรูป เป็นต้น

ตารางที่ 1 สัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณการผลผลิตที่ใช้ประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลแต่ละชนิด[3]

ลำดับที่	พืชที่เพาะปลูก	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าความร้อน(ตัน)
1	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	0.89	16.32
		ซังข้าวโพด	0.19	18.04
2	ข้าว	แกลบ	0.23	14.27
		ฟางข้าว	1.19	10.24
3	ยางพารา	กิ่งและก้าน	0.25	14.98
4	ลำไย	กิ่งและก้าน	0.25	14.98
5	มันสำปะหลังโรงงาน	ต้นและใบ	0.12	18.42
6	ลิ้นจี่	กิ่งและก้าน	0.25	14.98

ตารางที่ 1 (ต่อ) สัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณการผลผลิตที่ใช้ประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลแต่ละชนิด

ลำดับที่	พืชที่เพาะปลูก	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าความร้อน(ตัน)
7	ถั่วเหลือง	ต้นและใบ	0.18	19.44
8	ปาล์มน้ำมัน	ใบและทางปาล์ม	1.14	0.27
9	เงาะ	กิ่งและก้าน	0.25	14.98
10	กระเทียม	เปลือกและใบ	N/A	N.A
11	กาแฟ	เปลือกและกะลา	0.9	N.A
12	หอมแดง	เปลือกและใบ	N/A	N.A

หมายเหตุ: N/A คือ ข้อมูลไม่ปรากฏ

การคำนวณศักยภาพทางด้านพลังงาน ได้ดังนี้

$$VOR = RP_{ratio} \times VOP_{year} \quad (4)$$

เมื่อ VOR = ปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ (Volume Of Residue agriculture; 106 kg)

RTP_{ratio} = สัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ (Residue To Product ratio; %)

VOP_{year} = ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในรอบปี (Volume Of agricultural Production per year; 10^6 kg)

$$ENU = VOR \times RNU_r \times HHV_R \quad (5)$$

เมื่อ ENU = พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Energy Not Used; 10^{12} J)

RNU_{ratio} = สัดส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Residue Not Used ratio; %)

HHVR = ค่าความร้อนจาเพาะของวัสดุแต่ละชนิด (High Heating Value of Residue; 10^6 kg)

$$TOE = ENU / (42.244 \times 10^9) \quad (6)$$

เมื่อ TOE = พลังงานเทียบเท่าน้ามันดิบ (Tons of Oil Equivalents energy;10^3 toe) โดยกำหนดให้ 1 toe = 42.244×10^9 J (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2544)

$$POE = (ENU \times PE_{hour}) / 3,600 \quad (7)$$

เมื่อ POE = ศักยภาพพลังงานไฟฟูา (Potential Of Energy; 10^9 Whr)

PE_{hour} = กำลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Power of Electric per hour; Whr)

โดยกำหนดให้ 1 Whr = 3,600 J (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556)

$$SOBP = POE / HYP \quad (8)$$

เมื่อ SOBP = ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (Size Of bio-electric plant;10^3 W)

HYP = ชั่วโมงการผลิตต่อปี (Hour per Year to Production; hr)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษา และรวบรวมข้อมูลของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของจังหวัดน่าน พบว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของจังหวัดน่านมาจาก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 1 ข้าวนาปี ยางพารา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 2 ลำไย มันสำปะหลังโรงงาน ลิ้นจี่ ข้าวนาปรัง ถั่วเหลืองรุ่น 2 ปาล์มน้ำมัน เงาะ กระเทียม กาแฟ หอมแดง ถั่วเหลืองรุ่น 1

1.1 พื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดน่าน

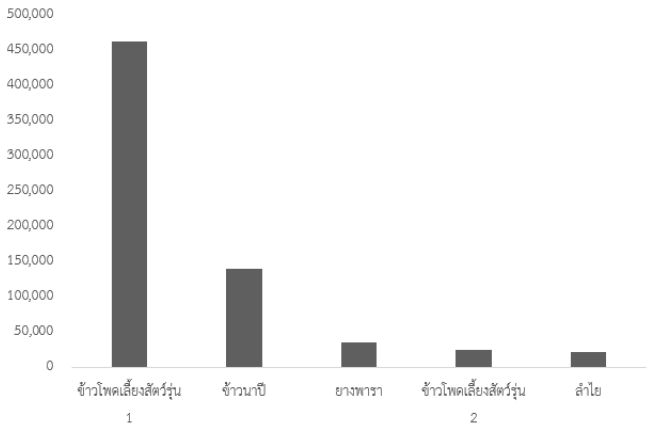
จังหวัดน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 7,170,045 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 4,653,943 ไร่ ร้อยละ 64.91 พื้นที่ทำการเกษตร 1,482,327 ไร่ ร้อยละ 20.67 พื้นที่อยู่อาศัยอื่น ๆ 1,101,409 ไร่ ร้อยละ 15.36 ผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดน่านมีการเพาะปลูกคือ พืชไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้น และพืชผัก โดยพืชที่เพาะปลูกมีปริมาณผลิตทางการเกษตรมากที่สุด 5 ชนิด คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 461,853 ตัน ข้าว 145,069 ยางพารา 31,112 ตัน ลำไย 21,578 ตัน มันสำปะหลังโรงงาน 19,712 ตัน

1.2 ปริมาณผลผลิตและชนิดของผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดน่าน

จังหวัดน่านมีการปลูกพืชเศรษฐกิจ ที่มีศักยภาพทางพลังงานโดยมีผลผลิตทางการเกษตรรวมสูงสุด 5 ชนิด ดังนี้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น ,1 ข้าวนาปี, ยางพารา, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 2, ลำไย จากผลการศึกษา พืชที่ปลูกในจังหวัดน่านโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตทางการเกษตรรวมสูงสุด 5 ชนิด

ลำดับที่	พืชที่เพาะปลูก	เนื้อที่เพาะปลูก(ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิต(ตัน)
1	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 1	634,861	634,703	463,150
2	ข้าวนาปี	268,451	226,414	139,972
3	ยางพารา		226,125	36,406
4	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 2	30,547	30,541	24,804
5	ลำไย		35,684	22,286



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรรวมสูงสุด 5 ชนิด

ตารางที่ 3 ศักยภาพพลังงานวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จังหวัดน่าน

ชนิด	พืชที่เพาะปลูก	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร(kg)	พลังงานชีวมวล (MJ)	เทียบเท่ากำลังไฟฟ้า (GWh)
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	461,853	411,049.17	1.47977
	ซังข้าวโพด		87,700.77	3.15722
ข้าว	แกลบ	145,069	33,365.87	1.20117
	ฟางข้าว		172,664.24	6.2159
ยางพารา	กิ่งและก้าน	31,112	7,778	0.00028
ลำไย	กิ่งและก้าน	21,578	5,676.25	0.0002
มันสำปะหลังโรงงาน	ต้นและใบ	19,712	2,365	0.00008
ลิ้นจี่	กิ่งและก้าน	4,551	1,137.75	0.00004
ถั่วเหลือง	ต้นและใบ	3,127	562.86	0.00002
ปาล์มน้ำมัน	ใบและทางปาล์ม	2,593	2,956.02	0.0001
เงาะ	กิ่งและก้าน	1,025	256.25	0.00001
กระเทียม	เปลือกและใบ	518	N/A	N.A
กาแฟ	เปลือกและกะลา	497	0.9	N.A
หอมแดง	เปลือกและใบ	219	N/A	N.A
รวม		691,854	725,518.08	12.05479

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของจังหวัดน่านที่มีศักยภาพทางพลังงาน 12 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว ยางพารา ลำไย มันสำปะหลังโรงงาน ลิ้นจี่ ถั่วเหลืองรุ่น ปาล์มน้ำมัน เงาะ กระเทียม กาแฟ หอมแดง จังหวัดน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 7,170,045 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 4,653,943 ไร่ ร้อยละ 64.91 พื้นที่ทำการเกษตร 1,482,327 ไร่ ร้อยละ 20.67 พื้นที่อยู่อาศัยอื่นๆ 1,101,409 ไร่ ร้อยละ 15.36 ผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดน่านมีการเพาะปลูกคือ พืชไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้น และพืชผัก โดยพืชที่เพาะปลูกมีปริมาณผลิตทางการเกษตรมากที่สุด 5 ชนิด คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 461,853 ตัน ข้าว 145,069 ยางพารา 31,112 ตัน ลำไย 21,578 ตัน มันสำปะหลังโรงงาน 19,712 ตัน ปริมาณผลผลิตรวมของจังหวัดน่าน จากข้อมูลวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดน่าน ศักยภาพพลังงานนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นพลังงานชีวมวล 691,854 ตัน คิดเป็นพลังงาน เทียบเท่าน้ำมันดิบประมาณ 7.70 ktoe (kilo ton of oil equivalente) ถ้านำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 12.05 GWh หรือเทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าขนาด 1.52 MW จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าจังหวัดน่านสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 0.03 ของศักยภาพพลังงานในระดับประเทศที่มีอยู่ประมาณ 3,943.72 MW

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการสนับสนุนทุนวิจัย Hands-on การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาน่าน ที่ได้ให้ช่วยเหลือในการจัดทำงานวิจัยตลอดจนให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการวิเคราะห์และประมวลผลครั้งนี้และขอขอบคุณ สำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน สำนักงานเศรษฐกิจ

การเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์สำหรับข้อมูลผลผลิตทางเกษตรปี 2562 มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับข้อมูลปริมาณความร้อนของชีวมวล สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. **ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html (17 สิงหาคม 2563).

[2] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. **องค์ประกอบของชีวมวลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้ จาก http://www.efe.or.th/pdf/biomas.pdf (25 สิงหาคม 2563).

[3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้ http://mis-app.oae.go.th/ (1 กันยายน 2563).

[4] ตรองอรรถ ว่องวทัญญู. **โรงไฟฟ้าชีวมวล.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.dede.go.thkmbercPresentationESCOBiomass_ppt (2 กันยายน 2563).

[5] Electrical Power System Knowledge . **โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://protectionrelay.blogspot.com/2010/10/blog-post_12.html (2 กันยายน 2563).

[6] กระทรวงพลังงาน. **แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010).** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/pdp (15 กันยายน 2563)

[7] สำนักงานจังหวัดน่าน. **ข้อมูลจังหวัดน่าน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.nan.go.th/about-article/3/ (24 กันยายน 2563)

[8] กระทรวงพลังงาน. **ฐานข้อมูลพลังงานจังหวัดน่าน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://data.energy.go.th/output/potential (1 พฤศจิกายน 2563)

[9] ประกอบ จิรกิติ. 2535. **การโปรแกรมเชิงเส้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

[10] ธเนศ อุทิศธรรม และคณะ. (2550) การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3**, โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพฯ.

TREC-14 (MJU)

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน กรณีศึกษาสำหรับโรงเรียนประจำตำบลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

Financial Based Approach Analysis for Investigating in Solar Power Project for the Community: The Case Study for Subdistrict School and Health Promoting Hospital

ณัฐพล ใจสำรวม*
Nattapon Jaisumroum*
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

Abstract

This article aims to illustrate the cost and return on investment of solar power projects for communities: The case study for subdistrict school and health promoting hospital. The using of tools for analyze the cost of the project have 2 parts as follows: 1 Decision making without adjusting the time value. (Using the payback period) method 2, the time adjusted decision It consists of using the net present value method, Internal rate of return, Benefit to Cost Ratio and Project Sensitivity Analysis. Hybrid photovoltaic power generation project is to be used as a case study to analyze the investment project of producing electricity from solar cells in case of installing solar cells on the rooftop of the school and hospital building. It has an electric power capacity of 10 kilowatts, which is sufficient for electricity use. The project life is 25 years, initial investment was 383,574 baht and the discount rate was set at 6%. It was found that the payback period of the project was 10 years, NPV was 80,318 baht, IRR was 8.13%, B/C Ratio was 1.66 and able to take risks in case of increased costs by 12 percent.

Keywords: Capital Budgeting Decision, The Solar Power Generation System and Solar Rooftop

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนจากโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน กรณีศึกษาสำหรับโรงเรียนประจำตำบลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ 2 ส่วน ดังนี้ 1 การตัดสินใจโดยไม่ปรับค่าของเวลา โดยการใช้วิธีหาระยะเวลาคืนทุน 2 การตัดสินใจโดยปรับค่าของเวลา ประกอบด้วยการใช้วิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบไฮบริดมาใช้ในการเป็นกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์โครงการลงทุนกรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารโรงพยาบาลและโรงเรียน โดยมีกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้า อายุโครงการมีกำหนด 25 ปี โดยใช้เงินลงทุนเริ่มต้น 383,574 บาท กำหนดอัตราคิดลดร้อยละ 6 พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ คือ 10 ปี 7 เดือน 20 วัน มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทนสุทธิของโครงการเท่ากับ 80,318 บาท อัตราผลตอบแทนโครงการลงทุนเท่ากับร้อยละ 8.13 อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.66 และโครงการสามารถรับความเสี่ยงโดยใช้วิธีการเพิ่มต้นทุนในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ซึ่งสามารถรับความเสี่ยงในกรณีต้นทุนเพิ่มร้อยละ 12 และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า ได้ถึง 337,955 ปอนด์ เทียบกับการใช้ก๊าซธรรมชาติผลิต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์โครงการลงทุน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

IREC-14(MJU)

บทนำ

รัฐบาลได้มีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 เพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานให้กับประเทศ โดยเฉพาะการพัฒนาพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า โดยแนวทางในการพัฒนาพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าของประเทศต้องมีการคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและสามารถใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประเทศไทยได้ให้คำมั่นว่าจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 25% ในปี พ.ศ. 2573 โดยในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการโซล่าร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) [1] ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้ 1 แบบ On-Grid (ใช้พลังงานจากแผงโซล่าร์และการไฟฟ้าพร้อมกัน ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่) 2 แบบ Off-Grid (ใช้พลังงานจากแผงโซล่าร์ โดยไม่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่) 3 แบบ Hybrid รวมเอาการทำงานแบบ On-Grid และ Off-Grid มาทำงานร่วมกัน โดยจะมีระบบแบตเตอรี่สำรองใช้งานเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์หรือผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ และใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการแบบ Hybrid บนหลังคาของอาคารโรงเรียนประจำตำบลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล แสดงดังตารางที่ 1 โดยศึกษาและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนของโครงการดังกล่าว โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ 2 ส่วน ดังต่อไปนี้ 1 การตัดสินใจโดยไม่ปรับค่าของเวลา โดยการใช้วิธีหาระยะเวลาคืนทุน 2 การตัดสินใจโดยปรับค่าของเวลา ประกอบด้วยการใช้วิธีหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเสนอกำลังการผลิตไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ จะผลิตไฟฟ้าได้ 12,000-14,500 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 70-80 ตารางเมตร โดยสามารถใช้ได้กับ หลอดไฟ 14 วัตต์ 40 ดวง โทรทัศน์ LED ขนาด 42 นิ้ว 6 เครื่อง ตู้เย็น 15 คิว 3 เครื่อง แอร์ 12,000 BTU 6 เครื่อง ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 3,150,982 บาท ใน 25 ปี และเพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนประจำตำบลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

ตารางที่ 1 รายการและต้นทุนของโครงการกำลังการผลิตไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ (Solar rooftop)

รายการ	รุ่น	ขนาด	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
Inverter	3 เฟส ขนาด 10 KW	10 KW	1	86,000	86,000
Solar Panel	Poly Crystalline 360w Shutten	1996x992x40 mm.	30	3,080	92,400
DC Breaker	2P 500V 32A	85x36x78.5 mm.	1	1,912	1,912
DC Surge	DC 40KA 1000V 3P		1	1,437	1,437
Fuse	กระบอกฟิวส์ พร้อมฟิวส์ 1000V 25A		1	230	230
AC Breaker	AC 3PH 400V 32A	54x82x70 mm.	1	1,510	1,510
AC Surge	AC 3 PH 40KA 3P 420V		1	1,450	1,450
MC4	MC4 Connector	2x7.3x2 cm.	2	225	450
สาย PV	PV 4sq.mm. bcc มอ.ก. 100 เมตร	100 m.	1	2,300	2,300
Rail 4 M	รางสำหรับยึดแผงโซล่า ยาว 4 เมตร	4.20 m.	18	500	9,000
Mid Clamp	สำหรับยึดขอบระหว่างแผ่น	4x4x1.5 mm.	54	30	1,620
End Clamp	สำหรับยึดขอบรอบนอก	3.65x4x4.36 mm.	54	45	2,430
Tin roof L-Feet	อุปกรณ์สำหรับยึดรางกับหลังคา	4x7x7 cm.	35	35	1,225
Rail Splice	สำหรับต่อความยาวราง		18	45	810
ตู้คอนซูมเมอร์	Control DC / AC		1	2,850	2,850
สายเมนไฟฟ้า	THW AC Main	100 m.	1	1,950	1,950

Battery	LFP6144CB	6.144 kw.	2	73,000	146,000
ค่าติดตั้ง	ใช้จำนวนแรงงาน	70-80 m^2	6	5,000	30,000
		รวมราคาสุทธิ			383,574

วิธีการวิจัย

ในการวิจัยใช้การติดตั้งการผลิตไฟฟ้าแบบ Hybrid โดยการต่อระบบไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 1 การติดตั้ง Panel Boards ด้านไฟฟ้ากระแสตรง Solar Inverter และด้านไฟฟ้ากระแสสลับดังนี้คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar Panels ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 จะถูกส่งเข้าไปยัง DC Panel Board ซึ่งมีอุปกรณ์ Circuit Breaker อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าและ Surge จากนั้นไฟฟ้าจะเข้าไปยัง Solar Inverter ที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 400 - 520 V ซึ่ง Inverter จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ระบบ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220/380 หรืออาจจะ 230/400 V ความถี่ 50 Hz เพื่อเชื่อมต่อหรือ Synchronize เข้ากับระบบของการไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ และการต่อระบบไฟฟ้าจาก Solar Panels เข้า Solar Inverter และเข้าระบบ Network ของการไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 1 การติดตั้ง Panel Boards และภาพรวมของระบบแบบ Hybrid
(**ที่มา**: http://www.somkiet.com/Miscellaneous/SolarRooftop.htm)

ภาพที่ 2 การต่อระบบไฟฟ้าจาก Solar Panels
(**ที่มา:** http://www.somkiet.com/Miscellaneous/SolarRooftop.htm)

1.วิธีการตัดสินใจโดยไม่ปรับค่าของเวลา ใช้วิธีการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Analysis: PB)

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ คือ ระยะเวลาการดำเนินงานโครงการที่ให้ผลตอบแทนสุทธิมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงพอดี เพื่อนำค่าที่ได้มาช่วยในการพิจารณาระยะเวลาของผลตอบแทนว่าคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายการลงทุน ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักจะเลือกโครงการให้ผลตอบแทนเร็วที่สุด เพื่อลดความเสี่ยง และความไม่แน่นอนของโครงการการหาระยะคืนทุนที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายการลงทุน สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังสมการที่ 1

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน / ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี (1)

2. วิธีการตัดสินใจโดยปรับค่าของเวลา โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีในการพิจารณาโครงการ 4 วิธีดังนี้ [2]

2.1 วิธีหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

โดยผลรวมของผลตอบแทนสุทธิของโครงการที่ได้มีการปรับค่าเวลาของโครงการแล้ว เพื่อแสดงผลได้ว่าโครงการให้ผลตอบแทนมีความคุ้มค่าหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจการลงทุนได้ดังนี้ ถ้าค่า NPV > 0 หมายความว่า โครงการนี้มีความคุ้มค่า ควรพิจารณาลงทุน ถ้าค่า NPV < 0 หมายความว่า โครงการนี้ไม่มีความคุ้มค่า จึงไม่ควรพิจารณาลงทุน โดยใช้สูตรในการคำนวณดังสมการที่ 2

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{Bt-Ct}{(1+i)^t}\right) \qquad (2)$$

โดยกำหนดให้ NPV: เป็นมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุของโครงการ Bt: เป็นมูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t Ct: เป็นมูลค่าของต้นทุนในปีที่ t i: เป็นอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย t: เป็นปีของโครงการ คือปีที่ 0,1,2,3,...,n และ n: คืออายุของโครงการ

2.2 วิธีหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ เป็นเกณฑ์การวิเคราะห์ เพื่อหาอัตราผลตอบแทนภายในของเงินลงทุนเทียบกับอัตราดอกเบี้ยในตลาด โดยคำนวณหาอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ โครงการมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งอัตราส่วนลดดังกล่าวทำให้ผลตอบแทนและต้นทุนที่จ่ายไปของโครงการที่ได้คิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน ซึ่งการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนภายในของโครงการมีสูตรในการคำนวณหาดังสมการที่ 3

$$\text{IRR ที่ทำให้ค่า NPV} = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{Bt-Ct}{(1+i)^t}\right) = 0 \qquad (3)$$

โดยกำหนดให้ IRR : อัตราผลตอบแทนในการลงทุน i: เป็นอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย Ct: เป็นต้นทุนสุทธิของโครงการในปีที่ t, Bt: เป็นผลตอบแทนสุทธิในปีที่ t, t: เป็นปีของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...,n และ n: เป็นอายุของโครงการ ซึ่งถ้าค่า IRR > อัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของทุน แสดงว่า โครงการให้ผลตอบแทนมากกว่าอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของทุน จึงเห็นควรพิจารณาลงทุน และ ถ้าค่า IRR < อัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของทุน แสดงว่า โครงการให้ผลตอบแทนน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของทุน จึงไม่เห็นควรพิจารณาลงทุน

2.3 วิธีหาอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit- Cost Ratio: B/C Ratio)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวม หารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ที่มีการปรับค่าเวลาให้เป็นปัจจุบันแล้ว ผลตอบแทนจะเกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ ถึงแม้ว่าเมื่อการลงทุนโครงการผ่านไปแล้ว ในขณะที่ต้นทุนในการก่อสร้างจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงการลงทุนเท่านั้น ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา ตลอดช่วงอายุของโครงการ จากนั้นจึงนำเอากระแสผลตอบแทนและกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ทำการปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้ว มาเปรียบเทียบหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีสูตรในการคำนวณหาดังสมการที่ 4

$$\text{B/C Ratio} = \frac{PV\ (Benefit)}{PV\ (Cost)} = \sum_{t=0}^{n}\left(\frac{Bt}{(1+i)^t}\right) \div \sum_{t=0}^{n}\left(\frac{Ct}{(1+i)^t}\right) \qquad (4)$$

โดยกำหนดค่าตัวแปร B/C Ratio เป็นอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน Bt: เป็นมูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t โดยCt: เป็นต้นทุนสุทธิของโครงการในปีที่ t i: เป็นอัตราคิดลด หรืออัตราดอกเบี้ยม t: เป็นปีของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...,n และ n: เป็นอายุของโครงการ โดยอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ ซึ่งอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (Benefit- Cost Ratio; B/C Ratio) ของโครงการที่เหมาะสมต่อการลงทุนต้องมากกว่า 1 หรืออย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับ 1

2.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis: SA)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทน ที่ทำให้ผลของค่า NPV และ IRR ของโครงการเปลี่ยนแปลงไป เช่น อัตราดอกเบี้ย และผลผลิตในโครงการมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจะต้องมีการสมมติให้ราคามีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งทางที่สูงขึ้นและลดลง เพื่อหาผลกระทบของการปรับตัวของราคาที่มีต่อความเป็นไปได้ของโครงการ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านการ เงินของปัจจัยทุนและผลตอบแทน มีสูตรในการคำนวณหาดังสมการที่ 5

TREC-KMUTT

$$SA = \frac{(NPVb - NPV1)}{NPVb} \div \frac{(Vb - V1)}{Vb} \quad (5)$$

โดยกำหนดให้ Vb: เป็นค่าตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ในกรณีฐาน (Base Case) V1: เป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Test) NPVb: เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในกรณีปีฐาน(Base Case) NPV1:เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Test)

ข้อจำกัดและเงื่อนไข

1. แผงโซล่าร์ ปีที่ 2 ประสิทธิภาพลดลง 2% และจะลดลง 8% เมื่อ 25 ปี ดังนั้นประสิทธิภาพการผลิตลดลงปีละ 0.7%
2. อายุการใช้งานแบตเตอร์รี่ 5 ปี ต้องเปลี่ยนใหม่ งานวิจัยใช้แบตเตอร์รี่ 2 ลูก ราคารวม 146,000 บาท
3. อายุการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า 10 ปี ต้องเปลี่ยนใหม่ ราคาอุปกรณ์ไฟฟ้ารวม 92,989 บาท
4. กำหนดราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย รวมค่า PF. และค่าบริการรายเดือน 312.24 บาท จึงกำหนดราคาไฟฟ้าต่อหน่วย 6 บาท
5. ต้นทุนค่าแรงทางตรง ในการจ้างช่างเทคนิคบำรุงรักษา 13,000 บาท เงินเดือนเพิ่มร้อยละ 4 ต่อปี
6. ต้นทุนในการผลิต อายุงานแบตเตอร์รี่ เปลี่ยน 5 ครั้ง อายุงานอุปกรณ์ไฟฟ้า เปลี่ยน 2.5 ครั้ง ต้นทุนต่อปี 38,500 บาท
7. อัตราค่าไฟฟ้าปรับขึ้นทุก 5 ปี ในอัตรา 0.5 บาท

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลผลตอบแทนโครงการลงทุนตลอดอายุโครงการ 25 ปี แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลตอบแทนกำไรสุทธิจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ปีที่	ไฟฟ้าที่ผลิต (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	รายรับรวม (บาท)	ต้นทุนผลิต (บาท)	ค่าแรง (บาท)	รายจ่ายรวม (บาท)	เงินรับสุทธิ (บาท)	กำไรสุทธิ (บาท)	กำไร/หน่วย (บาท)
0	-	-	-	353,574	30,000	383,574	-383,574	(383,574)	-
1	14,500	6.0	87,000	38,500	11,000	49,500	-346,074	37,500	2.59
2	14,399	6.0	86,391	38,500	11,440	49,940	-309,623	36,451	2.53
3	14,298	6.0	85,786	38,500	11,898	50,398	-274,234	35,389	2.48
4	14,198	6.0	85,186	38,500	12,374	50,874	-239,922	34,312	2.42
5	14,098	6.0	84,589	38,500	12,868	51,368	-206,701	33,221	2.36
6	14,000	6.5	90,997	38,500	13,383	51,883	-167,587	39,114	2.79
7	13,902	6.5	90,360	38,500	13,919	52,419	-129,646	37,942	2.73
8	13,804	6.5	89,728	38,500	14,475	52,975	-92,893	36,752	2.66
9	13,708	6.5	89,100	38,500	15,054	53,554	-57,348	35,545	2.59
10	13,612	6.5	88,476	38,500	15,656	54,156	-23,029	34,319	2.52
11	13,516	7.0	94,615	38,500	16,283	54,783	16,803	39,832	2.95
12	13,422	7.0	93,952	38,500	16,934	55,434	55,322	38,518	2.87
13	13,328	7.0	93,295	38,500	17,611	56,111	92,505	37,183	2.79
14	13,235	7.0	92,642	38,500	18,316	56,816	128,331	35,826	2.71
15	13,142	7.0	91,993	38,500	19,048	57,548	162,776	34,445	2.62
16	13,050	7.5	97,874	38,500	19,810	58,310	202,340	39,564	3.03
17	12,959	7.5	97,189	38,500	20,603	59,103	240,426	38,086	2.94
18	12,868	7.5	96,509	38,500	21,427	59,927	277,008	36,582	2.84
19	12,778	7.5	95,833	38,500	22,284	60,784	312,057	35,049	2.74
20	12,688	7.5	95,162	38,500	23,175	61,675	345,544	33,487	2.64
21	12,599	8.0	100,796	38,500	24,102	62,602	383,737	38,194	3.03
22	12,511	8.0	100,090	38,500	25,066	63,566	420,261	36,524	2.92

TREC-14 (MJU)

23	12,424	8.0	99,390	38,500	26,069	64,569	455,082	34,821	2.80
24	12,337	8.0	98,694	38,500	27,112	65,612	488,164	33,082	2.68
25	12,250	8.0	98,003	38,500	28,196	66,696	519,471	31,307	2.56
รวม	333,623		2,323,650	962,500	458,105	1,420,605		903,045	2.71

ผลตอบแทนความคุ้มค่าของโครงการลงทุน เป็นการวิเคราะห์การดำเนินงาน ในรอบระยะเวลา 25 ปี กำหนดอัตราคิดลดร้อยละ 6 พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ คือ 10 ปี 7 เดือน 20 วัน มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทนสุทธิของโครงการเท่ากับ 80,318 บาท อัตราผลตอบแทนโครงการลงทุนเท่ากับร้อยละ 8.13 และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.66 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลตอบแทนความคุ้มค่าของโครงการลงทุน

วิธีการวิเคราะห์ทางหารเงิน	ผลการคำนวณ
1. ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB)	10 ปี 7 เดือน 20 วัน
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	80,318 บาท
3. อัตราผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR)	ร้อยละ 8.13
4. อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio)	1.66
5. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (SA)	ในกรณีเพิ่มต้นทุน 5% มูลค่าปัจจุบัน 45,291 บาท ในกรณีเพิ่มต้นทุน 10% มูลค่าปัจจุบัน 10,264 บาท

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 41,481 บาท โดยมีรายรับเฉลี่ยต่อปี 92,946 บาท และผลตอบแทนกำไรสุทธิต่อปี เท่ากับ 36,122 บาท โดยที่โครงการสามารถรับความเสี่ยงจากกรณีต้นทุนหรืออัตราคิด ได้สูงสุดร้อยละ 12 และเมื่อระยะเวลาครบ 25 ปี ของโครงการ NPV มีค่ามากกว่า 1 ในขณะที่ IRR มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.13 และ มี B/C Ratio มากกว่า 1 จึงสมควรลงทุนในโครงการดังกล่าว โดยยังไม่ได้คำนึงถึงประโยชน์ในด้านการช่วยลดมลพิษจากการผลิตไฟฟ้า ซึ่งประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ โดยผลิตไฟฟ้า 1 MW จะปล่อยมลพิษ CO_2 1,135 ปอนด์ ที่มาข้อมูลของ US EPA [3] โดยโครงการนี้ช่วยลดการปล่อย CO_2 ถึง 337,955 ปอนด์ และยังไม่รวมถึงช่วยลดอุณหภูมิจากความร้อนบนหลังคาถึง 10 °C โดยส่งผลต่อการประหยัดค่าไฟฟ้าซึ่งยังไม่ได้นำมารวมในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ชุดที่2 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. มกราคม 2554

[2] ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2554.

[3] Kagel, A., Bates, D., & Gawell, K. (2005). A guide to geothermal energy and the environment. Geothermal Energy Association, Washington, DC (USA).

TREC-14 (MJU)

กรณีศึกษาอุปสรรคในการเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm ของโรงไฟฟ้าชีวมวล
Case study on Factors Preventing Biomass Power Plant from Participating in SPP Hybrid Firm Campaign

กัมปนาท ทับมณี[1] ภูมิอานันท์ นิยมนา พิชญ์พงษ์ จันทา กัมปนาท ซิลวา พีรวัฒน์ สายสิริรัตน์ และนุวงศ์ ชลคุป
Kampanat Thabmanee*, Phumanan Niyomna, Pidpong Janta, Kampanart Silva, Peerawat Saisirirat and Nuwong Chollacoop

ทีมวิจัยพลังงานทดแทนและประสิทธิภาพพลังงาน ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

Abstract

Renewable energy plays a crucial role in pursuing carbon neutrality by 2065 – 2070. Thai government has several policies to promote electricity generation from renewable energy. SPP Hybrid Firm is one of those policies that allows small power producers (SPPs) to generate electricity from more than one type of renewable energy in order to ensure continuous power production. However, SPP Hybrid Firm campaign possesses several challenges for power plant owners. Hence, this research aims to study factors preventing renewable power plants from participating in the campaign. It focuses on biomass power plants since they are power plants with high success rate during the SPP Hybrid Firm campaign in 2017. From questionnaires and interviews, it was found that the main issue is fuel procurement. Bagasse relies on the season of sugar cane, resulting in uncertainty in fuel expenses or necessity in purchasing other types of fuel. Wood chips and other energy crops are relatively expensive as they are not byproducts from the production line, and they also require storage. This information will be useful for the design of the power purchasing agreement to make it more flexible, and for the consideration of incentives for power plants that are willing to join the campaign in the future.

Keywords: Renewable energy power plant, SPP Hybrid Firm, Biomass

บทคัดย่อ

พลังงานหมุนเวียนมีบทบาทสำคัญในการตอบโจทย์การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2065 – 2070 ปัจจุบันภาครัฐมีนโยบายในการผลักดันการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนหลายโครงการ หนึ่งในนั้นคือโครงการ SPP Hybrid Firm ที่ให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) สามารถผลิตไฟฟ้าได้จากเชื้อเพลิงมากกว่า 1 ประเภท เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ดี โครงการ SPP Hybrid Firm มีความท้าทายหลายอย่างสำหรับผู้ประกอบการ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการดังกล่าวได้ โดยจะเน้นโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลเนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่ได้ SPP Hybrid Firm มากที่สุดในปี 2560
จากการสำรวจโดยจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่าปัญหาหลักคือการจัดหาเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงจำพวกชานอ้อยต้องอ้างอิงตามฤดูกาลของอ้อย และอาจส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนในต้นทุนเชื้อเพลิง หรือทำให้ต้องจัดหาเชื้อเพลิงชนิดอื่นเพิ่มเติม ส่วนไม้สับหรือพืชพลังงานอื่น มีปัญหาเรื่องราคาที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากไม่ใช่ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต และยังมีความจำเป็นต้องจัดหาสถานที่สำรองเชื้อเพลิงด้วย ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบมาตรการรับซื้อไฟฟ้าให้มีความยืดหยุ่น และสร้างแรงจูงใจให้กับโรงไฟฟ้าที่ต้องการเข้าร่วมโครงการในอนาคต

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนผสมผสานขนาดเล็กพึ่งพาได้ พลังงานชีวมวล

TREC-14 (MJU)

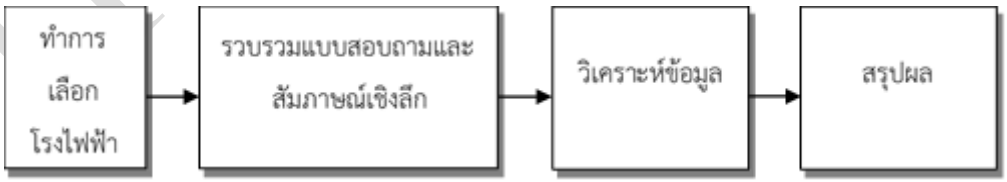
บทนำ

ประเทศไทยผลักดันการเพิ่มสัดส่วนจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องผ่านแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP 2018) ที่ ซึ่งจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 มีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 12,996 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 10.8 และคิดเป็นร้อยละ 15.48 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย [1] อย่างไรก็ดี พลังงานหมุนเวียนส่วนมากไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้สม่ำเสมอ และอาจเป็นภาระในการบริหารจัดการการจำหน่ายไฟฟ้า กระทรวงพลังงานจึงจัดตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบ SPP Hybrid Firm เพื่อให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Power Producer : SPP) ที่โดยปกติผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจากแหล่งเชื้อเพลิงเดียว สามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากเชื้อเพลิงอื่นได้ เช่น ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย) พลังน้ำขนาดเล็ก ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน) พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น นโยบายดังกล่าวจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและทำให้สามารถใช้งานพลังงานหมุนเวียนได้อย่างยั่งยืน [2]

อย่างไรก็ดี การเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm ของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนอาจมีความท้าทายหลายอย่าง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การจัดหาเชื้อเพลิงให้เพียงพอ การอยู่ร่วมกับชุมชน ฯลฯ ทำให้ผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าขนาดเล็กยังลังเลในการเข้าร่วมโครงการ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการดังกล่าวได้ ในเฟสแรกของการศึกษาจะเน้นโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลเนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่ได้ SPP Hybrid Firm มากที่สุดในปี 2560 แต่ก็ยังมีผู้ประกอบการอีกเป็นจำนวนมากที่ตัดสินใจไม่เข้าร่วมการประมูลภายใต้โครงการดังกล่าว ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการจัดทำนโยบายเพื่อสนับสนุนให้โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลสามารถเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm มากขึ้นในอนาคต

วิธีการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm การเลือกโรงไฟฟ้าจะอ้างอิงจากฐานข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (ข้อมูล ณ วันที่ 4 สิงหาคม 2564) โดยจะเลือกให้ครอบคลุมโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลทุกขนาด และครอบคลุมเชื้อเพลิงที่หลากหลาย เช่น ชานอ้อย แกลบ ไม้สับ เป็นต้น ทั้งนี้ จำนวนโรงไฟฟ้าที่ทำการสำรวจโดยการลงพื้นที่ โดยการสัมภาษณ์ออนไลน์ และผ่านการตอบแบบสอบถาม แสดงในตารางที่ 1 คำถามที่ใช้ในแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ แสดงในตารางที่ 2 โดยจะมีข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่บ่งบอกคุณลักษณะของโรงไฟฟ้า และข้อมูลเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบ SPP Hybrid Firm ของโรงไฟฟ้านั้น ๆ อนึ่ง โรงไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กกว่า 10 MW และมีการขายไฟฟ้าในรูปแบบผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer : VSPP) อาจไม่เข้ากรอบสัญญาการซื้อขายไฟฟ้าแบบ SPP Hybrid Firm ในครั้งนี้ อย่างไรก็ดี โรงไฟฟ้าจำนวนหนึ่งมีอุปกรณ์ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้ามากกว่า 10 MW จึงมีศักยภาพในการเข้าร่วมโครงการ นอกจากนี้ หากโครงการ SPP Hybrid Firm ดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น ก็อาจมีการขยายกรอบการเข้าร่วมโครงการให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากสามารถเข้าร่วมโครงการได้ด้วย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

ตารางที่ 2 จำนวนสำรวจโรงไฟฟ้าชีวมวล

ขนาด	ชนิดเชื้อเพลิง	ลงพื้นที่	สัมภาษณ์	แบบสอบถาม
1-3 MW	ไม้ (ชิ้นไม้สับ, เปลือกไม้, เศษไม้, ขี้เลื่อย)	1	1	1
3-10 MW	วัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม	1	3	1
	ใช้ได้หลายชนิด	1	1	3

TREC-14 (MJU)

	ทะลายปาล์ม	2	3	2
	ไม้ (ชิ้นไม้สับ, เปลือกไม้, เศษไม้, ขี้เลื่อย)	1	2	3
	ไม้ยางพารา	-	-	2
	วัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าว (แกลบ, ฟาง)	1	2	2
	วัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำตาล	1	3	3
> 10 MW	ใช้ได้หลายชนิด	1	-	-
	วัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำตาล	2	6	6
รวม		11	21	23

ตารางที่ 3 แบบสอบถามโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

ลำดับ	รายการ
	ข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้า
1	ชื่อบริษัท/โรงไฟฟ้าที่ระบุไว้ตามสัญญาซื้อ-ขายไฟฟ้าปัจจุบัน
2	โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนของท่านผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยวันละกี่ชั่วโมง
3	กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้า (MW)
4	Capacity Factor (MW)
5	กำลังไฟฟ้าตามสัญญา (MW)
6	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง (MW)
7	มีการใช้ไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร ประมาณเท่าใด
8	ช่วงไหนของปีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด
9	ช่วงไหนของปีที่มีการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด
10	สาเหตุที่ผลิตไฟฟ้าได้น้อยเกิดจากอะไร
11	อายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า (ปี)
12	โรงไฟฟ้าของท่านมีปัญหาในการเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าหรือไม่ ถ้ามีโปรดระบุปัญหา
13	ในการดำเนินธุรกิจของท่าน มีความเสี่ยงหรือไม่ อะไรบ้าง โปรดระบุ
	ข้อมูลเชื้อเพลิง
1	ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้
2	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้
3	ปริมาณเชื้อเพลิงสำรอง (ถ้ามี)
4	ต้นทุนเชื้อเพลิงต่อหน่วย (หากไม่มีข้อมูลที่แน่นอน สามารถตอบเป็นช่วง x – y บาทต่อตัน)
5	ค่าอัตราความร้อน (Heat rate) ของโรงไฟฟ้าของท่าน (ความร้อนที่จำเป็นในการป้อนเข้า boiler)
6	Feeding rate ของเชื้อเพลิงเป็นประมาณเท่าไร
7	แหล่งเชื้อเพลิงที่รับซื้อ (สามารถใส่ได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง โดยให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างสถานที่รับซื้อ) หากสามารถแจ้งระยะทางการขนส่งได้ โปรดระบุ
8	จำนวนบริษัทที่ทำการส่งเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้ท่าน
9	ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเสริมภายในโรงไฟฟ้า ท่านมีสถานที่เก็บเชื้อเพลิงเสริมหรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุประเภท)
10	โรงไฟฟ้าของท่านครอบคลุมรัศมีในการรับซื้อเชื้อเพลิงกี่กิโลเมตร จำนวนกี่บริษัท/จังหวัด/ชุมชน

TREC (MJU)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถามเบื้องต้น พบว่าเชื้อเพลิงที่ทางผู้ประกอบการเลือกใช้ส่งผลต่อทั้งต้นทุนและการเลือกประเภทสัญญา Firm และ Non-Firm หากเป็นสัญญาในรูปแบบ Firm โรงไฟฟ้าจะต้องรับประกันการผลิตและจ่ายไฟฟ้าให้ได้ตามสัญญา มิเช่นนั้นจะต้องเสียค่าปรับ ดังนั้น การจัดหาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจะต้องมีความมั่นคงสูง [3] ในทางกลับกัน สัญญาในรูปแบบ Non-Firm จะเหมาะกับโรงไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ [4] ในการวิเคราะห์ผล จึงแบ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล และโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายประเภท

1. โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล

เชื้อเพลิงหลักที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวคือกากอ้อยซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยการผลิตน้ำตาลในแต่ละครั้งอ้อยที่ใช้ 100% จะได้กากอ้อยประมาณ 30% ที่จะเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำในหม้อน้ำ และส่งไอน้ำไปปั่นกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า ดังนั้น กากอ้อยจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดว่าสามารถผลิตไฟฟ้าหรือไม่ และสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉพาะในช่วงฤดูหีบอ้อย และช่วงการละลายน้ำตาลหลังจากการหีบอ้อย โดยปกติช่วงฤดูหีบจะอยู่ช่วงเดือนธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน ช่วงดังกล่าวจะเป็นช่วงที่มีการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดด้วย หลักจากนั้นจะมีช่วงการละลายน้ำตาลอีก 2-4 เดือน ที่อาจมีการลดกำลังการผลิตบางส่วน เดือนที่ผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุดได้แก่ช่วงเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงเตรียมเปิดหีบและเป็นช่วงที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักร นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลในการผลิตไฟฟ้า เช่น ผลผลิตอ้อยที่ได้ในแต่ละปี ซึ่งหากเป็นปีที่อากาศแล้งมากกว่าปกติ ปริมาณอ้อยที่ได้จะน้อยกว่าปกติ และส่งผลให้ระยะเวลาที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เต็มกำลังสั้นลง จากการสัมภาษณ์ เคยมีกรณีที่ราคาอ้อยเพิ่มจากปกติ ที่ 600-800 บาทต่อตัน ขึ้นไปถึง 1,400-1,600 บาทต่อตัน เนื่องจากอากาศแล้งรุนแรงและมีความต้องการอ้อยสูง เพราะฉะนั้น หากโรงไฟฟ้าจะต้องทำสัญญาแบบ Firm สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง คือ

1. ผสมเชื้อเพลิงทางเลือกโดยไม่ปรับปรุงเครื่องจักรผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพความร้อนที่ได้ต่ำลงและอาจส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าต่ำลงด้วย แต่จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้คงที่ตลอดทั้งปี
2. ปรับปรุงเทคโนโลยีให้รองรับเชื้อเพลิงต่าง ๆ ได้มากขึ้น โดยปรับปรุงให้สามรถรองรับค่าความร้อน (Heat Rate) ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ เช่น ใบอ้อย แกลบ ไม้สับ ฟางข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งมาตรการดังกล่าวจำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงหม้อน้ำ (Boiler)
3. ดำเนินการแบบเดิม และเตรียมงบประมาณในการจัดหากากอ้อยหลังจากฤดูหีบ หรือมีมาตรการเพื่อสำรองกากอ้อยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่เห็นว่าจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงจนเกินไป

2. โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายประเภท

โรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทดังกล่าวจะสามารถจัดหาเชื้อเพลิงได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากสามารถรองรับเชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิด เช่น ไม้สับ แกลบ ฟาง ข้าวโพด กากอ้อย จึงทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้แทบทั้งปี เพราะเชื้อเพลิงแต่ละประเภทก็มีฤดูการผลิตที่แตกต่างกันไป สามารถสลับชนิดเชื้อเพลิงเพื่อใช้งานได้ เช่น ไม้สับจะไม่สามารถส่งเชื้อเพลิงได้ในช่วงฤดูฝน ที่การเข้าไปตัดไม้โตไวทำได้ยาก ส่วนแกลบก็เป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว ซึ่งมีทั้งนาปีและนาปรัง โรงไฟฟ้าดังกล่าวจะมีต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิงที่สูงกว่าประเภทแรก เนื่องจากเชื้อเพลิงบางชนิดไม่ใช่ผลพลอยได้จากการผลิต และเนื่องจากโรงไฟฟ้าประเภทนี้มักรับซื้อเชื้อเพลิงจากแหล่งภายนอกทั้งหมด จึงต้องแบกรับต้นทุนค่าขนส่งเพิ่มเติมด้วย หากผู้ประกอบการต้องการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้าในลักษณะ Firm ก็จำเป็นต้องลงทุนกับสถานที่หรืออาคารสำรองเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่สูงอยู่แล้วกลับสูงขึ้นอีก ดังนั้น แนวทางที่จะสนับสนุนให้โรงไฟฟ้าประเภทนี้เข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm คือการกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลตามราคาต้นทุนของแต่ละเชื้อเพลิง เพื่อให้โรงไฟฟ้าชีวมวลทั้งสองประเภทมีกำไรที่เหมาะสม สะท้อนต้นทุนการผลิตจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจปัจจัยที่ส่งผลให้โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ SPP Hybrid Firm สามารถแบ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล และ

IREC-14 CMTD

โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายประเภท สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล ปัญหาหลักคือการจัดหาเชื้อเพลิง (กากอ้อย) ซึ่งต้องอ้างอิงตามฤดูกาลของอ้อย และอาจส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนในต้นทุนเชื้อเพลิง โดยผู้ประกอบการอาจแก้ปัญหาโดยการนำเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาใช้ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลง ปรับปรุงเครื่องจักรให้ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นได้ หรืออาจต้องเพิ่มปริมาณการสำรองกากอ้อยในแต่ละปี ส่วนไม้สับหรือพืชพลังงานอื่น มีปัญหาเรื่องราคาที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากไม่ใช่ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต และยังมีความจำเป็นต้องจัดหาสถานที่สำรองเชื้อเพลิงด้วย ดังนั้น การกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจึงควรคำนึงราคาต้นทุนของแต่ละเชื้อเพลิง ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบมาตรการรับซื้อไฟฟ้าให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น ให้โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสามารถผลิตไฟฟ้าแบบ Hybrid Firm แบบกำหนดช่วงเวลาเพียงปีละ 6-9 เดือนได้ โดยต้องส่งแผนการเดินเครื่องล่วงหน้า หรือมีมาตรการสร้างแรงจูงใจให้กับโรงไฟฟ้าที่ต้องการเข้าร่วมโครงการในอนาคต เช่น การกำหนดราคารับซื้อตามต้นทุนของแต่ละเชื้อเพลิง หรือการเพิ่มมาตรการจูงใจทางการเงินอื่น ๆ ให้แก่ผู้ประกอบการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางผู้ประกอบการที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลโรงไฟฟ้าเบื้องต้น เช่น กำลังการผลิตตามจริง แหล่งเชื้อเพลิง ข้อมูลในการผลิต เป็นต้น ข้อมูลต้นทุนโรงไฟฟ้า เช่น ต้นทุนเชื้อเพลิง ต้นทุนการดำเนินการและซ่อมบำรุง (Operate & Maintenance : O&M) และความเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, (2563), แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1

[2] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, (2560), ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ SPP Hybrid Firm

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, (2553), ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ประเภทสัญญา Firm ระบบ Cogeneration

[4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, (2552), ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ประเภทสัญญา Non-Firm

TREC-14 (MJU)

แนวทางการพิจารณากิจกรรมเพื่อสังคม (CSR) สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน
Corporate Social Responsibility (CSR) Guidelines for Renewable Energy Power Plant Establishment

พิชญ์พงษ์ จันทา*, วัชรากร อินทะโน, Khemrath Vithean, กัมปนาท ซิลวา, และนุวงศ์ ชลคุป
Pidpong Janta*, Watcharakorn Intano, Khemrath Vithean, Kampanart Silva and Nuwong Chollacoop

ทีมวิจัยพลังงานทดแทนและประสิทธิภาพพลังงาน กลุ่มวิจัยนวัตกรรมพลังงาน ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ปทุมธานี 12120

Abstract

Establishment of a renewable energy power plant needs to take into account financial resources, types of energy power plant, and other several factors. One of the important factors is the expenditure for corporate social responsibility (CSR) activities. The study's objective is to examine vital CSR activities among six types of renewable energy power plants through interviewing stakeholders to realize the way to conduct CSR activities. Based on the interviews of 41 power plants, the study found that most renewable energy power plants have activities to develop good relationship with the community, build local careers and generate local income, while some CSR activities vary with the local social context. Power plants using fuels for electricity generation: biomass, biogas and waste, give higher priority to CSR activities as their process could generate undesirable smoke or smell. If was found that the local context is a crucial factor for the determination of necessary CSR activities. Hence, a plan and a reserved capital for CSR activities should be prepared before the establishment of a renewable energy power plant.

Keywords: Community Power Plant, Renewable Energy Power Plant, Corporate Social Responsibility, Power Plant Investment, Reserved Capital

บทคัดย่อ

การจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจำเป็นต้องคำนึงถึงทรัพยากรทางด้านการเงิน ประเภทโรงไฟฟ้า และปัจจัยอื่น ๆ หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญคือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเพื่อสังคม การศึกษานี้มีเป้าหมายในการสำรวจกิจกรรมเพื่อสังคมที่สำคัญของโรงไฟฟ้า 6 ประเภท ด้วยการสัมภาษณ์ผู้ที่ส่วนส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมดังกล่าว เพื่อให้ทราบแนวทางในการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมในโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท จากผลการศึกษาการสัมภาษณ์โรงไฟฟ้า 41 แห่ง พบว่าโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเกือบทุกแห่งมีกิจกรรมเพื่อการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน สร้างอาชีพและรายได้ให้แก่ประชาชนในพื้นที่ และมีกิจกรรมเพื่อสังคมบางส่วนที่แตกต่างกันตามบริบทของชุมชน โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้ความสำคัญกับการทำกิจกรรมเพื่อสังคมมากกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่น เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าอาจมีการปล่อยควันและส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่อชุมชน ทั้งนี้ จะเห็นว่าบริบทของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญต่อ การกำหนดกิจกรรมเพื่อสังคมที่โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนควรดำเนินการ ก่อนการจัดตั้งโรงไฟฟ้าจึงควรมีการวางแผนและสำรองต้นทุนสำหรับการทำกิจกรรมเพื่อสังคมด้วย

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าชุมชน โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน กิจกรรมเพื่อสังคม การลงทุนโรงไฟฟ้า ต้นทุนสำรอง

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองต่อความต้องการในการดำรงชีวิตของประชาชนในสังคม การเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องทำให้ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงมากขึ้นในปัจจุบัน [1] การเพิ่มสัดส่วนของพลังงานทดแทนเป็นหนึ่งวิธีในการบรรลุเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามแผนพัฒนาพลังงาน

TREC-14 (MJU)

ทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP2018) [2] ทั้งนี้การจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนมีขั้นตอนที่ละเอียด ทั้งการเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้า [3] การเลือกประเภทโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม การสร้างการยอมรับโรงไฟฟ้า [4] และการเตรียมงบประมาณสำหรับการลงทุนจัดตั้งโรงไฟฟ้า โดยการลงทุนจัดตั้งโรงไฟฟ้าแต่ละประเภท จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทั้งในรูปแบบของค่าใช้จ่ายในการลงทุน (capital expenditure: CAPEX) เช่น ค่าใช้จ่ายด้านเทคโนโลยี ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (operating expenditure: OPEX) เช่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานบริหาร ค่าใช้จ่ายในการติดตามเฝ้าระวัง การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง มีค่าใช้จ่ายอีกหนึ่งอย่างที่ควรได้รับความสนใจระหว่างก่อนการก่อตั้งโรงไฟฟ้าคือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเพื่อสังคม (corporate social responsibility: CSR) ค่าใช้จ่ายนี้เป็นหนึ่งค่าใช้จ่ายที่สำคัญและมักจะถูกมองข้าม กิจกรรมเพื่อสังคมเป็นหนึ่งในแนวทางในการดำเนินธุรกิจสำหรับโรงไฟฟ้า ซึ่งทำให้สามารถอยู่ร่วมกับชุมชนและสังคมได้

ผู้ประกอบการสามารถดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับคนในชุมชน การทำให้ชุมชนมีพลังงานใช้อย่างยั่งยืน การสร้างรายได้ให้แก่คนในชุมชน การลดปัญหาการโยกย้ายถิ่น การรักษามาตรฐานและระเบียบด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม [5] การสร้างความปลอดภัยให้กับพนักงานรวมถึงคนในชุมชน ทั้งนี้การทำกิจกรรมเพื่อสังคมอาจแตกต่างกันออกไปตามบริบทของโรงไฟฟ้าและบริบทของพื้นที่ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ อาจจัดงบประมาณในการช่วยเหลือและสนับสนุนกิจกรรมของชุมชน ทั้งด้านการศึกษา ประเพณีและวัฒนธรรมในท้องถิ่น จัดโครงการสาธิตสำหรับการเรียนรู้ให้กับชุมชน รับสมาชิกในชุมชนเป็นพนักงานของบริษัท [6] หรือโรงไฟฟ้าจากพลังงานขยะที่บ่อยครั้งจะพบปัญหาด้านความสะอาด กลิ่น และสุขอนามัยของพื้นที่ ก็จะให้ความสำคัญในการบริหารจัดการขยะที่ไม่ใช้แล้วทั้งที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายต่อคนในชุมชน โดยการบำบัด กำจัดและนำกลับมาใช้ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังคำนึงถึงความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยของพนักงานและชุมชนใกล้เคียง [7]

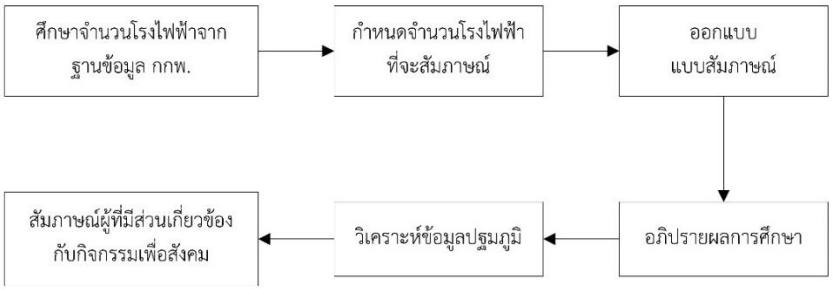
การศึกษานี้มีเป้าหมายในการสำรวจกิจกรรมเพื่อสังคมที่สำคัญของโรงไฟฟ้า 6 ประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าพลังงานลม โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพและโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ด้วยการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมดังกล่าว เพื่อเสนอแนะแนวทางการพิจารณากิจกรรมเพื่อสังคมที่จำเป็นต่อการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน และเป็นประโยชน์ในการวางแผนการลงทุนในโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

วิธีการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดงผังขั้นตอนการศึกษา โดยการศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจกิจกรรมเพื่อสังคมของโรงไฟฟ้าในประเทศไทยทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าพลังงานลม โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพและโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิเชิงคุณภาพ (primary qualitative data) และใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ในปัจจุบัน การเก็บรวบรวมข้อมูลโรงไฟฟ้าในบางพื้นที่จำเป็นต้องดำเนินการโดยสัมภาษณ์ผ่านระบบประชุมออนไลน์ เพื่อลดความเสี่ยงการแพร่เชื้อทั้งผู้สัมภาษณ์และผู้ได้รับการสัมภาษณ์ กลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์ได้แก่ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานกิจกรรมเพื่อสังคมทั้งผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่ร่วมทำกิจกรรม ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งกิจกรรมเพื่อสังคมที่สำคัญและควรได้รับการคำนึงถึงก่อนการก่อตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

การกำหนดพื้นที่การศึกษาและโรงไฟฟ้าที่จะทำการเข้าสัมภาษณ์เริ่มจากการศึกษาจำนวนโรงไฟฟ้าที่อ้างอิงจากฐานข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ณ วันที่ 4 สิงหาคม 2564 โดยข้อมูลดังกล่าวครอบคลุมจำนวนโรงไฟฟ้า จำนวนสัญญา และขนาดของโรงไฟฟ้าทั้ง 6 ประเภท จำนวนโรงไฟฟ้าที่เข้าสัมภาษณ์ถูกคัดเลือกให้สอดคล้องกับความเหมาะสมของกฎระเบียบด้านความปลอดภัยในการเข้าสัมภาษณ์ภายในโรงไฟฟ้า และให้มีจำนวนที่เพียงพอและครอบคลุมแต่ละประเภทและขนาดของโรงไฟฟ้า จำนวนโรงไฟฟ้าที่จะทำการเข้าสัมภาษณ์แสดงดังตารางที่ 1

TREC-14 (CE) 2021



ภาพที่ 1 ผังขั้นตอนการศึกษา

ตารางที่ 4 จำนวนโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามฐานข้อมูลและที่สัมภาษณ์

ประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน	ขนาด	จำนวนตามฐานข้อมูล	จำนวนที่สัมภาษณ์ (On-site)	จำนวนที่สัมภาษณ์ (Online)
พลังงานแสงอาทิตย์	> 10 MW	9	0	1
	1-10 MW	430	7	2
	< 1 MW	125	4	1
พลังงานลม	> 10 MW	22	1	0
	< 10 MW	12	1	0
พลังงานน้ำขนาดเล็ก	> 1 MW	14	1	0
	< 1 MW	18	1	0
พลังงานชีวมวล	> 10 MW	37	1	2
	3-10 MW	160	6	2
	1-3 MW	22	1	0
	< 10 MW	18	0	0
พลังงานก๊าซชีวภาพ	< 10 MW	182	3	1
พลังงานขยะ	> 10 MW	4	0	1
	3-10 MW	33	1	1
	1-3 MW	9	1	0
	< 1 MW	10	2	0
รวม		**1105**	**30**	**11**

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 มีการสัมภาษณ์โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนทั้งในรูปแบบลงพื้นที่และผ่านระบบออนไลน์ทั้งหมด 41 แห่ง การสัมภาษณ์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีจำนวนมากที่สุด เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีสัดส่วนมากที่สุดในฐานข้อมูลโรงไฟฟ้าของ กกพ. จำนวนการสัมภาษณ์โรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวจึงมีตัวเลขสูงกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่น ทั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมโรงไฟฟ้าทุกประเภทและขนาด การเก็บรวบรวมข้อมูลจึงกระจายตามประเภทของโรงไฟฟ้าและขนาด อย่างไรก็ดี ด้วยระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำกัด ผลการศึกษาปัจจุบันยังเป็นผลการศึกษาเบื้องต้น และอาจมีการลงพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการศึกษาเพิ่มเติม

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมเพื่อสังคม พบว่าโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทมีการดำเนินการกิจกรรมเพื่อสังคมที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของการดำเนินธุรกิจและพื้นที่ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มประเภทที่มีปัญหากับชุมชนค่อนข้างน้อย ประกอบไปด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าพลังงานลม และโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการดำเนินธุรกิจด้วยโรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวไม่สร้างความเดือดร้อนกับประชาชนในพื้นที่มากนัก อย่างไรก็ดี โรงไฟฟ้าในกลุ่มนี้ควรสำรองงบประมาณสำหรับการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมไว้ส่วนหนึ่งสำหรับกรณีฉุกเฉิน

TREC-14 (MJU)

โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้าม กลุ่มประเภทที่มีปัญหากับชุมชนค่อนข้างมาก ประกอบไปด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพและโรงไฟฟ้าขยะ ซึ่งกลุ่มนี้มีกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่รบกวนต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ จึงมีค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมค่อนข้างสูง การดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมเพื่อสร้างการยอมรับในบางโรงไฟฟ้าใช้เวลามากถึง 2 ปี และทำให้ค่าใช้จ่ายของการดำเนินงานและการบำรุงรักษา (operation and maintenance: O&M) สูงถึง 13.6% ของรายได้

จากตารางที่ 2 พบว่า โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีการทำกิจกรรมเพื่อสังคม 3 รูปแบบ ประกอบไปด้วย การดำเนินกิจกรรมสาธารณประโยชน์สำหรับคนในพื้นที่ เช่น การลอกคลองในชุมชนเพื่อลดความเสี่ยงต่อภัยทางธรรมชาติ การสร้างถนนคอนกรีตเพื่อใช้ในการเดินทางสำหรับประชาชนในชุมชน การสร้างอาชีพและรายได้ให้ประชาชนในพื้นที่โดยการจ้างงาน (การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์และการกำจัดวัชพืช) และการบริจาคอุปกรณ์ป้องกันโควิด-19 สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มักจะตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งติดกับแหล่งพื้นที่ป่าและพื้นที่ทำการเกษตรของประชาชนในพื้นที่ ได้มีการสร้างแนวกันไฟเพื่อลดความเสียหายจากการเผาป่าหาของป่าของประชาชนในพื้นที่ นอกจากนี้ ช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 โรงไฟฟ้าได้มีการสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนในจังหวัดโดยการจ้างงานคนในพื้นที่ที่มีความเชี่ยวชาญมาซ่อมแซมอุปกรณ์ที่เสียหาย ในด้านของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าที่บริหารโดยภาครัฐจะคำนึงถึงความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่เป็นสำคัญ โรงไฟฟ้าจึงมุ่งเน้นการจัดสรรทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอสำหรับการทำเกษตรของประชาชนในพื้นที่

ในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล เป็นโรงไฟฟ้าที่มักได้รับข้อร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่บ่อยครั้ง เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลมักมีควันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอาจส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่อพื้นที่โดยรอบ การทำกิจกรรมเพื่อสังคมประกอบด้วยหลายประเด็น ได้แก่ การมอบทุนการศึกษาให้แก่ประชาชนในพื้นที่ การบริจาคสิ่งของสำหรับใช้ในการดำรงชีวิต การสืบสานประเพณีไทยในวันสำคัญต่าง ๆ การสร้างอาชีพและรายได้ให้แก่ประชาชนในพื้นที่โดยการทำเกษตรพันธสัญญา การจ้างงานคนพื้นที่เป็นจำนวนมาก (สูงสุดมากกว่า 90% ของพนักงาน) การรับซื้อเชื้อเพลิงจากชาวบ้านโดยตรง การสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงาน เช่น การสร้างบ้านพักภายในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าให้แก่พนักงาน รวมไปถึงการรักษาความปลอดภัยและการจัดหาวัคซีนให้แก่พนักงาน และการแก้ไขปัญหาตามข้อร้องเรียน โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพก็มักได้รับข้อร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่ เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานดังกล่าวสร้างกลิ่นรบกวนจากของเสียที่ใช้ ทั้งยังถูกมองว่าอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรค

ตารางที่ 2 สรุปกิจกรรมเพื่อสังคมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท

ประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน	กิจกรรมเพื่อสังคม
พลังงานแสงอาทิตย์	1. กิจกรรมสาธารณประโยชน์
	2. การสร้างอาชีพและรายได้ให้แก่สมาชิกในชุมชน
	3. การบริจาคอุปกรณ์ป้องกันโควิด-19
พลังงานลม	1. การสร้างแนวกันไฟ
	2. การสร้างรายได้ให้แก่คนในจังหวัด
พลังงานน้ำขนาดเล็ก	1. การจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร
พลังงานชีวมวล	1. การให้ทุนการศึกษา
	2. การบริจาคสิ่งของสำหรับการดำรงชีวิต
	3. การสืบสานประเพณีไทย
	4. การสร้างอาชีพและรายได้ให้แก่สมาชิกในชุมชน
	5. การสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงาน
	6. การแก้ไขปัญหาตามข้อร้องเรียน
พลังงานก๊าซชีวภาพ	1. การสร้างรายได้ให้แก่สมาชิกในชุมชน
	2. การบริจาคสิ่งของสำหรับการดำรงชีวิต
พลังงานขยะ	1. การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม
	2. การช่วยเหลือชุมชนทางอ้อม
	3. การจัดตั้งกองทุนสนับสนุนคุณภาพชีวิต

TREC-IACMUD

ดังนั้นโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพจึงพยายามอย่างหนักเพื่อสร้างความยอมรับจากประชาชนในพื้นที่ โดยการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมที่เอื้อประโยชน์ให้กับชาวบ้านในพื้นที่ อาทิ การรับซื้อเชื้อเพลิงจากชาวบ้านในพื้นที่โดยรอบเพื่อกระจายรายได้ หรือการสนับสนุนของใช้ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานขยะที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่อยู่อาศัยของประชาชน มุ่งเน้นการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยมีการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงก่อนนำไปผลิตไฟฟ้าเพื่อลดมลพิษที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศและการจัดทำระบบบำบัดไอเสียตามมาตรฐานที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด นอกจากนี้ ยังมีการช่วยเหลือชุมชนทางอ้อมโดยการแสดงเจตนาในการนำขยะชุมชนในพื้นที่โดยรอบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณขยะและสร้างสัมพันธไมตรีที่ดีต่อชุมชน และการจัดตั้งกองทุนนอกเหนือค่าใช้จ่ายที่โรงไฟฟ้าจำเป็นต้องชำระตามกฎหมายเพื่อสนับสนุนคุณภาพชีวิตให้แก่ประชาชนในพื้นที่และการตรวจสุขภาพสำหรับประชาชนในพื้นที่ จากข้อมูลข้างต้นทำให้เห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมเป็นต้นทุนแฝงที่สำคัญและควรคำนึงถึงก่อนการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้า

ทั้งนี้มีโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพบางแห่งที่ไม่ให้ความสำคัญกับการทำกิจกรรมเพื่อสังคมแก่ประชาชนโดยรอบในช่วงแรก ทั้งในเชิงการแก้ไขเยียวยาปัญหาทางสังคมและการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้โรงไฟฟ้าแห่งนั้นได้รับข้อร้องเรียนจากประชาชนเป็นจำนวนมาก ทำให้โรงไฟฟ้าดังกล่าวต้องปิดตัวลงชั่วคราว และมีบริษัทอื่นที่มีความเชี่ยวชาญมากกว่ามารับช่วงต่อ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการสังเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมเพื่อสังคมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนทั้ง 6 ประเภท พบว่าโรงไฟฟ้ามุ่งเน้นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน และสร้างอาชีพและรายได้ให้แก่สมาชิก เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างการยอมรับจากประชาชนในชุมชน โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ และโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ให้ความสำคัญกับการทำกิจกรรมเพื่อสังคม เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าอาจมีการปล่อยควันและส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่อชุมชน จึงต้องมีกิจกรรมเพื่อสังคมเพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้โดยที่ต่างฝ่ายต่างได้รับผลประโยชน์ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ บริบทของชุมชนหรือสังคมก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อประเภทหรือกิจกรรมเพื่อสังคมที่โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนรับผิดชอบ ก่อนการจัดตั้งโรงไฟฟ้าจึงควรมีการวางแผนการทำกิจกรรมเพื่อสังคมอย่างละเอียดถี่ถ้วน ผ่านการศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิหรือการรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนในพื้นที่เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความต้องการของชุมชนอย่างถ่องแท้ ทั้งนี้ เนื่องจากการทำกิจกรรมเพื่อสังคมอาจเปลี่ยนแปลงไปตามบริบทที่เปลี่ยนไปของชุมชนโดยรอบ ผู้ประกอบการจึงควรสำรองต้นทุนสำหรับการทำกิจกรรมเพื่อสังคม และมีงบประมาณสำรองสำหรับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากตัวแทนผู้ประกอบการทั้งผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์ทุกท่าน ตลอดจนผู้ที่อำนวยความสะดวกในการเข้าชมพื้นที่โรงไฟฟ้า ที่ทำให้การศึกษานี้ดำเนินไปได้ด้วยดีจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] อวยชัย เจริญยิ่งสุขจินดา. (2558). **การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนนโยบายสนับสนุนของภาครัฐต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากจากเศษไม้ยางพาราในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษเฉพาะกิจ กรณีศึกษา :อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา.** มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[2] กระทรวงพลังงาน. (2563). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP2018).** กรมพัฒนาพลังงานและแผนอนุรักษ์พลังงาน.

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). (2560). **เลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า ต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=2056:art-2017071901&catid=49&Itemid=251.

TREC-IA (MJD)

[4] อัฐวุฒิ สืบประดิษฐ์ และสุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ. **แนวทางสร้างการยอมรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช.** การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ 4 (The 4th National Conference on Public Affairs Management).

[5] พีรภพ จอมทอง. (2559). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้า.** มหาวิทยาลัยศิลปกร

[6] Energy Absolute. ความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก http://www.irplus.in.th/listed/EA/pdf/EA_CSR.pdf.

[7] บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน). (2563). **Annual Report 2020** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก https://www.irplus.in.th/Listed/BWG/annual/an_bwg_2020_E.PDF.

TREC-14 (MJU)

การประเมินด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ในการเชื่อมโยงระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาพิกัดกำลัง 100 กิโลวัตต์ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ น่าน

Efficiency Evaluation and Economics of 100 Kwp Grid-tiled Rooftop Solar Power Generation System for Nan sericulture center

ไตรรัตน์ ปะทิ[1]*
TRIRATH PATI[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

Abstract

This paper presents the grid connected power efficiency of Solar Rooftop, this main concept will to reducing energy costs. Which the Nan sericulture center is a government agency. It is responsible for breeding silkworm for give to farmers. each year, the center it tends to higher energy cost with pumping and air condition to use in the raising silkworms process.

The result of the technical efficiency from the maximum power generation of rooftop solar system is 415 kWh/day. and the result of the economic analysis at the net present value is 1.98 million baht. Payback period. 7.9 years. when comparing the electricity generation from rooftop solar power to the electricity demand rate. It was found that rooftop solar power systems can reduce energy demand up to 45.32%. the report technical and economic system analysis This can be used as a model for electric power management in other areas of the The Queen Sirikit Department of Sericulture.

Keywords: Efficiency Rooftop Energy

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา(Solar Rooftop) โดยมีจุดประสงค์หลักสำหรับลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ จังหวัดน่าน ที่เป็นหน่วยงานราชการมีภารกิจในด้านการเพาะพันธุ์ตัวอ่อนไหมสำหรับจำหน่ายให้เกษตรกรนำไปเพาะเลี้ยงต่อ มีอัตราค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากมีการใช้เครื่องปรับอากาศในกระบวนการอนุบาลเลี้ยงตัวไหมและปั้มน้ำรดต้นหม่อน คิดเป็น 76.38% ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด การออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะติดบนหลังคาของอาคารเพาะเลี้ยงไหม(ไหมวัยอ่อน) ซึ่งเป็นพื้นที่ในการติดตั้งที่เหมาะสมต่อการรับรังสีจากดวงอาทิตย์ งานวิจัยนี้โดยทำการวิเคราะห์ศักยภาพด้านกำลังการผลิตและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาพิกัดกำลัง 100 kWp จ่ายให้กับโหลดในช่วงที่มีแสงแดดเพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีกำลังการผลิตสูงสุด 415 kWh/day และผลการวิเคราะห์ในด้านเศรษฐศาสตร์ที่ระยะเวลาการคืนทุน 7.9 ปี เมื่อเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคากับอัตราความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้สูงถึง 45.32% ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา มีความคุ้มค่าในการติดตั้งทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สามารถนำไปเป็นต้นแบบด้านการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่เพาะเลี้ยงไหมของกรมหม่อนไหมในพื้นที่อื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: แสงอาทิตย์ พลังงาน เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญตอระบบเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตของประชากรทั่วโลก ในปจจุบันความต่องการใชพลังงานในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจัยหลักเกิดจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นและ เทคโนโลยีที่มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วโดยในอนาคต ในปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาด้านพลังงานทดแทน

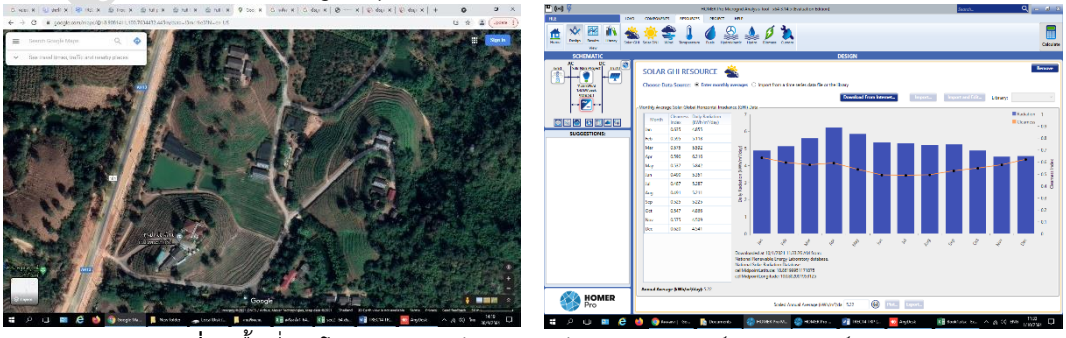
และพลังงาน หมุนเวียนมากขึ้นอันเนื่องมาจากว่าช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นปัจจัยที่มี ความสำคัญเพราะเป็นพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนซึ่งสามารถใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุดอีกทั้งยังจะช่วยรักษาสภาพแวดล้อมไม่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน การส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคตได้อย่างยั่งยืน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้านั้นเป็นที่นิยมกันมากขึ้นในปัจจุบันแต่ข้อจำกัดสำคัญอย่างหนึ่งของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์คือ ช่วงเวลาในการผลิตมีข้อจำกัด เนื่องจากในแต่ละวันจะมีแสงจากดวงอาทิตย์เพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ส่วนในช่วงเวลากลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ถึงแม้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงข้อดีและต้นทุนการผลิต กระแสไฟฟ้าที่ปราศจากมลพิษและการใช้พลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติแล้วนั้น การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการ ผลิตไฟฟ้าจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจอย่างยิ่ง[1,3] ดังนั้นในการที่นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น การออกแบบระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง[5]

การนำอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของบริเวณที่จะใช้งานด้วย โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่ง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง จากการที่ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในเกณฑ์สูง โดย พลังงานโดยเฉลี่ยซึ่งรับได้ทั่วประเทศประมาณ 4 ถึง 4.5 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ประกอบด้วยพลังงานจากรังสีตรง (direct radiation) ประมาณร้อยละ 50 ส่วนที่เหลือเป็นพลังงาน รังสีกระจาย (diffused radiation) ซึ่งเกิดจากละอองน้ำในบรรยากาศ(เมฆ)ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณที่ห่างจากเส้นศูนย์สูตร ออกไปทั้งแนวเหนือ- ใต้ ในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากมีตั้งแต่ขนาดใหญ่อย่างโรงไฟฟ้า จนถึงขนาดเล็กตามสถานประกอบการและอาคารบ้านเรือน [2,3]

กรมหม่อนไหม สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2552 เพื่อการอนุรักษ์ส่งเสริมการวิจัย และพัฒนาในเรื่องของหม่อนไหม โดยปัจจุบันมีการผลิตตัวไหม โดยเฉพาะเส้นใย รังไหม แผ่นใยไหมเป็นสินค้าส่งออกไปยังประเทศเกาหลี เพื่อนำไปผลิตเป็นเครื่องสำอาง แผ่นมาส์กหน้าจากใยไหม เพราะในเส้นใยไหมจะอุดมไปด้วย เซริซิน ไฟเบอร์อิน ในขณะนี้ตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูง แต่กำลังการผลิตยังผลิตให้ไม่พอกับความต้องการของตลาด จึงต้องมีภารกิจในด้านการเพาะพันธุ์ตัวอ่อนไหมและต้นหม่อนสำหรับจัดจำหน่ายให้เกษตรกรนำไปเพาะเลี้ยงต่อ

วิธีการวิจัย

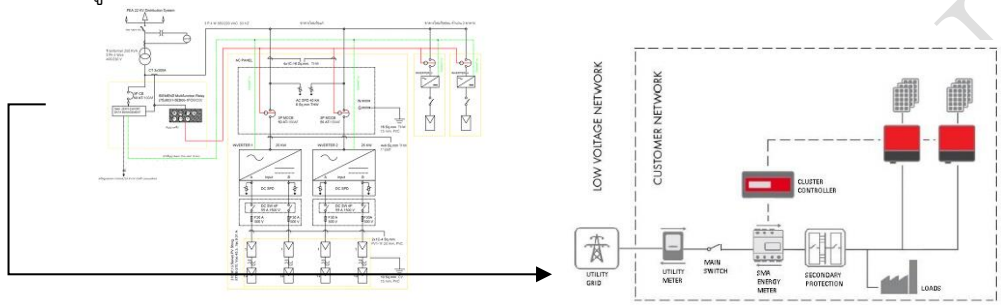
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่พอเพียงตลอดทั้งปี เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดไป การวิจัยนี้จะวิเคราะห์ถึงต้นทุนในการลงทุน ปัญหาและอุปสรรค เพื่อเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ จังหวัดน่าน ที่มีปัญหาด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานและลดต้นทุนค่าไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบต้นทุนในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จะผลิตได้จากระบบและสามารถส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (On grid system) เลือกติดตั้งบนหลังคาอาคารเพาะเลี้ยงไหม เพื่อลดความร้อนจากการแผ่รังสีแสงทิตย์ลงสู่อาคาร ช่วยลดอุณหภูมิใต้หลังคา รวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนในระบบเชื่อมสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีลำดับขั้นตอนดังนี้ [2,3]



ภาพที่ 1 พื้นที่ของโครงการและศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากซอฟแวร์Homer

จากการสำรวจการใช้พลังงาน เมื่อเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม ปี 2561 พบว่ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 133,497 หน่วยต่อปีเฉลี่ยเท่ากับ 11,124.80 หน่วยต่อเดือน โดยระบบไฟฟ้าหลักเชื่อมต่อที่แรงดันไฟฟ้าแรงสูง 22 กิโลโวลต์โดยผ่านหม้อแปลงขนาด 250 กิโลโวลต์แอมป์ จ่ายกำลังไฟภาคแรงต่ำ3เฟส สำหรับใช้ในหน่วยงาน

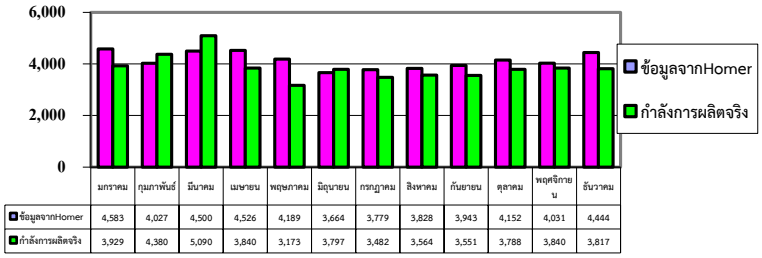
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัย มีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้ ออกแบบขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 100 kWp ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly-crystalline silicon ขนาด 310 Wp จำนวน 322 แผง ต่ออนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า 13 แผงต่อสตริง(string) และต่อขนานเพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้ได้ 2อินพุตต่ออินเวอร์เตอร์ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 25 kW จำนวน 4 เครื่อง จากนั้นเชื่อมต่อเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าใช้งานเข้าทางด้านแรงต่ำของระบบไฟฟ้าเดิมของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ จังหวัดน่าน โดยมีชุด Energy meter ต่อกับหม้อแปลงวัดกระแสเพื่อวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบและใช้เพื่อตรวจจับกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลย้อนออกสู่การระบบจำหน่าย(Zero Export) และมีรีเลย์ป้องกันตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของระบบผลิตไฟฟ้า

ทำการเปรียบเทียบผลของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในขั้นตอนการออกแบบเทียบกับการใช้งานจริง ในขั้นตอนการออกแบบจะใช้ข้อมูลจากการออกแบบ เช่น ต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินงาน ผลผลิตที่ได้จากการคำนวณและประมาณปริมาณพลังงาน โดยซอฟแวร์ Homer นำมาช่วยคำนวณทางกำลังการผลิต การวิเคราะห์การเงินใช้วิธีการการคิดลดกระแสเงินสด[4] โดยข้อมูลที่ใช้ในการประเมินที่ต้นทุนโครงการก่อสร้าง 2.4 ล้านบาท พลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน เดือนมกราคม 2563 ถึง เดือนธันวาคม 2563 ได้พลังงานน้อยกว่าที่คำนวณโดยโปรแกรม Homer เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตที่ต่างกันในแต่ละฤดูกาลและพฤติกรรมของเครื่องใช้ไฟฟ้าในศูนย์หม่อนไหมน่าน โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศที่เป็นแบบ Single Phase และไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิจากส่วนกลาง ทำให้ระบบไฟฟ้าเกิดการไม่สมดุลกันของกระแสไฟฟ้าในแต่เฟส ซึ่งส่งผลให้อินเวอเตอร์ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ตามสเปคเครื่องเนื่องจากฟังก์ชั่น Grid reference ของตัวอินเวอร์เตอร์สั่งลดกำลังการผลิต

ภาพที่ 3 ค่าพลังงานที่แสดงผ่านSCADAของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
ข้อมูลจากHomer	4,583	4,027	4,500	4,526	4,189	3,664	3,779	3,828	3,943	4,152	4,031	4,444
กำลังการผลิตจริง	3,929	4,380	5,090	3,840	3,173	3,797	3,482	3,564	3,551	3,788	3,840	3,817

ภาพที่ 4 ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของศูนย์หม่อนไหมน่าน

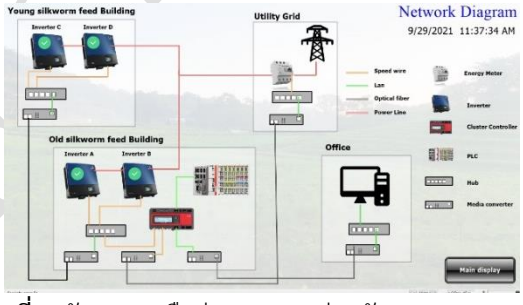
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ค่ารังสีอาทิตย์ของวันที่มีสภาพอากาศแตกต่างกัน 3 ลักษณะคือ วันที่ท้องฟ้าโปร่ง ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดประมาณ 740 W/m^2 และค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าอยู่ในระดับประมาณ 715 W/m^2 สำหรับช่วงเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆมากจะโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 312 W/m^2 และต่ำที่สุดเท่ากับ 55 W/m^2 ในช่วงท้องฟ้ามืดครึ้ม ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละวันของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 kWp ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบประเมินสมรรถนะ พบว่าวันที่ฟ้าโปร่งระบบจะผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 415 kWh/day วันที่มีเมฆมากได้กำลังไฟฟhk ประมาณ 267 kWh เมื่อพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์

ในการประเมินทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการประเมินทางเทคนิคโดยคำนวณตามมาตรฐาน IEC61724 ได้ค่าดังนี้ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 182.5 MWh/year ,สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio) เท่ากับ 84.58%,การสูญเสียพลังงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Collection Loss) เท่ากับ 3.67 kWh/kWp/day,การสูญเสียพลังงานในระบบ (System Loss) เท่ากับ 5.82 kWh/kWp/day,พลังงานที่ระบบผลิตได้ (Useful Energy) เท่ากับ 3.86 kWh/kWp/day. ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบเนื่องมาจากปัจจัยหลักคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ความร้อน, ฝุ่นละอองหรือความสกปรก,บังเงา) แรงดันตกในสาย และอินเวอร์เตอร์ (ตำแหน่งการติดตั้ง , การถ่ายเทความร้อน, ประสิทธิภาพจริง) ต้นทุนการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ค่าติดตั้ง ดังแสดงตารางที่1

ตารางที่ 1 ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าระบบเชื่อมต่อระบบ(Grid Connection)

ส่วนประกอบ	มูลค่าสุทธิ	สัดส่วนงาน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	1,720,000	71.67
อินเวอเตอร์	80,000	3.33
ระบบควบคุมและแสดงผลSCADA	180,000	7.5
รีเลย์ป้องกันและทดสอบการเชื่อมต่อ	140,000	5.83
การติดตั้งระบบและบริหารจัดการ	280,000	11.67
รวมมูลค่างาน	2,400,000	



ภาพที่ 5 ผังระบบเครือข่ายแสดงผลค่าพลังงาน(Monitoring)

ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่กำลังผลิตติดตั้ง 100kWp มีค่าเท่ากับ 7.9 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 13.80% มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 1.98 ล้านบาท ต้นทุนต่อหน่วยพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับ 2.36 บาท/kWh อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.24 การเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าไฟฟ้าจริงที่ทางศูนย์หม่อนไหมน่านจ่ายให้กับการไฟฟ้า ในปี 2562 จำนวนเงิน 622,123.77 บาท สำหรับปี 2563 มีค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าตลอดปี 340,201.34 บาท หรือลดลงประมาณ 54.68%

เนื่องจากระบบโซล่าเซลล์ที่ไม่มีระบบกักเก็บพลังงาน (energy storage) ดังนั้นหากมีการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันมากจะทำให้เกิดความคุ้มค่าสูงโดยเฉพาะการจัดการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารเพาะเลี้ยงไหมควรเปลี่ยนเป็นระบบ 3เฟส เพื่อให้การกระจายของกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้เท่าๆกัน(Balance Phase) ในระบบมีค่า

TREC-14 (MJU)

กำลังไฟฟ้าต่างกันมากในแต่ละเฟส ทำให้อินเวอร์เตอร์ทำงานได้อย่างไม่เต็มที่ ส่งผลทำให้การผลิตไฟฟ้านั้นจะได้กำลังไฟฟ้าออกมาไม่เต็มประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

การประเมินสมรรถนะทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พิกัดกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ ในศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ น่าน ระบบมีความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงคือสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ในระยะยาวตลอดโครงการ สามารถนำผลวิจัยนี้เป็นข้อมูลไปปรับปรุงสำหรับติดตั้งในพื้นที่สำนักงานหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ทั่วประเทศได้ อีกทั้งยังเป็นแหล่งการเรียนรู้ด้านพลังงานให้หน่วยงานราชการและผู้สนใจทั่วไปเข้าศึกษาเยี่ยมชม การสร้างระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาด สามารถช่วยลดภาวะโลกร้อน ลดการปลดปล่อยก๊าช คาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ ช่วยรักษาให้มีแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยPER LAB สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่านที่สนับสนุนเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า, คุณวิญญู เลิศคำ และคุณธนา กรองกรอง บริษัททีดีเอส เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด สนับสนุนข้อมูลทางเทคนิคและเจ้าหน้าที่ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ น่าน ทุก ๆ ท่าน ที่ให้ข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ไตรรัตน์ ปะทิ. (2563). **ระบบโฟโตวอลตาอิค.** เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบโฟโตวอลติคENGEE158. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[2] จอมภพ แววศักดิ์ สมพล ชีวมงคลกานต์ และคณะ. (2559) สมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบกริดที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.5 กิโลวัตต์สูงสุด ณ ศูนย์การเรียนรู้สินธุ์แพรทองจังหวัดพัทลุง, ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9.**วันที่ 29 พฤศจิกายน-1 ธันวาคม 2559 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (ดอยสะเก็ด)

[3] สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 10 ฉบับที่ 19.** 157-169.

[4] วิญญู เลิศคำ. (2564). **รูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดกรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] เขมณภัฐ์ พรหมมินทร์ ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และประสิทธิภาพหลังการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา : กรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า ใน **ประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12,** วันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2562 ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[6] SMA Invertor Manual Guide. **การตั้งค่าพารามิเตอร์อินเวอเตอร์** สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2564, จาก https://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sma-energy-meter.html.

TREC-IT (MJU)

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมอย่างมีส่วนร่วม เพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและชีวิตที่ดี

Collaborative development and promoting of suitable renewable energy for energy security and a better life

เสริมสุข บัวเจริญ[1] ธเนศ ไชยชนะ[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ภคมน ปินตานา[1]
และปาริชาติ บัวเจริญ[2 *]
Sermsuk Buochareon[1] Tanate Chaichana[1] Kittikorn Sasujit[1] Pakamon Pintana[1]
and Parichat Buochareon[2 *]

[1,*]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 5920 [2 *]มหาวิทยาลัยพายัพ
Kagoshi7@gmail.com,Tanatecha@hotmail.com, tong.cm@gmail.com, p.pintana@gmail.com
and panu_mas9@hotmail.com*

Abstract

The objective of collaborative development and promoting of suitable renewable energy for energy security and a better life research study to 1) Community renewable energy potential data collection 2) Sustainable collaborative community renewable energy development through learning process 3) Value added of processed agriculture with renewable energy technology 4) Ensuring renewable energy security for communities and local agencies 5) Create a learning space for renewable energy and expand it into other areas. By implementing the project. Conduct meetings with the agencies that oversee the community area. People and researchers collect local energy data and the need for renewable energy for living. As a result of the project, Ban Maneepruek was found to have been in the process. There are 3 villages. Hmu-1 is Hmong village, Hmu-2and3 are Lao villages about 3 kilometers apart are located in the mountains, 1500 meters above sea level within Doi Phu Kha Park. Solar energy potential is in the range of 14.46 – 20.99 MJ/m2-day, wind energy potential in the range of approximately 8.28 – 33.90 MJ/m2-day, and has the potential for agricultural waste. Others, such as cabbage crumbs. Rice and maize, there are water sources from the creek, there are natural attractions. It's cold. The research project has been conducted to create a renewable energy technology learning center area at the 6th Security Development Project area. Baan Maneepruek the project is conducted through the learning process of 5 courses: energy-efficient solar power generation technology, solar pumping systems, and other energy pumping systems. Solar Drying System in conjunction with Biomass Energy The solar plant fish pond system and compost production do not turn over, and additional knowledge of waste sorting and the use of smokeless incinerators for joint heating energy, which has a total of 172 people the overall assessment results are considerable. Each course gives people more knowledge, good practice, learning, maintenance and transfer of knowledge. This causes mechanics and speakers in the community to lead alternative occupations for life and well-being.

Keywords: Solar Dehydrated Dome, Drying, Solar Energy

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมอย่างมีส่วนร่วมเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและชีวิตที่ดี ณ หมู่บ้านพัฒนาเพื่อความมั่นคงลุ่มน้ำน่าน(บ้านมณีพฤกษ์) มีวัตถุประสงค์พื่อ 1) ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและศักยภาพพลังงานทดแทนในชมุชน 2) พัฒนาพลังงานทดแทนสำหรับชุมชนโดยผ่านการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วมเพื่อความยั่งยืน 3) พัฒนาเกษตรแปรรูป เพิ่มมูลค่าสร้างรายได้ ด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทน 4) สร้างความมั่นคงทางด้าน

พลังงานทดแทนให้กับชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ และ 5) สร้างพื้นที่เรียนรู้ทางด้านพลังงานทดแทนและขยายผลสู่พื้นที่อื่น โดยการดำเนินโครงการ ทำการประชุมร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่ชุมชน ประชาชน และนักวิจัย ทำการรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานในพื้นที่ และความต้องการด้านการใช้พลังงานทดแทนสำหรับการดำรงชีวิต ผลจากการดำเนินโครงการพบว่า บ้านมณีพฤกษ์ มีที่ตั้งอยู่ 3 หมู่บ้าน หมู่บ้าน 1 ชนเผ่าม้ง หมู่บ้าน 2 และ3 ชนเผ่าลั้ว ห่างจากหมู่ 1ประมาณ 3 กิโลเมตร อยู่บนภูเขาสูงกว่าระดับน้ำทะเล 1500 เมตร ภายในเขตอุทยานดอยภูคา มีศักยภาพพลังงานด้านแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 14.46 – 20.99 MJ/m^2-day ศักยภาพพลังงานลมในช่วง ประมาณ 8.28 – 33.90 MJ/m^2-day และมีศักยภาพผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่น ๆ เช่น เศษกะหล่ำปลี ข้าว และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีแหล่งน้ำจากลำห้วย มีแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ มีอากาศหนาวเย็น และโครงการวิจัยได้ดำเนินการสร้างพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ณ พื้นที่โครงการโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคง ที่ 6 (พมพ.) บ้านมณีพฤกษ์ หอประชุมหมู่บ้าน และพื้นที่เกษตรกรตัวอย่าง และดำเนินพัฒนาพลังงานทดแทนผ่านกระบวนการเรียนรู้ จำนวน 5 หลักสูตรได้แก่ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประหยัดพลังงาน ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบอบแห้งพลังงานงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล ระบบบ่อเลี้ยงปลาโรงเรือนแสงอาทิตย์ และการผลิตปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับกอง และมีการให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องการคัดแยกขยะ และการใช้งานเตาเผาขยะไร้ควัน สำหรับใช้เป็นพลังงานความร้อนร่วม ซึ่งมีจำนวนผู้เข้ารับความรู้รวม 172 คน ผลการประเมินจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมโดยรวมอยู่ในระดับมาก แต่ละหลักสูตรทำให้มีความรู้เพิ่มขึ้น สามารถฝึกปฏิบัติ ได้ในระดับดี สามารถเรียนรู้ นำไปปฏิบัติในการซ่อมบำรุงและถ่ายทอดความรู้ได้ ทำให้เกิดช่างและวิทยากรชาวบ้านในชุมชน เพื่อนำไปสู่อาชีพทางเลือกอื่นเพื่อชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดี

คำสำคัญ: โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

สภาพพื้นที่บริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าใช้หรือมีไม่เพียงพอโดยส่วนมากแล้วจะเป็นแนวชายแดนโดยเฉพาะในภาคเหนือจะมีพื้นที่ติดต่อกับประเทศพม่า มีสภาพเป็นป่าภูเขาสูง มีชนกลุ่มน้อยที่อาศัยตามแนวชายแดนใช้พื้นที่เป็นแหล่งพักพิงหลบซ่อนผลิตยาเสพติด และเป็นฐานปฏิบัติการ ทำให้เกิดการรุกล้ำอธิปไตยบ่อยครั้ง ประชาชนที่อาศัยอยู่ตามแนวชายแดน เป็นบุคคลหลายเชื้อชาติชนเผ่าที่มีวัฒนธรรมความเป็นอยู่แตกต่างกัน โดยเฉพาะภาษาที่จะสื่อสารทำความเข้าใจกัน สถานการณ์ดังกล่าวนี้หากยังไม่มีการป้องกันหรือแก้ไขให้เป็นที่เรียบร้อย อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อความมั่นคงของชาติต่อไปได้ ปัจจุบันสถานการณ์ภัยคุกคามทางความมั่นคง มีความซับซ้อน หลากหลาย ละเอียดอ่อน ครอบคลุมและเชื่อมโยงกันในหลายมิติ อาทิ อาชญากรรมข้ามชาติ ภัยธรรมชาติ การโจมตี และจารกรรมทางไซเบอร์ ความมั่นคงทางอาหาร พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นแผนการพัฒนาพื้นที่เพื่อเสริมความมั่นคงของชาติ สภาความมั่นคงแห่งชาติ สำนักงานสำนักนายกได้ประกาศแผนการพัฒนาพื้นที่เพื่อเสริมความมั่นคงของชาติ (พ.ศ.2561 – 2564) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาคน ชุมชนในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้ประชาชนมีภูมิคุ้มกันด้านความมั่นคง เตรียมพร้อม รับมือ และตอบสนองกับภัยคุกคามความมั่นคง ทั้งรูปแบบดั้งเดิมและรูปแบบใหม่ที่ครอบคลุมบริบททั้งในระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลก และน้อมนำแนวทางการดำเนินงานแบบ “เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา” ของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร ที่ได้พระราชทานให้ไว้เป็นศาสตร์พระราชา เพื่อใช้ในการพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนและชุมชนในพื้นที่เป้าหมาย โดยการเสริมสร้างความมั่นคง เพิ่มพูนความมั่งคั่ง และขับเคลื่อนสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน นำมาซึ่งประโยชน์สุขของประชาชนไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความปลอดภัยให้กับชุมชนในพื้นที่ความมั่น และยังใช้ในการสื่อสารของหน่วยงานความมั่นคงที่อยู่ในพื้นที่อีกทั้งยังใช้งานทางด้านสื่อสารสนเทศ สำหรับการเรียนการสอนของโรงเรียนในพื้นที่ แต่ทั้งนี้การที่จะดำเนินในการติดตั้งสายไฟฟ้าเข้าสู่พื้นที่เหล่านั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเป็นชุมชนที่อยู่หากจากแนวสายส่งของการไฟฟ้า ส่งผลต่อต้นทุนในการติดตั้ง และโดยส่วนมากแล้วชุมชนเหล่านี้จะอยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ของกรมป่าไม้ การพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในพื้นที่ จึงมีความเหมาะสมในการพัฒนาพื้นที่ เสริมสร้างความมั่นคง เพิ่มความปลอดภัยให้กับประชาชนและเจ้าหน้าที่ความมั่นคง รวมถึงเจ้าหน้าที่ของรัฐในพื้นที่

พื้นที่จังหวัดน่านจะมีพื้นที่การพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน อันเนื่องมาจากพระราชดำริจำนวน 10 ชุมชนในพื้นที่ 6 อำเภอดังแสดงในแผนที่รูปที่ 1 และในแต่ละพื้นที่ได้มีการสรุปประเด็นสำคัญ เช่น รายรับ-รายจ่าย อาชีพ สภาพแวดล้อม ต้นทุนทางด้านพลังงาน และปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข เป็นต้น ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 1

(ก) (ข)

ภาพที่ 1ก. แผนที่จังหวัดน่าน 1 ข. บ้านมณีพฤกษ์
ที่มา : แผนที่จังหวัดน่าน (ม.ป.ป.)

หมู่บ้ามณีพฤกษ์ ตั้งอยู่ในโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน อันเนื่องมาจากพระราชดำริพื้นที่ที่6 ตั้งอยู่ที่ตำบลงอบ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ซึ่งอยู่ห่างจากตัวอำเภอไปประมาณ 47 กิโลเมตร บ้านมณีพฤกษ์แบ่งออกเป็น 3 หมู่ โดยหมู่1 จะมีประชากรอาศัยอยู่มากที่สุด และประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวเขาม้ง ห่างจากหมู่ 1 ไปสามกิโลเมตร จะเป็นหมู่ 2 และ หมู่ 3 ทั้งสองหมู่นี้เป็นชาวเขาเผ่าลั๊วะ

การวิเคราะห์เบื้องต้นพบสภาพปัญหาในพื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วย

- เป็นพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าหรือมีไฟฟ้าไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่
- การติดตั้งสายส่งไฟฟ้าเข้าไปในพื้นที่ดำเนินการได้ยาก ต้นทุนสูง
- พื้นที่ชุมชนพัฒนาเพื่อความมั่นคงส่วนมากอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ พื้นป่ามีสภาพถูกบุกรุก
- พื้นที่ชุมชนพัฒนาเพื่อความมั่นคงส่วนมากจะเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานทดแทนเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานแสดงอาทิตย์ ในระดับต่ำถึงปานกลาง
- ความรู้ความเข้าใจของชุมชนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทนมีปริมาณน้อย

จากข้อมูลข้างต้นรวมถึงข้อมูลจากหน่วยงานในพื้นที่ประกอบการพิจารณา สนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงานดังนี้

- ชุมชนมีความพร้อมทางด้านสภาพสังคม เป็นชุมชนเข้มแข็ง ผู้นำชุมชนให้ความร่วมมือ มีหน่วยงานของรัฐในชุมชน
- มีการท่องเที่ยวโฮมสเตย์ ในชุมชน (ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ประหยัดพลังงาน)
- ชุมชนมีการปลูกเสาวรส แมคาเดเมีย อาโวกาโด้ กาแฟ และขิง (การแปรรูปผลผลิตโดยใช้พลังงานทดแทน เช่น อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อบแห้งพลังงานชีวมวล/ชีวภาพ)
- ชุมชนขาดอาหารจำพวกโปรตีน (บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำพลังงานแสงอาทิตย์)
- ประสบปัญหาไม่มีน้ำใช้ในฤดูแล้ง มีแหล่งน้ำธรรมชาติแต่ไม่สามารถดึงน้ำขึ้นมาใช้ได้อย่างเพียงพอกับความต้องการในชุมชน (ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์)
- ชุมชนต้องการผลิตผลผลิตทางการเกษตรเป็นผลผลิตอินทรีย์ (ระบบผลิตปุ๋ยหมัก)

วิธีการวิจัย

การดำเนินโครงการวิจัยแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประชุมร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่ชุมชน ชุมชน และนักวิจัย

TREC-14 (NIU)

คณะผู้วิจัยได้จัดการประชุมชี้แจงความเป็นมา และวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ ในระหว่างวันที่ 17-21 พฤศจิกายน พ.ศ.2562 เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ และเจ้าหน้าที่ ซึ่งแสดงภาพกิจกรรมตามลำดับ ดังนี้

- เข้าพบผู้ว่าและรองผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน และเจ้าหน้าที่ป่าไม้ จังหวัดน่าน

-ประชุมวางแผนงานกับทีมนักวิจัยและผู้นำชุมชน

-เข้าพบผู้อำนวยการโรงเรียนมณีพฤกษ์ และผู้อำนวยการสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13

ภาพที่ 2 ก-ฉ ประชุมร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่ชุมชน ชุมชน และนักวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจภาคสนาม

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจภาคสนามด้านศักยภาพพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ บริบทพื้นที่ ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพความเป็นอยู่ ร่วมกับผู้น้ำชุมชน และเจ้าหน้าที่โครงการ พมพ.6 เพื่อเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่เบื้องต้น

-สำรวจพื้นที่หมู่บ้านมณีพฤกษ์ทางอากาศ เก็บข้อมูลจากการสอบถามชาวบ้าน

ภาพที่ 3 ก-ง การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ขั้นตอนที่ 3 ประชุมชุมชนเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ในวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2562 คณะผู้วิจัยได้ชี้แจงข้อมูลจากการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 2 นำเสนอเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่เหมาะสมสำหรับชุมชน คัดเลือกเทคโนโลยีพลังงานทดแทนตามความต้องการของชุมชน และชี้แจงแผนการดำเนินโครงการการมีส่วนร่วมของประชาชน

(ก)　　(ข)

ภาพที่ 4 ก-ข ประชุมชุมชนเพื่อชี้แจงความเป็นมาของโครงการและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 4 รวบรวมข้อมูลสภาพพื้นที่และสภาพชีวิตความเป็นอยู่ จากแบบสอบถาม

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลพื้นฐานชุมชน ข้อมูลศักยภาพพลังงานทดแทน ข้อมูลการใช้พลังงานในครัวเรือน และความต้องการใช้พลังงานของพื้นที่ โดยทำการสอบถามประชาชนบ้านมณีพฤกษ์ 1 (ชนเผ่าม้ง) บ้านมณีพฤกษ์ 2 (ชนเผ่าลัวะ 1) บ้านมณีพฤกษ์ 3 (ชนเผ่าลัวะ 2) และเจ้าหน้าที่โครงการ

(ก)　　(ข)

ภาพที่ 5 ก-ข ประชุมชุมชนเพื่อชี้แจงความเป็นมาของโครงการและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบและติดตั้งระบบพลังงานทดแทน

--ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับชุมชน ระบบพลังงานทดแทนสำหรับการพัฒนาเกษตรแปรรูป เพิ่มมูลค่า สร้างรายได้ พัฒนาผลผลิตเกตรอินทรีย์ด้วยระบบผลิตปุ๋ย ระบบการจัดการขยะ/เตาเผาขยะ (เพิ่มเติม)

ขั้นตอนที่ 6 อบรมให้ความรู้เรื่องการติดตั้ง ใช้งาน บำรุงรักษาระบบพลังงานทดแทนให้กับประชาชนในพื้นที่ แต่ละหลักสูตรการฝึกอบรมมีเป้าหมายผู้รับการฝึกอบรมจำนวน 30 คน/หลักสูตร และสามารถสร้างช่าง

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ประหยัดพลังงาน ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์/พลังงานชีวมวล บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำโรงเรือนแสงอาทิตย์ ระบบผลิตปุ๋ยหมัก การจัดการขยะครัวเรือน (เพิ่มเติม)

ขั้นตอนที่ 7 ประเมินความเข้าใจของชุมชนในการเชื่อมโยงการใช้ประโยชน์จากระบบพลังงานทดแทน

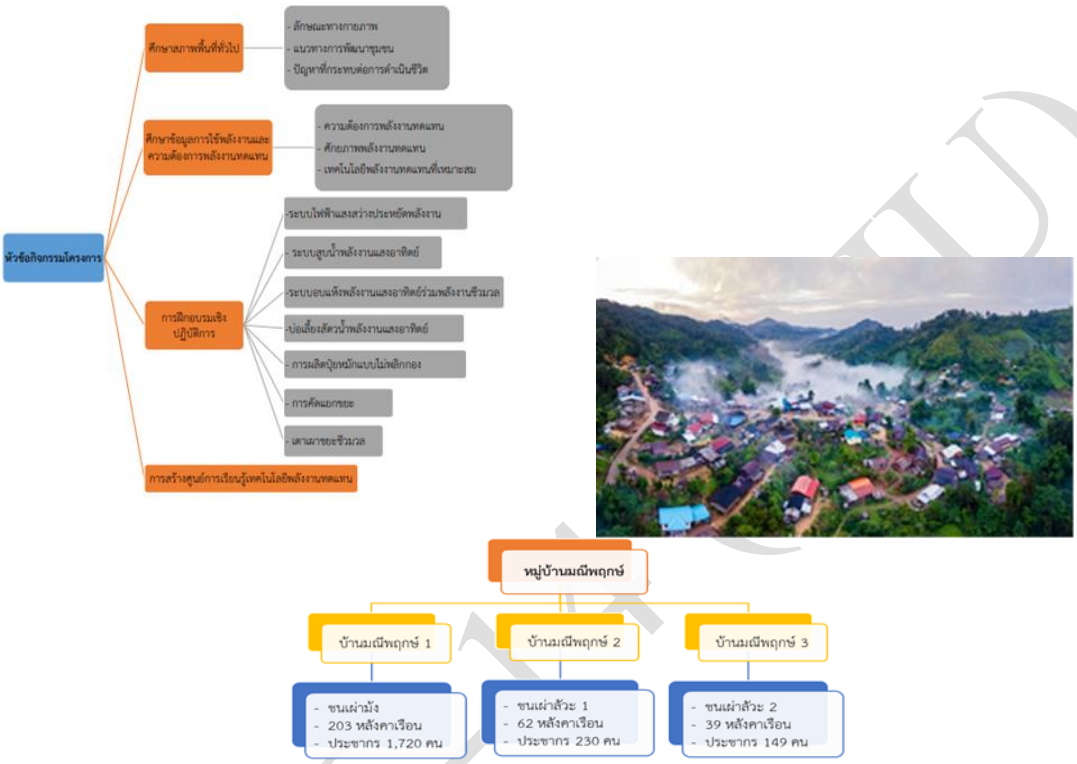
- ข้อมูลความพึงพอใจ และแบบประเมินความรู้ ความเข้าใจ ก่อน-หลัง การฝึกอบรม (ทฤษฎี) ประเมินโดยผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบประเมินสังเกตการณ์ผู้เข้าร่วมฝึกอบรม (ปฏิบัติ) ประเมินโดยคณะผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 8 จัดตั้งพื้นที่เรียนรู้พลังงานทดแทนที่มีการบูรณาการควบคู่ไปกับการประกอบอาชีพ

- สร้างศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนในพื้นที่ โครงการ พมพ.6 ประกอบด้วยเทคโนโลยีต่าง ประกอบด้วย 1) ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์/พลังงานชีวมวล 2) บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำโรงเรือนแสงอาทิตย์ 3) ระบบผลิตปุ๋ยหมักไม่พลิกกลับกองวิศวกรรมแม่โจ้ 1 4) เตาเผาขยะไร้ควันผลิตน้ำร้อนและลมร้อน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

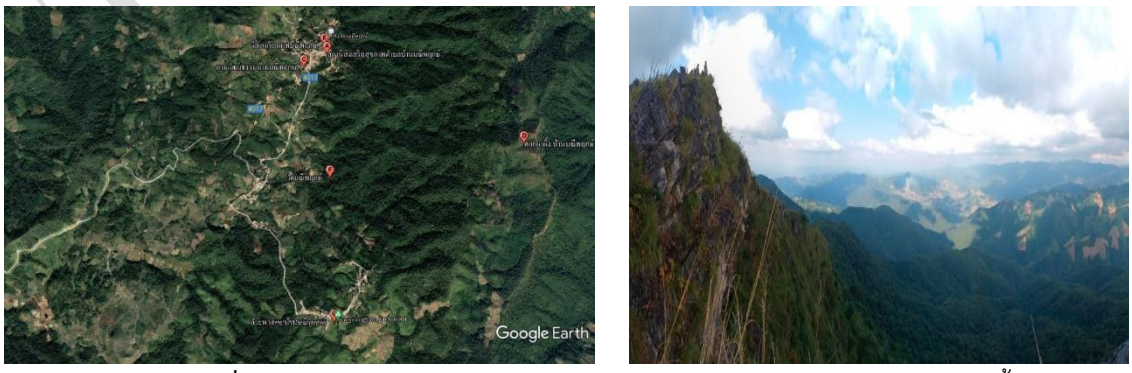
ผลการดำเนินโครงการวิจัยสามารถสรุปผลการดำเนินโครงการได้ดังแสดงในภาพที่ . โดยโครงการ “การพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมอย่างมีส่วนร่วมเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและชีวิตที่ดี” มีกิจกรรมหลัก คือ ศึกษาสภาพพื้นที่ การใช้พลังงานและศักยภาพพลังงานในชุมชน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และสร้างศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับพื้นที่



ภาพที่ 6 แผนภาพการดำเนินโครงการและข้อมูลบริบทพื้นที่วิจัย

ลักษณะสภาพทั่วไปของพื้นที่

หมู่บ้านมณีพฤกษ์ ตั้งอยู่ที่ ตำบลงอบ อำเภอทุ่งช้าง จ.น่าน ห่างจากอำเภอเมืองน่านประมาณ 116 กิโลเมตร ตั้งอยู่บนเทือกเขาดอยภูคา ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบสูงและภูเขา มีสภาพอากาศที่หนาวเย็นตลอดปี และมีพื้นที่ป่าค่อนข้างสมบูรณ์ ภายในหมู่บ้านมีพื้นที่โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคง ที่ 6 (พมพ.) บ้านมณีพฤกษ์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร และมีสถานที่น่าสนใจ ได้แก่ ดอยผาผึ้ง อยู่บริเวณบ้านมณีพฤกษ์ 3 เป็นภูเขาหินปูนสูงจากระดับน้ำทะเล 1,600 m หมู่บ้านมณีพฤกษ์นั้นแบ่งย่อยออกเป็น 3 กลุ่ม ที่เป็นชนเผ่าม้งและลั๊วะ โดยประชากรมีทั้งหมด 2,099 คน จำนวน 304 หลังคาเรือน



ภาพที่ 7 ก. ภาพถ่ายดาวเทียม ภูมิประเทศ บ้านมณีพฤกษ์ ข.ภาพถ่ายมุมสูงที่ดอยภาผึ้ง

ภาพที่ 8 ประเด็นปัญหาที่สำรวจพบและวิธีการแก้ปัญหา

แนวทางการพัฒนาชุมชน

จากข้อมูลการสอบถามผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐ และประชาชน บ้านมณีพฤกษ์มีเป้าหมายในการผลักดันให้ชุมชนทำการเกษตรที่ปลอดสารเคมี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สนับสนุนให้ชุมชนมีรายได้เสริมจากการแปรรูปผลผลิตที่มี เพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน ควบคู่กับการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรธรรมชาติ โดยมีแนวทางในการพัฒนาชุมชน

1.การพัฒนาความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพ
2.การส่งเสริมและสนับสนุนการรวมตัวของสมาชิกและสร้างเครือข่าย กลุ่มกาแฟ กลุ่มโฮมสเตย์
3.การสนับสนุนให้คนในชุมชนมีทักษะในการทำงาน รู้จักทำงานเป็นทีม

4.สร้างค่านิยมให้ผู้นำชุมชนมีความรู้ ความเข้าใจในการแก้ปัญหา
5.สร้างหมู่บ้านเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรธรรมชาติ

ภาพที่ 9 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

1.ผลการสำรวจการใช้พลังงานและศักยภาพพลังงาน

ความต้องการพลังงานทดแทน

- พลังงานไฟฟ้าในครัวเรือน การสื่อสาร/สูบน้ำ
- พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปผลิตทางการเกษตร
- พลังงานความร้อนที่ใช้ในครัวเรือน ประกอบอาหาร
- น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ

ศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนในพื้นที่

- ศักยภาพพลังงาแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 14.46 - 20.99 MJ/m^2-day
- อัตราเร็วลมในพื้นที่ 2.5 – 4.0 m/s มีศักยภาพพลังงานในช่วง 9.5-39.2 w/m^2 หรือคิดเป็นประมาณ 8.28 – 33.90 MJ/m^2-
- ศักยภาพผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่น ๆ เช่นเศษกะหล่ำปลี ข้าว และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- ศักยภาพขยะครัวเรือน โดยพบว่ามีขยะครัวเรือนเกิดขึ้นประมาณ 1.4 kg/ครัวเรือน/วัน

เทคโนโลยีพลังงานทดแทนและการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับพื้นที่

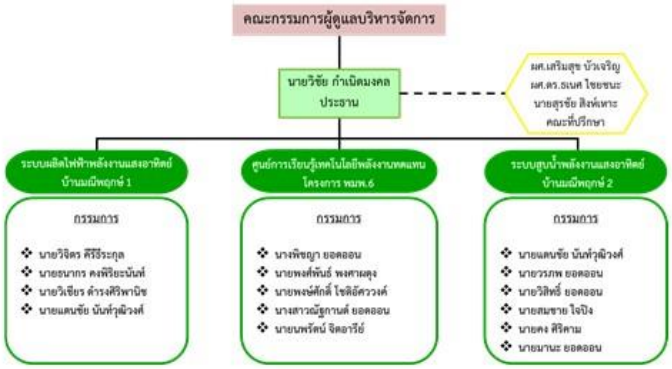
- ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระบบแสงสว่างของชุมชน /สูบน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค/การสื่อสาร
- ความร้อนพลังงาแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร/ผลิตภาหารโปรตีน
- ไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กสำหรับระบบแสงสว่างเฉพาะจุด
- พลังงานจาก ความร้อนชีมวลสำหรับการแปรรูผลผลิตท างการเกษตร (อบแห้ร่วมกับความร้อนแสงอาทิตย์) /ความร้อ น สำหรับครัวเรือนจากแก๊สชีวภาพ/เทคโนโลยีเตาชีวมวล/ชีวภาพ ที่มีประสิทธิภาพสูง

ภาพที่ 10 แผนภูมิการสำรวจการใช้พลังงานและศักยภาพพลังงาน

จากการศึกษาปัญหาและการประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนในหมู่บ้านมณีพฤกษ์ พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งพลังงานทดแทน ได้แก่ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงาน ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์-ชีวมวล บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์ จึงได้จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีพลังงานทดแทน เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง โดยมีเป้าหมายผู้รับการฝึกอบรมจำนวน 30 คน/หลักสูตร และช่างชุมชนที่สามารถดูแลหลังจบโครงการจำนวน 2 คน/หลักสูตร

TREC-14(MSU)

ภาพที่ 11 กิจกรรมการอบรมและผลการอบรมพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงทางพลังงานและชีวิตที่ดี



ภาพที่ 12 แผนภูมิการจัดตั้งคณะกรรมการดูแลและบริหารจัดการ

การจัดตั้งคณะกรรมการผู้ดูแลบริหารจัดการ

จากการดำเนินโครงการในพื้นที่บ้านมณีพฤกษ์ ซึ่งมีจำนวนพื้นที่หลัก 3 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 11 ได้แก่ 1) บ้านมณีพฤกษ์ 1 (ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์) 2) โครงการ พมพ.6 (ศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน) และ 3) บ้านมณีพฤกษ์ 2 (ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และบ่อเลี้ยงปลาเคลือบน้ำยางโรงเรือนแสงอาทิตย์) ดังนั้นจึงจัดให้มีคณะกรรมการดูแลบริหารจัดการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยมีองค์ประกอบดังนี้

สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมอย่างมีส่วนร่วมเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและชีวิตที่ดี ได้ดำเนินการตามเป้าหมายของโครงการ คือ ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและศักยภาพพลังงานทดแทนในชุมชน พัฒนาพลังงานทดแทนสำหรับชุมชนโดยผ่านการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วมเพื่อความยั่งยืน พัฒนาเกษตรแปรรูป เพิ่มมูลค่าสร้างรายได้ด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทน สร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานทดแทนให้กับชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ และได้ดำเนินการสร้างพื้นที่เรียนรู้ทางด้านพลังงานทดแทน โดยผลงานวิจัยสามารถสรุป

1.บ้านมณีพฤกษ์มีศักยภาพพลังงานด้านแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 14.46 - 20.99 MJ/m^2-day ศักยภาพพลังงานลมในช่วง 9.5-39.2 w/m^2 หรือคิดเป็นประมาณ 8.28 – 33.90 MJ/m^2-day

2.การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 5 หลักสูตรการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 5 มีผู้เข้ารับความรู้รวม 172 คน ผลการประเมินจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยผลการประเมินในภาพรวมทั้ง 5 หลักสูตรอยู่ในระดับมาก

3.การสร้างพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ผ่านการเรียนรู้และปฏิบัติร่วมกันระหว่างนักวิจัยกับผู้ร่วมการฝึกอบรม ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 1,280 W ณ หอประชุมหมู่บ้านสำหรับกิจกรรมร่วมกันของชุมชน ซึ่งระบบสามารถใช้ได้เพียงพอ และระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลองใช้พบว่า สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการทดลองตากแห้งผลผลิตกาแฟของกลุ่มกาแฟเดอม้ง ระบบมีอุณหภูมิที่เหมาะสม สามารถดึงรสชาติของกาแฟได้ดีขึ้น ได้ชาเชอรี่กาแฟที่มีความสะอาด และลดความเสียหายของผลผลิต

4. ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้อุปโภคบริโภค สามารถสูบน้ำได้ปริมาตร 15.82 ลิตร/นาที หรือคิดเป็น 4,746 ลิตร/วัน

5.ระบบบ่อเลี้ยงปลาโรงเรือนแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากเตาเผาขยะชีวมวลพบว่าปลาในบ่อพลาสติกโรงเรือน และบ่อเลี้ยงปลาเคลือบน้ำยางพาราช่วงฤดูหนาวมีอัตราการรอดชีวิต 99% และ99.67% และอัตราแลกเนื้อ 0.54 และ 0.59 ตามลำดับ ซึ่งปลาที่เลี้ยงบนที่สูงพื้นที่เกษตรกรตัวอย่างเจริญเติบโตดีกว่าระบบบ่อพลาสติกพื้นที่โครงการ พมพ.6

6.การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสำหรับการทำเกษตรแปรรูป และสร้างเป็นอาชีพ สามารถทำได้จริง สร้างโอกาส และทำให้มีสภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการนี้พบว่า จากการสำรวจศักยภาพด้านพลังงานที่เหมาะสำหรับพื้นที่บ้านมณีพฤกษ์ และการนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนต่าง ๆ มาให้ความรู้ และสร้างเป็นพื้นที่เรียนรู้ นั้น ประชาชนสามารถสร้างนำความรู้ที่ได้ไปสร้างเป็นอาชีพ หรือพัฒนาต่อยอดอาชีพเดิม ให้มีความมั่นคงมากขึ้น และมีสภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ มีข้อเสนอแนะจากการดำเนินโครงการ เพื่อให้มีความต่อเนื่อง และขยายผลในหลาย ๆ พื้นที่มากขึ้น ยังมีผลผลิตทางการเกษตรนอกเหนือจากการแปรรูปกาแฟ ที่จะช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ ลดการเน่าเสียของผลผลิต เช่น ขิง ลูกพลับ เสาวรส สตรอเบอรี่ กะหล่ำปลี

การนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมาใช้ร่วมกับการเกษตร สามารถดำเนินการได้จริงควรมีการสร้างพื้นที่ต้นแบบ ทำการวิเคราะห์ พัฒนาให้เกิดเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ควรมีการวางแผนบริหารจัดการ พัฒนาพื้นที่ป่า และลดการบุกรุกเพื่อทำการเกษตรให้น้อยลง โดยการใช้วิธีการน้ำแลกน้ำด้วยการใช้เทคโนโลยีพลังงานสำหรับการบริหารจัดการน้ำ เพื่อความยั่งยืนในการทำเกษตร และความเป็นอยู่

IREC-14 (MUJ)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย สก.สว.ที่สนับสนุนทุนวิจัยฯ ท่านผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน กองอำนวยการรักษาความมั่นคงภายใน จังหวัดน่าน สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่) โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคง พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (บ้านมณีพฤกษ์) วิทยาลัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ที่ช่วยสนับสนุน ส่งเสริมมอบโอกาสในการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้และการสร้างเสริมประสบการณ์ด้านการพัฒนาพลังงานทดแทนบูรณาการกับชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี ให้กับสังคมและประเทศชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] A.E. khadraoui, I.Hamdi, S.Kooli and A.Guizani. 2019. Drying of red pepper slices in a solar greenhouse dryer and under open sun: Experimental and mathematical investigations. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 52, 262-270

[2] ENERGY NEXT. [ม.ป.ป.]. **รูปแบบระบบผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์.** [ระบบออนไลน์] https://energynext.co.th/ระบบกผลิไฟฟ้าของ solar-cell/ (13 กันยายน 2563)

[3] Thungchang travel. 2021. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://travel.thungchang.com/มณีพฤกษ์/ (20 สิงหาคม 2564)

[4] กมลวรรณ ปันอนุ จรรยา วงไฟสว่าง และณัฐธิกา วงค์ดวงใส. 2558. **น้ำหมักชีวภาพจากเครื่องในปลานิล**. รายงานโครงการวิจัย

ผลของสภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมสุขภาพ. โรงเรียนป่าซาง. ลำพูน.

[5] กรมชลประทาน. 2554. **คู่มือปฏิบัติงานด้านจัดสรรน้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://water.rid.go.th/hwm/wmg/water/handbook.php. (27 ตุลาคม 2562)

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2555). **โครงการศึกษาพัฒนาต้นแบบระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน**. หน้า 106.

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [ม.ป.ป.a]. **การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์** [ระบบออนไลน์]. http://www2.dede.go. th/bhrd/old/web_display/home /home_photovoltaic.html (8 สิงหาคม 2563)

[8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [ม.ป.ป.b]. **เตาเผาขยะ** [ระบบออนไลน์]. http://www2.dede.go.th/center10/6.pdf (20 กันยายน 2563)

[9] กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2561. **โครงการส่งเสริมระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**.

[10] การปูสระด้วยยางธรรมชาติ. [ระบบออนไลน์] http://rubber.oie.go.th/box/Article/26338/1 การปูสระด้วยยางธรรมชาติ.pdf (13 กันยายน 2563)

[11] การัณย์ หอมชาติ. 2561. **การประเมินสมรรถนะของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล. วารสารวิศกรรมฉบับวิจัยและพัฒนา**. 29(3), 61-74

[12] กิตติกร สาสุจิตต์. 2563. **การเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนแสงอาทิตย์**. เอกสารประกอบการอบรม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[13] เกษม ตรีภาค. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการสอนระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์**. สาขาวิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

TREC-14 (MJU)

FH : เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (Fuel and Heat for Communities)

การใช้ประโยชน์โปรดิวเซอร์แก๊สจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นถ่านไม้เพื่อใช้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับการสูบน้ำ

Utilization of producer gas from wood charcoal gasification in the small diesel engine for water pumping system

กิตติกร สาสุจิตต์[1] วิโรจน์ เลาลี วีรากร ยศยิ่ง เสริมสุข บัวเจริญ และนิกราน หอมดวง
Kittikorn Sasujit* Wirote Laolee, Weerakorn Yodying, Sermsuk Buochareon and Nigran Homdoung

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-เชียงใหม่ 50290
Renewable energy engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

Abstract

This is research to study an application of producer gas from wood charcoal gasification by thermochemical conversion for water pumping with a small diesel engine. The parametric to study water pumping rate, specific fuel consumption rate at the head of water supply of 1 and 2 m., a comparative by using diesel fuel and dual fuel was investigated. From the results, it was found that the specific fuel consumption rate in the range of 0.035-0.046 L/min, the flow rate of water of 350-395 L/min, the maximum of thermal efficiency of 43%, wood charcoal fuel consumption rate of 1.60-2.80 kg/h, and the maximum of displacement fuel rate of 62%. The evaluation of economic was found that the initial cost gasifier system was about 25,000 Baht, the profit cost from the displacement diesel fuel about 4,260 Baht/year and it can be shown payback period time within 5.87 years. However, it can reduce the payback time by producing charcoal, using biodiesel oil, and increase the frequency of use of the system.

Keywords: producer gas, gasifier, water pumping system, biomass

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปลงสภาพชีวมวลทางเคมีความร้อนเพื่อผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กต้นกำลังเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง โดยศึกษาอัตราการสูบน้ำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ระยะส่งน้ำ 1 และ 2 เมตร เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลกับการใช้เชื้อเพลิงร่วมน้ำมันดีเซลโปรดิวเซอร์แก๊ส ผลการศึกษาพบว่าเครื่องยนต์น้ำมันดีเซลให้อัตราการสูบน้ำดีกว่าการใช้เชื้อเพลิงร่วม เนื่องจากให้รอบการทำงานเครื่องยนต์สูงกว่า ในส่วนของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเชื้อเพลิงร่วมมีค่าต่ำกว่าซึ่งให้ผลประหยัดกว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0.035 -0.046 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการสูบน้ำอยู่ในช่วง 350-395 ลิตรต่อนาที โดยประสิทธิภาพความร้อนแก๊สซิไฟเออร์มีค่าสูงสุดร้อยละ 43 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านไม้พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วง 1.60-2.80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลสูงสุดร้อยละ 62 จากผลการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่ามีเงินลงทุนระบบ 25,000 บาท ให้ผลตอบแทนประหยัดน้ำมันดีเซล 4,260 บาทต่อปี โดยจะมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 5.87 ปี อย่างไรก็ตามการผลิตถ่านไม้ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับการใช้น้ำมันไบโอดีเซล และความถี่ของการใช้งานเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาคืนทุนลดลงได้

คำสำคัญ: โปรดิวเซอร์แก๊ส เตาแก๊สซิไฟเออร์ ระบบสูบน้ำ เชื้อเพลิงชีวมวล

บทนำ

ประเทศไทยถือว่ามีพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่โดยจะประกอบไปด้วยพื้นที่นา พื้นที่สวนและไร่ มีการส่งออกสินค้าภาคเกษตรกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชไร่ ได้แก่ ข้าว และพืชสวนไม้ผล เช่น ทุเรียน ผลไม้ตามฤดูกาลต่าง ๆ ซึ่งจาก

ข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรประจำปี 2562 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าว 66,511,000 ไร่ มีผลผลิตข้าวรวม 28,357,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 292,729 ล้านบาท [1] ซึ่งในการปลูกพืชจะมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการเพาะปลูกทั้งในส่วนของการไถนา และกระบวนการสูบน้ำเข้าแปลงนาข้าวคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานทั้งหมดซึ่งมีค่าประมาณ 2,800-3,000 เมกะจูลต่อไร่ ซึ่งหากประเมินพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยปี 2562 จะมีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 172,969 ล้านบาทต่อปี โดยประเมินที่ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย 30 บาทต่อลิตร ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเพาะปลูกได้แก่การสูบน้ำจากแหล่งน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก ซึ่งพบว่ากรณีการเพาะปลูกข้าวนาปรังจะมีการสูบน้ำเข้านาจำนวน 5-6 ครั้งต่อฤดูกาล และมีอัตราการใช้น้ำมันถึง 4.76 ลิตรต่อไร่ [2] จะเห็นได้ว่าในการเพาะปลูกพืชโดยเฉพาะข้าวจะมีการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ที่สูงและค่าใช้จ่ายน้ำมันจะแปรผันโดยตรงกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อเกษตรกรโดยตรง ด้วยเหตุนี้แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สูบน้ำในภาคเกษตรกรรม ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งผลทำให้ต้นทุนทางด้านพลังงานลดลง แนวทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลผ่านกระบวนการแปลงสภาพชีวมวลด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อนโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น เพื่อผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สใช้ร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์เกษตรกรรมซึ่งมีอยู่จำนวนมากในประเทศไทย และเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่ในภาคเกษตรกรรมก็สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยผลิตเป็นถ่านไม้ หรือใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในพื้นที่ ก็จะช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานการเพาะปลูก จากงานวิจัยที่ผ่านมา ณัฐวุฒิ และคณะ ได้ทำการออกแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลงสำหรับผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สใช้ในเครื่องยนต์ขนาด 7 แรงม้า พบว่าสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลได้สูงสุดร้อยละ 53.3 ที่อัตราการสูบน้ำ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยมีอัตราการใช้น้ำมันดีเซล 0.127 ลิตรต่อชั่วโมง และอัตราการใช้ถ่าน 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง [3] ต่อมาได้ทำการทดสอบการเครื่องยนต์ดีเซลร่วมกับท่อสูบน้ำแบบพญานาค ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 600, 800, 1000, 1200, 1400 และ 1600 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการสูบน้ำเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยอัตราการสูบน้ำสูงสุด 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองถ่านไม้ 3.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลร้อยละ 55 [4] ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ก๊าซโปรดิวเซอร์มาใช้ร่วมกับเครื่องยนต์สามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมานั้นยังคงให้เครื่องดีเซลที่มีขนาดต้นกำลังสูง และระบบผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ที่ใช้เป็นแบบไหลลง ทำให้มีระบบขนาดใหญ่และการซ่อมบำรุงรักษาระบบต้องใช้ความชำนาญของบุคลากรที่เข้าใจระบบการทำงานของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น ซึ่งหากพัฒนาระบบให้มีขนาดเล็ก และสามารถซ่อมบำรุงรักษา การใช้งานที่ง่ายสะดวก ก็จะตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้มากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการใช้ประโยชน์โปรดิวเซอร์แก๊สร่วมกับน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้น้ำมันดีเซลขนาดเล็กสำหรับระบบสูบน้ำโดยระบบแก๊สซิไฟเออร์เป็นแบบชนิดไหลขึ้น โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องยนต์น้ำมันดีเซลกับการใช้เชื้อเพลิงร่วมดีเซลโปรดิวเซอร์แก๊ส เพื่อหาอัตราการสูบน้ำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซล ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์ และท้ายที่สุดทำการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของระบบในกรณีใช้ทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

วิธีการวิจัย

คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงชีวมวล

เชื้อเพลิงที่ใช้ทดลองได้แก่ถ่านไม้ซึ่งได้จากการผลิตถ่านไม้ด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น ซึ่งถ่านไม้ที่ใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 6.5 เซนติเมตร ขนาดความยาวเฉลี่ย 10 เซนติเมตร โดยมีค่าความร้อนเชื้อเพลิง 28 เมกะจูลต่อกิโลกรัม [5] ดังแสดงองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของถ่านไม้ [5]

Ultimate analysis (%wt.)			Proximate analysis (%wt.)				HHV
Carbon	Hydrogen	Oxygen	Moisture content	Volatile matter	Fixed carbon	Ash	(MJ/kg)
71.50	22.17	3.39	4.95	20.67	72.65	1.73	28.0

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การพัฒนาคุณภาพของถ่านแข็งอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม หมู่บ้านปางมะโอ ตำบลวังเงินอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

Quality Development of Charcoal Briquette made from waste mushroom production in Baan Pangmao,Tambon Wang ngern ,Amper Mae Tha, Lampang.

อดิศร ถมยา[1*],สกล จิโนสวัสดิ์[1], นิวัติ กิจไพศาลสกุล[2],เอกรัฐ อินต๊ะวงศา[2],ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์[3]

[1] สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
โทร 0-804965738 โทรสาร 054-241079 E-mail: adisorn2@hotmail.com1

Abstract

This research is aimed to study the potential of energy and biomass energy and to improve the quality of Charcoal solid Charcoal Briquette made from waste residues from mushroom cultivation in Baan Pangmao, Tambon Wang ngern, Amper Mae Tha, Lampang. The result showed that the potential energy is equal to 6,110,100 MJ/year, which is equivalent to oil energy of 144 TOE/year. Production of fuel briquettes are used cassava, molasses and lime as binders. The ratio of binder in fuel briquette is 10 percent by weight. There are 6 formulas for one ratio of binder in fuel briquette. The results revealed that the best ratio of binder is 10 percent molasses, as it provides the highest heat and strength. Therefore, it is appropriate to be used to produce charcoal briquettes, with the minimum breakeven point at 1,947 kilograms

Keywords: solid fuel briquettes, Biomass, Waste mushroom

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลและผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม แล้วนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง โดยมีผลการสำรวจเก็บข้อมูลศักยภาพพลังงานชีวมวลจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม ในหมู่บ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง พบว่ามีศักยภาพพลังงานเท่ากับ 6,110,100 เมกะจูน (MJ)/ปี หรือพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบเท่ากับ 144 TOE/ปี การผลิตถ่านอัดแท่งจะใช้ กากน้ำตาล ปูนขาวและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานโดยอัตราส่วนตัวประสานในการทำถ่านอัดแท่ง คือ ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก และมีทั้งหมด 6 สูตรต่อหนึ่งอัตราตัวประสาน ผลการทดสอบทำถ่านอัดแท่งที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วนผสมตัวประสาน ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก สูตรที่ 1 ใช้กากน้ำตาลอย่างเดียวเหมาะสมที่สุดเนื่องจาก มีค่าความร้อนสูงที่สุดและค่าความแข็งแรงของถ่านอัดแท่งมากที่สุด เหมาะสมที่นำมาเผาเป็นถ่านอัดแท่ง ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนที่น้อยที่สุดคือ 1,947 กิโลกรัม

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง,ชีวมวล,ก้อนขี้เห็ด

บทนำ

บ้านปางมะโอ หมู่ที่ 8 ตำบลวังเงิน อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปางพื้นที่บ้านเป็นหุบเขา ภูมิอากาศเย็นอยู่ห่างจาก ที่ว่าการอำเภอแม่ทะประมาณ 28 กิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวเมือง 39 กิโลเมตร อากาศจะเย็น ติดกับอุทยานเวียงโกศัย ติดต่อกับจังหวัดแพร่ ชาวบ้านปางมะโอ จำนวน 96 ครัวเรือน ประกอบอาชีพเพาะเห็ดหอม จากการสำรวจเก็บข้อมูลพบว่ามีก้อนเพาะเห็ดที่เหลือจากการเพาะเห็ดหอมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 10,000 ก้อนต่อโรงเรือน คิดเป็นปริมาณขยะจากการเกษตรกรรมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 5,000 กิโลกรัมต่อโรงเรือน ซึ่งครัวเรือนหนึ่งจะมีโรงเรือนเพาะเห็ดหอมเท่ากับ 2 – 5 โรงเรือน แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณขยะที่เกิดจากกระบวนการเพาะเห็ดหอม ในปริมาณมากจึงส่งผลให้เกิดปัญหาในเรื่องของการกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้จากการ

TREC-14 (MJU)

เพาะเห็ดในชุมชน และยังไม่ได้รับการแก้ไขจากหน่วยงานราชการ ชาวบ้านยังคงวิถีเดิมในการกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้โดยการนำไปทิ้งและรอเวลาเผาทำลายแสดงลักษณะการทิ้งเศษวัสดุเหลือจากกิจกรรมเพาะเห็ดในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 การกำจัดวัสดุเหลือใช้จากกิจกรรมการเพาะเห็ดหอม

นอกจากจะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศซึ่งเกิดจากปัญหาหมอกควันของการเผาวัสดุกลางแจ้ง ประกอบกับสภาพความแปรปรวนของอากาศเนื่องมาจากสภาวะโลกร้อน (Global Warming) แล้วยังส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อสุขภาพอนามัย, การท่องเที่ยว และเศรษฐกิจของภูมิภาค อันเนื่องมาจากปริมาณหมอกควันที่มีมากกว่าระดับมาตรฐานดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้เพื่อลดขยะที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตเห็ดหอมโดยการนำก้อนเชื้อเห็ดมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อพัฒนาการผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้เศษวัสดุเหลือใช้จากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม
- เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมทำถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม
- เพื่อหาต้นทุนของถ่านอัดแท่งใช้เศษวัสดุเหลือใช้จากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม

วิธีการวิจัย

- สำรวจศักยภาพด้านพลังงานจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม ในหมู่บ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะจ.ลำปาง
- กำหนดสัดส่วนของถ่านอัดแท่งและขั้นตอนการทดสอบ

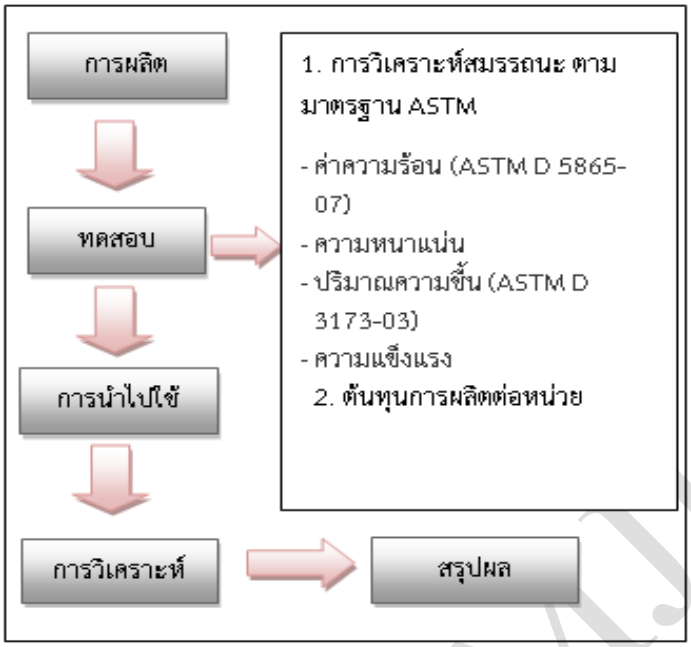
การทำถ่านอัดแท่งจะใช้ก้อนเชื้อเพาะเห็ดเป็นวัตถุดิบหลักและต้องใช้เป็นตัวประสานเพื่อทำให้ส่วนผสมยึดติดเข้ากัน โดยตัวตัวประสานที่ใช้คือ แป้งมัน กากน้ำตาล ปูนขาว อัตราส่วนในการผสมของตัวประสานร้อยละ10,15,20

ตารางที่ 1 ร้อยละของอัตราส่วนในการผสมตัวประสานทั้ง 6 สูตร

สูตรที่	แป้งมัน(%)	กากน้ำตาล(%)	ปูนขาว(%)
1	-	100	-
2	100	-	-
3	-	-	100
4	50	50	-
5	50	-	50
6	33.33	33.33	33.33

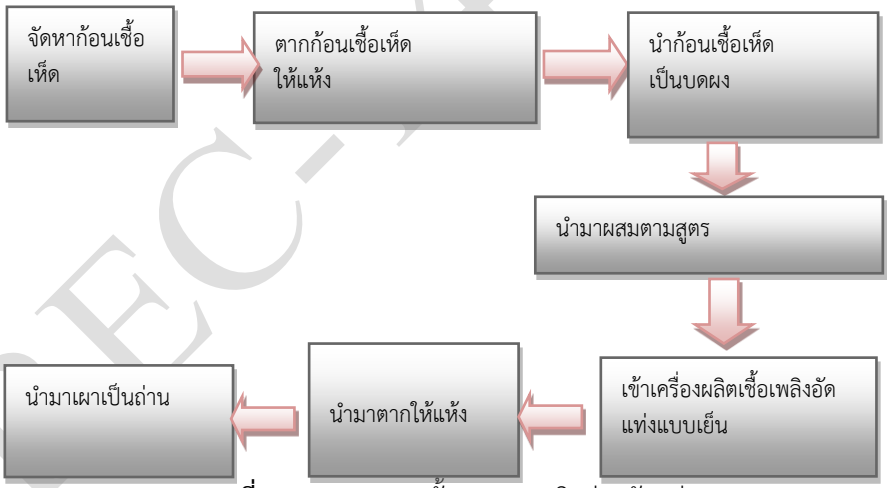
การทดสอบนี้จะทำการหาตัวประสานที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเพาะเห็ดวิธีการดำเนินการทดสอบของการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดหอมจะแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การผลิต การทดสอบ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์[1][2]

TREC-14 (MJU)



ภาพที่ 2 วิธีการดำเนินการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดหอม แบบอัดเย็นจะต้องมีการผสมตัวประสานเพื่อให้ตัวเชื้อเพลิงยึดติดกัน การทดสอบจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

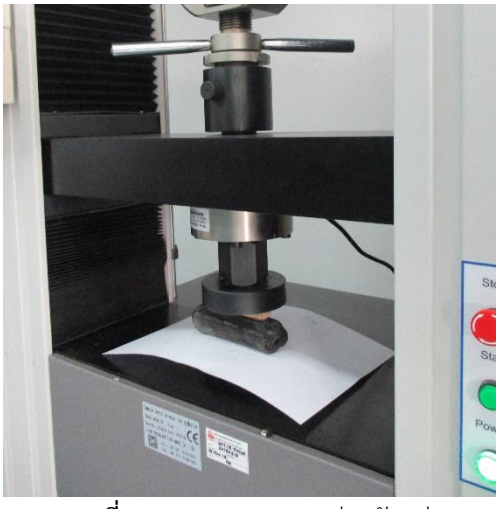


ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง

การทดสอบแรงกด

เป็นเครื่องสำหรับทดสอบทางกล (universal testing machine) คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ เช่น แรงกด (Compression) โดยเป็นเครื่องทดสอบแบบทำลาย คือ เครื่องจะออกแรงกดตัวอย่างทดสอบจนวัสดุแตกหักหรือพัง โดยอัตราการลดลงของแท่งทดสอบเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อนาที โดยจะทดสอบหาแรงกดสูงสุดของถ่านอัดแท่งแล้วนำดังกล่าวกับค่าพื้นที่หน้าตัดของถ่านอัดแท่งมาคำนวณหาแรงดันสูงสุด สามาการที่ 1 แสดงในภาพที่ 4 [2]

TREC-4 (MJU)



ภาพที่ 4 การทดสอบแรงกดถ่านอัดแท่ง

$$P = \frac{F}{A} \qquad (1)$$

เมื่อ P คือ ความเค้นแรงอัด มีหน่วยเป็น Pa
F คือ แรงกดสูงสุดที่มากระทำ มีหน่วยเป็น KN
A คือ พื้นที่หน้าตัดของเชื่อเพลิงอัดแท่ง มีหน่วยเป็น m^2

การทดสอบค่าความร้อนของถ่าน

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งการวัดพลังงานภายในนี้จะเกี่ยวข้องกับพลังงานอิเล็กตรอนโดยตรง สสารเคมีที่มีพลังงานอิเล็กตรอนในระดับสูงย่อมจะมีพลังงานภายในสูงตามไปด้วย เมื่อธาตุสองตัว เช่น ไฮโดรเจน กับออกซิเจน ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นน้ำ ($2.H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O$) พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาและจะทำให้อุณหภูมิของน้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในที่เกิดขึ้นแสดงในภาพที่ 5 [2]

ภาพที่ 5 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์การทดสอบวัดค่าความชื้นของถ่าน

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแบบร้อนแห้ง มีวิธีการให้กำเนิดความร้อนแบบเดียว คือให้ความร้อนจากด้านใต้หรือผนังห้องบ่ม (เปรียบได้กับตู้อบลมร้อนชนิด Dry wall) โดยจะใช้เพื่อช่วยในการอบไล่ความชื้นของถ่านอัด

TREC-14 (MJU)

แท่งให้มีประสิทธิภาพ สะดวกและรวดเร็วความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักที่เป็นของแข็งของผลิตภัณฑ์ สามาการที่ 2 [2]

$$\%MCdb = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \qquad 2)$$

เมื่อ %MCdb คือ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานกแห้ง
Mw คือ น้ำหนักของน้ำในถ่านอัดแท่ง
Ms คือ น้ำหนักของถ่านอัดแท่ง

ภาพที่ 6 แสดงการทดสอบความชื้นของถ่านอัดแท่ง

จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่าง ๆ บางครั้งต้องการจะทราบว่าจำนวนผลผลิตที่จะผลิตคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (Breakeven Analysis) คือจุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน นั่นคือ กำไรเป็นศูนย์นั่นเอง โดยกำหนดให้ [3]

C คือ ต้นทุนรวมในการผลิต, F คือ ต้นทุนคงที่, V คือ ต้นทุนแปรผัน, N* คือ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน, N คือ จำนวนการผลิตที่จุดใด ๆ, v คือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย, R คือ รายได้, P คือ กำไร, p คือ ราคาขายต่อหน่วย

รายได้ (R) = p N
กำไร (P) = รายได้ (R) – ต้นทุนรวม (C)
กำไร (P) = p N – (F + v N)
N* = F / (p – v)

จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน คือ

$$\frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย}} \qquad (3)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการสำรวจศักยภาพด้านพลังงานจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอม ในหมู่บ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ตารางที่ 2 ผลผลิตก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งจากกิจกรรมเพาะเห็ดหอมและศักยภาพด้านพลังงาน หมู่บ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

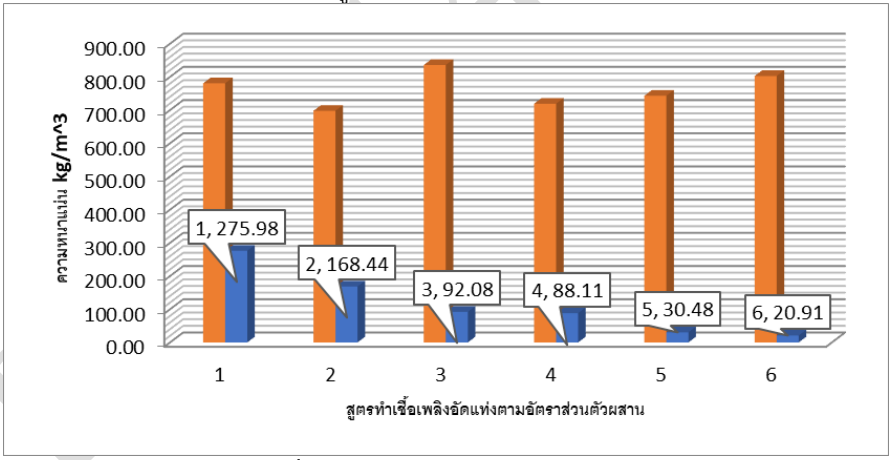
แหล่งข้อมูล	ข้อมูลที่สำรวจ	ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์	จำนวนโรงเพาะเห็ด	ผลผลิต	ศักยภาพพลังงาน	
	(ครัวเรือน)	(ครัวเรือน)	(โรง)	(กิโลกรัม/ปี)	(เมกะจูน/ปี)	Toe/ปี
ข้อมูลสำรวจเชิงพื้นที่ หมู่บ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง	69	58	93	418,500	6,110,100	144

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการดำเนินงานผลิตถ่านอัดแท่ง

ภาพที่ 7 ถ่านจากถ่านอัดแท่ง

ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง

การเก็บค่าน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นโดยใช้ที่อัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 สามารถคำนวณค่าความหนาแน่นทั้ง 6 สูตรดังแสดงในภาพที่ 8

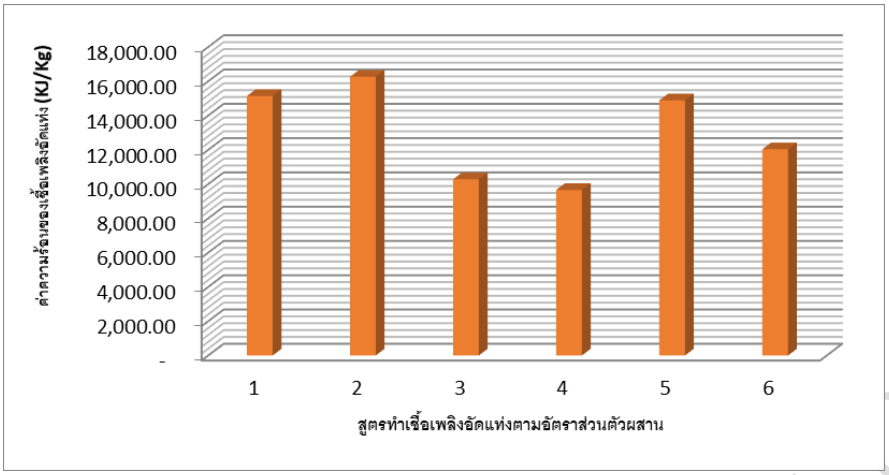


ภาพที่ 8 ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง

จากผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง ตามภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตนั้นมีค่ามากว่าเกณฑ์เนื่องจากส่วนผสมสามารถผสมและยึดเข้ากันได้ดี ทำให้เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วมีน้ำหนักต่อแท่งมากและเมื่อนำไปเผาเป็นถ่านอัดแท่ง จึงคำนวณค่าความหนาแน่นออกมาได้มากตามไปด้วย

ค่าความร้อนของถ่าน

จากการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่าโดยใช้ที่อัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 ทั้ง 6 สูตรดังแสดงในภาพที่ 9

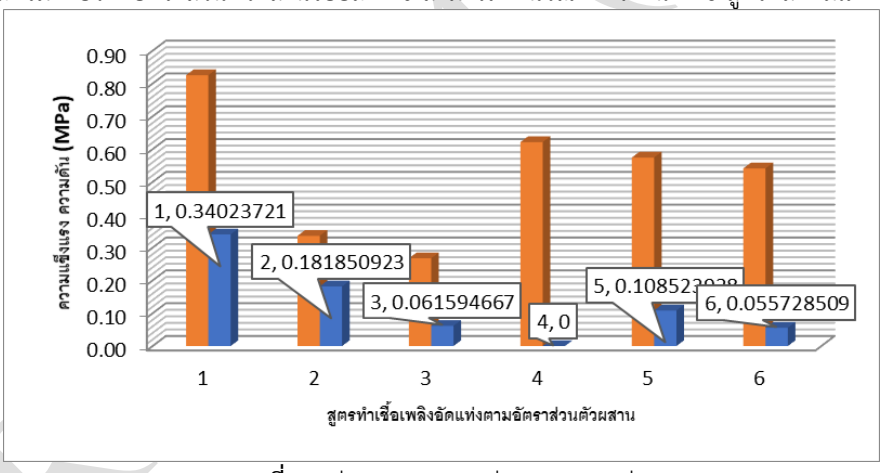


ภาพที่ 9 ค่าความร้อนของถ่าน

จากผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดท่งจะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 โดยค่าความร้อนทั้ง 6 สูตรที่มากที่สุดคือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 16,261 KJ/Kg ซึ่งเป็นสูตรที่ผสมแป้งมันอย่างเดียว แต่ถ้าเปรียบเทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่งแล้วค่าความร้อนที่คำนวณได้ก็น้อยกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ มากกว่า 20,934 KJ/Kg[4]

ค่าความทนทานต่อแรงกดของถ่าน

จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกดโดยเครื่องทดสอบทางกล(universal testing machine) ขนาด 1,000 กิโลกรัม พบว่าที่อัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 สามารถคำนวณค่าแรงดันทั้ง 6 สูตรแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ค่าความทนทานต่อแรงกดของถ่าน

จากภาพที่ 10 แสดงผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าแรงดันของอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 สามารถคำนวณค่าแรงดันทั้ง 6 สูตรนั้นมีค่าแรงดันมากที่สุดโดยเฉพาะสูตรที่ 1 มีแรงดันเท่ากับ 0.83 MPaและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยทั้ง 6 สูตรเท่ากับ 0.125 ผลการทดสอบอยู่เกณฑ์มาตรฐานถ่านอัดแท่งเท่ากับ 0.375 MPa เนื่องจากความแข็งแรงและความทนทานของแท่งเชื้อเพลิงเป็นผลมาจากเครื่องมือที่ใช้ในการผสมส่วนต่าง ๆ ในการผลิตถ่านอัดแท่งยังไม่ได้มาตรฐานพอ[4]

ข

การทดสอบการนำไปใช้จริง

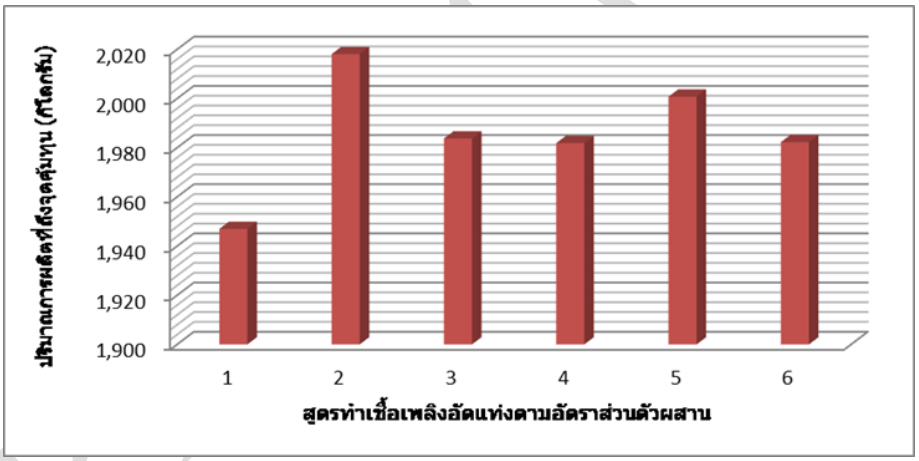
จากการทดสอบการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่ง สูตรกัน ผู้วิจัยทำการทดสอบโดยใช้ถ่านอัดแท่งที่น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัมเท่ากันทั้ง 6 สูตร นำมาต้มน้ำที่ปริมาตร 2.5 ลิตร แล้วจับเวลาน้ำเดือด พบว่าเวลาในน้ำเดือด อยู่ในช่วง 55 – 60 นาที แสดงไว้ดังภาพที่ 11

(a) (b) (c)

ภาพที่ 11 การทดสอบการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง
(a) ลักษณะถ่านอัดแท่งที่จุดติดแล้ว (b) จับเวลาขณะที่น้ำยังเดือด (c) ลักษณะขี้เถ้าของถ่านอัดแท่ง

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลที่ใช้ในการการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนประกอบด้วย ราคาเครื่องรีดถ่านอัดแท่ง 35,000 บาท กำลังการผลิตที่ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ขนาด 3 HP หรือ ขนาด 2.238 Kw ราคาขายถ่านอัดแท่ง 20 บาทต่อกิโลกรัม ผงเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดหอม แป้งมันราคากิโลกรัมละ 23บาท ปูนขาวกิโลกรัมละ 20 บาท กากน้ำตาลกิโลกรัมละ 17 บาท ค่าไฟฟ้าในการในการผลิตหน่วยละ 4 บาท ชั่วโมงการผลิต 8 ชั่วโมงต่อวัน ค่าแรง 300 บาทต่อวันสามารถแจกแจงหา ราคาบาทปริมาณการผลิตที่ถึงจุดคุ้มทุนแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลประกอบข้างต้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 ร้อยละ 15 และร้อยละ20 โดยอาศัยสมการที่ 2.15 ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนที่น้อยที่สุดคือ 1,947 กิโลกรัม ของอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 สูตรที่ 1 ถ้าผลิตได้วันละ 150 กิโลกรัมจะคืนทุนประมาณ 13 วัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบทำถ่านอัดแท่งแล้วนำมาผลิตถ่านอัดแท่งทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งเท่ากับ ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก โดยสูตรที่ 1 ใช้กากน้ำตาลอย่างเดียวเหมาะสมที่สุดเนื่องจาก มีค่าความร้อนสูงที่สุดและค่าความแข็งแรงของถ่านอัดแท่งมากที่สุด เหมาะสมที่จะนำถ่านอัดแท่ง มาเผาเป็นถ่านและการนำไปใช้งาน

ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตนั้นมีค่ามากว่าเกณฑ์เนื่องจากส่วนผสมสามารถผสมและยึดเข้ากันได้ดี ทำให้เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วมีน้ำหนักต่อแท่งมากและเมื่อนำไปเผาเป็นถ่านอัดแท่ง จึงคำนวณค่าความหนาแน่นออกมาได้มากตามไปด้วย

ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดท่งจะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 โดยค่าความร้อนทั้ง 6 สูตรที่มากที่สุดคือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 16,261 KJ/Kg ซึ่งเป็นสูตรที่ผสมแป้งมันอย่างเดียว แต่ถ้าเปรียบเทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่งแล้วค่าความร้อนที่คำนวณได้ก็น้อยกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ มากกว่า 20,934 KJ/Kg

ผลการทดสอบแรงดันของอัตราส่วนตัวผสานร้อยละ 10 สามารถคำนวณค่าแรงดันทั้ง 6 สูตรนั้นมีค่าแรงดันมากที่สุดโดยเฉพาะสูตรที่ 1 มีแรงดันเท่ากับ 0.83 MPa ผลการทดสอบอยู่เกณฑ์มาตรฐานถ่านอัดแท่งเท่ากับ 0.375 MPa เนื่องจากความแข็งแรงและความทนทานของแท่งเชื้อเพลิงเป็นผลมาจากเครื่องมือที่ใช้ในการผสมส่วนต่าง ๆ ในการผลิตถ่านอัดแท่งยังไม่ได้มาตรฐานพอ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้เงินสนับสนุนในงานวิจัยนี้จนเป็นผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ. การผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน. กรุงเทพมหานคร: ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2551.

[2] S. R. Richards, 1990, “Physical testing of fuel briquettes”,Fuel Processing Technology,Vol 25,Issue 2 pp.89-100

[3] ทองทิพย์ พูลเกษม. การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542.

[4] สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสากรรม,2547, “ประกาศมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง, สมอ., กรงเทพฯ, หน้า 1-3

TREC-14 (MJU)

การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนในชุมชน กรณีศึกษา: พื้นที่ บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

Renewable Energy Potential Assessment in Community: Case Study of Thung Pong Village, Ban Tan Subdistrict, Hot District, Chiang Mai Province

ไพฑูรย์ เหล่าดี[1] ศศิธร ใสปา[1] ณัฐิยา ตันตรานนท์[2] และ ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท[1*]

[1] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Abstract

This article aims to determine the potential of the community-based renewable energy of the No. 4, Ban Thung Pong village, Ban Tan Subdistrict, Hot District, Chiang Mai Province. The authors conducted the field surveys with questionnaires and subsequently, the collected data was analyzed. The results presented that the community had the potential to generate electricity from biomass using gasification technology of 170.62 kW, a solar photovoltaic power generation system with a capacity of 10 kWp, and a biogas generated from the anaerobic digestion of household organic waste of 440 m^3/month, Therefore, community development together with environmental conservation is considered to be the most beneficial use of resources as well as proper waste management.

Keywords: Renewable energy, Biomass, Solar energy, Biogas energy

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนชุมชนในพื้นที่หมู่ที่ 4 บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยทำการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามด้วยเครื่องมือแบบสอบถามแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ชุมชนมีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดกำลังผลิต 170.62 กิโลวัตต์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังผลิตสูงสุด 10 กิโลวัตต์ และระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ในครัวเรือนขนาดกำลังผลิต 440 ลูกบาศก์เมตร-ก๊าซชีวภาพต่อเดือน ดังนั้นการพัฒนาชุมชนร่วมกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมนับว่าเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมทั้งเป็นการจัดการของเสียที่ถูกวิธี

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานก๊าซชีวภาพ

บทนำ

จากสถานการณ์ชีวมวลเหลือทิ้งของประเทศไทยที่มีจำนวนมากในแต่ละปีเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานด้วยกระบวนการชีวเคมี (Biochemical process) และกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical process) ชีวมวลที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในประเทศ ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง ขี้เลื่อย เศษไม้/ปีกไม้ กะลา ซังข้าวโพด เป็นต้น พบว่า ชีวมวลที่เกิดขึ้นทั้งประเทศคิดเป็น 296,340,473 ตัน/ปี จากปริมาณชีวมวลดังกล่าวถูกนำไปใช้ทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม ทั้งสิ้น 18,200,169 และ 118,340,730 ตัน/ปี ตามลำดับ ทั้งนี้ยังมีชีวมวลที่คงเหลือทิ้งอีกประมาณ 159,799,575 ตัน/ปี หรือคิดเป็น 42,610 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ปี [1] ซึ่งสวนทางกับการใช้พลังงานของประเทศส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ พบว่า วงเดือนมกราคม – มีนาคม พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้ายรวมทั้งสิ้น 1,408 พันบาร์เรลเทียบเท่าน้ำมันดิบ/วัน ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 5.2 [2] แต่อย่างไรก็ตามศักยภาพพลังงานทดแทนของแต่ละภูมิภาคของประเทศยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หากเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับ

TREC-14 (MJU)

บริบทของแต่ละชุมชนสำหรับการจัดการทรัพยากรพื้นที่ ทั้งนี้พลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ แก๊สชีวภาพ เป็นต้น แต่เนื่องจากความแตกต่างด้านภูมิศาสตร์และบริบทชุมชน จำเป็นต้องลงสำรวจพื้นที่จริงเพื่อเก็บรวมรวมข้อมูลสำหรับคำนวณศักยภาพ และความต้องการด้านพลังงาน รวมถึงทัศนคติต่อการใช้เทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทน ก่อนที่จะนำเทคโนโลยีสู่ชุมชน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น เช่น วิถีชีวิตของแต่ละชุมชน ชนชาติ ภาษา วัฒนธรรม ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การเข้าถึงคนในชุมชนได้แท้จริงเพื่อที่จะให้เกิดการมีส่วนร่วมพัฒนาชุมชน (Community development participation)

เทศบาลตำบลบ้านตาล ตั้งอยู่เลขที่ 179 หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ห่างจากตัวอำเภอฮอด 17 กิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวจังหวัดเชียงใหม่ 105 กิโลเมตร มีเนื้อที่รวมทั้งหมด 104.8 ตารางกิโลเมตร จากการลงพื้นที่พบว่าชุมชนมีกิจกรรมการใช้พลังงานและมีแหล่งวัตถุดิบที่สามารถผลิตพลังงานทดแทนได้หลากหลาย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน สำหรับชุมชนในพื้นที่หมู่ที่ 4 บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางนำองค์ความรู้เรื่องพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาชุนชนต้นแบบด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานทดแทนด้วยการลงพื้นที่สำรวจเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นไปตามความเป็นจริงสอดคล้องกับบริบทชุมชน โดยมีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้ 1) กำหนดพื้นที่เป้าหมาย 2) การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3) กำหนดเงื่อนไขสร้างแบบสอบถาม 4) ลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูล และ 5) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านตาลเป็นสถานที่ดำเนินการวิจัย ทั้งนี้ชุมชนมีทั้งหมด 442 หลังคาเรือน มีประชากรรวม 1,021 คน แยกเป็นชาย 536 คน และหญิง 485 คน ซึ่งใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือบันทึกข้อมูลทั้งหมด 210 ชุด การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม Excel version 2016 สำหรับการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประมาณค่าสัดส่วนของประชากร ใช้สูตรคำนวณกรณีทราบจำนวนประชากร โดยอ้างอิงสูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1960) [3] ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n คือ ขนาดของประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ
N คือ ขนาดของประชากร
e คือ ความคาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

การลงพื้นที่สำรวจพบว่า กลุ่มประชากรกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 442 ครัวเรือน ค่า e คือ ค่าความคาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้อยู่ที่ 0.05 เมื่อแทนค่าตามสมการค่า n = 209.98 ครัวเรือน ดังนั้นผลการคำนวณหาจำนวนแบบสอบถามจากกลุ่มประชากรตัวอย่างตามความสัมพันธ์ทาโร ยามาเน่พบว่าต้องใช้แบบสอบถามจำนวนทั้งสิ้น 210 ชุด

การประเมินศักยภาพด้านพลังงานทดแทน

1. การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานชีวมวลของชุมชน

เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวทุกปีหรือเรียกว่า ชีวมวล (Biomass) จะถูกทิ้งโดยเปล่าประโยชน์หรือไม่ก็เลือกวิธีการเผาทิ้งเนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกต่อการกำจัด ปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปีสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2) – (6) การคำนวณปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ [4 – 5] ได้ดังนี้

$$VOR = RP_{ratio} \times VOP_{year} \quad (2)$$

เมื่อ VOR คือ ปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ (พันตัน)
RP_{ratio} คือ สัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ร้อยละ)
VOP_{year} คือ ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในรอบปี (พันตัน/ปี)

$$ENU = VOR \times RNU_{ratio} \times HHV_R \quad (3)$$

เมื่อ ENU คือ พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (จิกะจูล)

RNU_{ratio} คือ สัดส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (ร้อยละ)

HHV_R คือ ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุแต่ละชนิด (เมกะจูล/กิโลกรัม)

$$TOE = ENU / 42.244 \times 10^9 \quad (4)$$

เมื่อ TOE คือ พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)

กำหนดให้ 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เท่ากับ 42.244×10^9 จูล [6]

$$POE = \left(ENU \times PE_{hour} / 3,600 \right) \quad (5)$$

เมื่อ POE คือ ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า (จิกะวัตต์–ชั่วโมง)

PE_{hour} คือ พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (วัตต์–ชั่วโมง) กำหนดให้ 1 วัตต์–ชั่วโมง เท่ากับ 3,600 จูล [6]

$$SOBP = POE / HYP \quad (6)$$

เมื่อ $SOBP$ คือ ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (กิโลวัตต์)

HYP คือ ชั่วโมงการผลิตต่อปี (ชั่วโมง/ปี)

2. การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพของชุมชน

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ คือ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการพิจารณาข้อมูลเบื้องต้นของหมู่ที่ 4 บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 442 ครัวเรือน ซึ่งจากงานวิจัยของ Manomaivibool, Chart-asa, and Unroj (2016) พบว่า ปริมาณเศษอาหารที่จะเกิดขึ้นในครัวเรือนมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 3.76 กิโลกรัม เศษอาหาร/ครัวเรือน [7] ดังนั้น ปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นของชุมชนนี้ เท่ากับ 1,661.92 กิโลกรัม-เศษอาหาร/วัน โดยเศษอาหาร ปริมาณ 1 กิโลกรัม สามารถเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพได้ เท่ากับ 0.041 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม-เศษอาหาร [8] ดังนั้น ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของชุมชนนี้มีปริมาณ เท่ากับ 68.14 ลูกบาศก์เมตร-ก๊าซชีวภาพ/วัน เมื่อพิจารณาที่สัดส่วนของก๊าซมีเทน ร้อยละ 60 ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะให้ค่าความร้อนสูง (HHV) เท่ากับ 23.10 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร [9] ศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน และค่า HHV ทั้งหมดของชุมชนนี้ที่สามารถผลิตได้จะมีค่าเท่ากับ 40.88 ลูกบาศก์เมตร-ก๊าซมีเทน/วัน และ 944.40 เมกะจูล/วัน ตามลำดับ ซึ่งสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มที่ค่า HHV เท่ากับ 50.15 เมกะจูล/กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้ม [10] เท่ากับ 18.83 กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้ม/วัน

3. การประเมินประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

การประเมินประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับแหล่งพลังงานทดแทนในพื้นที่เป้าหมาย การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเทคนิคของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค โดยอ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2) [11-12] ซึ่งได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) ได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ 7

$$Y_r = H_i / G_{STC} \quad (7)$$

เมื่อ Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์)

H_i คือ พลังงานจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์

TREC-14 (MJU)

STC เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) สามารถคำนวณได้จากสมการ (8) [11-12]

$$Y_A = E_A / P_O \quad (8)$$

เมื่อ Y_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์)

E_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)

การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency) ก่อนหรือหลังการติดตั้งใช้งานจริง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการ (9) [11-12]

$$\eta_A = E_A / H_i \, A_A \quad (9)$$

เมื่อ η_A คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (เปอร์เซ็นต์)

A_A คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ตารางเมตร)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านส่วนข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนมีข้อมูลสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ให้ข้อมูล ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน ส่วนที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยในครัวเรือน และส่วนที่ 4 ข้อมูลทางด้านการเกษตร โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ให้ข้อมูล

ประชาการส่วนใหญ่ร้อยละ 54.55 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาร้อยละ 36.36 ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมร้อยละ 85.45 รองลงมาคืออาชีพค้าขายและประกอบธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 10.91 อาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจร้อยละ 1.82 และเยาวชนที่อยู่วัยศึกษาเล่าเรียนร้อยละ 1.82 ข้อมูลด้านการศึกษาและอาชีพของประชากรในชุมชนเป้าหมายดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลด้านการศึกษาและอาชีพของประชากรในชุมชนเป้าหมาย

การศึกษา	**คิดเป็นร้อยละ**
ประถมศึกษา	54.55
มัธยมศึกษา	36.36
อนุปริญญา	0.00
ปริญญาตรี	3.64
สูงกว่าปริญญาตรี	0.00
อาชีพ	**คิดเป็นร้อยละ**
เกษตรกรรม	85.45
ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว	10.91
ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	1.82
นักเรียน/นักศึกษา	1.82

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน

ชุมชนมีการใช้พลังงานแบ่งออกเป็นสองประเภทที่สำคัญคือ ไฟฟ้า และ เชื้อเพลิง โดยพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้เพื่อแสงสว่างในครัวเรือน และจากผลการศึกษาพบว่า ค่าไฟฟ้าของชุมชนเฉลี่ยประมาณ 31,850 บาท/เดือน ภาคเชื้อเพลิงสามารถจำแนกชนิดเชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และพลังงาน ชีวมวล น้ำมันเชื้อเพลิงถูกใช้ สำหรับยานพาหนะ และด้านการเกษตร จากสถิติพบว่า ด้านยานพาหนะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 39,200 บาท/เดือน คิดเป็นปริมาณของน้ำมันจำนวน 1,488

TREC-14 (MIU)

ลิตร/เดือน และด้านการเกษตรสูญเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 45,300 บาท/เดือน คิดเป็นปริมาณน้ำมันจำนวน 1,720 ลิตร/เดือน (หมายเหตุ: น้ำมันดีเซล ราคาขายลิตรละ 26.34 บาท [13]) ในส่วนของก๊าซหุงต้ม พบว่า ชุมชนมีการใช้ก๊าซ LPG ประมาณ 1,840 กิโลกรัม/เดือน หรือคิดเป็น 123 ถัง (15 กิโลกรัม)/เดือน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 41,697 บาท/เดือน (หมายเหตุ: ราคาก๊าซหุงต้มที่ถังขนาด 15 กิโลกรัม ราคาอยู่ที่ 339 บาท [13]) นอกจากนั้นชุมชนยังพึ่งพาพลังงานชีวมวลโดยมีการใช้ถ่านไม้และฟืน สำหรับการประกอบอาหารคิดเป็นร้อยละ 51 จากการสุ่มเลือกกลุ่มประชาการของแต่ละครัวเรือน พบว่าสามารถประเมินค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหลังคาเรือนได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการใช้พลังงานของชุมชน

ประเภทการใช้พลังงาน	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของชุมชน (บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหลังคาเรือน (บาท/เดือน/หลังคาเรือน)
1. ค่าไฟฟ้า	31,850	151.67
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง		
2.1 ยานพาหนะ	39,200	187.67
2.2 การเกษตร	45,300	215.71

ส่วนที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยในครัวเรือน

ผลการสำรวจพบว่า ปริมาณขยะอินทรีย์ต่อวันภายในครัวเรือน (เช่น เศษอาหาร พืชผัก เปลือกผลไม้ เป็นต้น) มีปริมาณขยะเหลือทิ้งจากชุมชนโดยเฉลี่ยประมาณ 1,266 กิโลกรัม/วัน ทั้งนี้ขยะเปียกส่วนมากถูกจำกัดด้วยวิธีการฝังกลบ บ้างก็ถูกนำไปทิ้งที่สวนโดยไม่ถูกสุขลักษณะซึ่งจะทำให้เกิดปัญหากลิ่นและแมลงวัน

ส่วนที่ 4 ข้อมูลทางด้านการเกษตร

พืชเศรษฐกิจของชุมชนนี้ได้แก่ ลำไย โดยมีพื้นที่การปลูกสูงถึง 447 ไร่ นอกจากนั้นยังมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวจ้าว 128 ไร่ อีกทั้งยังเลี้ยงสัตว์ไว้บริโภคสำหรับครัวเรือน อาทิ ไก่ หมู วัว เป็นต้น โดยระบบเศรษฐกิจของชุมชนจะประกอบด้วย การเกษตร การประมง การปศุสัตว์ และแรงงาน **ด้านการเกษตร**พบว่า ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำสวนลำไย ทำนา ปลูกหอมแดง ทำไร่ แปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น ลำไยอบแห้ง สภาพที่ดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินเหนียว การเก็บกับน้ำไม่พอ ทำให้ขาดแคลนแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร ราษฎรอาศัยน้ำฝนธรรมชาติ และการขุดเจาะบ่อบาดาลเพื่อทำการการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ **ด้านประมง** พบว่า สภาพพื้นที่ตำบลบ้านตาล พื้นที่ส่วนมากเป็นพื้นที่สูง ขาดแคลนน้ำ มีการเลี้ยงปลาตามบ่อเล็กของชาวบ้านเพื่อสำหรับการอุปโภคในครัวเรือน และมีการประมงโดยการจับสัตว์น้ำตามลำน้ำปิง **ด้านการปศุสัตว์** พบว่า ชุมชมมีการปศุสัตว์ คือ การเลี้ยงโค และการเลี้ยงสุกร ในทุกครัวเรือน และ **ด้านแรงงาน** พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 ประกอบอาชีพทำการเกษตรกรรมเพาะปลูกได้แก่ ทำนาข้าว ลำไย ผัก รวมทั้งประกอบอาชีพส่วนตัวและรับจ้าง นอกจากนั้นชุมชนยังให้การส่งเสริมเศรษฐกิจพอเพียงท้องถิ่นโดยราษฎรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 ประกอบอาชีพทำการเกษตรกรรม ได้แก่ทำนา ปลูกข้าว ไร่ยาสูบ ข้าวโพด ลำไย มะม่วง ปลูกหอมแดงและกระเทียม ทั้งนี้ชุมชนมีทรัพยากรแหล่งน้ำสำคัญได้แก่ แม่น้ำ 1 สายลำห้วย และลำธาร 4 แห่ง คลอง 2 แห่ง หนองบึง 3 แห่ง แก้มลิง 1 แห่ง อ่างเก็บน้ำ 2 แห่ง สระน้ำ 4 แห่ง และคลองชลประทาน 3 แห่ง

ผลการประเมินศักยภาพด้านพลังงานทดแทน

ผลการสำรวจพบว่า ประชากรประกอบอาชีพเกษตรกรรมมีสวนลำไยในชุมชนคิดเป็นพื้นที่ 447 ไร่ ซึ่งในแต่ละปีเกษรตกรตัดแต่งกิ่งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต จากการประเมินคาดว่ามีต้นลำไยประมาณ 4,470 ต้น และปริมาณน้ำหนักของไม้ลำไยที่จะใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 22,350 ตันต่อปี ดังนั้นเศษกิ่งไม้ลำใยมีความน่าจะเป็นไปได้สำหรับนำมาเปลี่ยนรูปพลังงาน หากพิจารณาองค์ประกอบทางความร้อนพบว่า กิ่งและก้าน ของไม้ลำใยมีค่าความร้อน 14.98 เมกะจูล/กิโลกรัม [6] ดังนั้นผลการประเมินศักยภาพชีวมวลของชุมชนแสดงได้ตามตารางที่ 3

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินศักยภาพชีวมวลของชุมชนต่อปี (1 ปีจะตัดแต่งกิ่ง 1 ครั้ง)

ผลการคำนวณ	สัญญาลักษณ์	ปริมาณ	หน่วย
1. ปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้	VOR	1,350	ล้านกิโลกรัม
2. พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์	ENU	1,354,941	เทระจูล
3. พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ	TOE	12.30	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
4. ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า	POE	1,279,666.50	จิกะวัตต์–ชั่วโมง
5. ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล	SOBP	170.62	กิโลวัตต์–ชั่วโมง

จากตารางที่ 3 พบว่า ศักยภาพชีวมวลของไม้ลำไยซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 30×10^6 กิโลกรัม/ปี สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าซึ่งมีขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 170 กิโลวัตต์ ทั้งนี้ในส่วนของการดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลจริงควรต้องได้รับความยินยอมจากชุมชนด้วยผลประชาพิจารณ์ ทั้งนี้ตัวเลขเป็นเพียงการประมาณค่าของศักยภาพพลังงานชุมชน

1. การประเมินศักยภาพก๊าซชีวภาพของชุมชน

ผลการสำรวจปริมาณขยะเปียกของชุมชนเฉลี่ยประมาณ 1,266 กิโลกรัม/วัน หากนำไปหมักสามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มได้ การคำนวณศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของชุมชน [8-10] พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ของชุมชนนี้ที่สามารถผลิตได้จะมีค่าเท่ากับ 31.14 ลูกบาศก์เมตร-ก๊าซชีวภาพต่อวัน หรือคิดเป็น 934.20 ลูกบาศก์เมตร-ก๊าซชีวภาพต่อเดือน ซึ่งสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มเท่ากับ 14.68 กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้มต่อวัน หรือคิดเป็น 440.4 กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้มต่อเดือน ผลการประหยัดค่าเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มได้ประมาณ 11,189 บาทต่อเดือน ทั้งนี้อ้างอิงราคาก๊าซหุงต้ม [13] ทั้งนี้ผลการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของชุมชนจากขยะเปียกที่ได้จากการสำรวจมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณในทางทฤษฎีที่ประเมินจากค่าเฉลี่ยประมาณขยะเหลือทิ้งจากครัวเรือนโดยการครัวเรือนทั้งหมด 442 ครัวเรือน ซึ่งปริมาณเศษอาหารที่จะเกิดขึ้นในครัวเรือนมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 3.76 กิโลกรัม เศษอาหาร/ครัวเรือน [7] สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนของประชากรในชุมชนได้ตลอดทั้งช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกทั้งเป็นการจัดการขยะในพื้นที่ชุมชนด้วยอีกทางหนึ่ง

2. การประเมินประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

พื้นที่ชุมชน ณ บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่เป็นภูเขามีป่าไม้หากจะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระควรจะมีกำลังการผลิตประมาณ 10 กิโลวัตต์ เนื่องจากด้านเทคนิคการติดตั้งพื้นที่โล่งมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันโดยไม่มีเงาบังพื้นที่รับแสง ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของชุมชนพบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 9.85% ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ 3.19 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร ดังแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของชุมชน

ผลการศึกษา	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
1. พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี	Y_r	0.0032	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์สูงสุด
2. พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง	Y_A	0.32	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์สูงสุด
3. ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	h_A	9.85	เปอร์เซ็นต์

ผลจากการประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนชุมชนในพื้นที่หมู่ที่ 4 บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่โดยภาพรวม พบว่า ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 170.62 กิโลวัตต์–ชั่วโมง ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

TREC-14(MJU)

แบบอิสระมีกำลังการผลิต 10 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 9.85 เปอร์เซ็นต์ และขยะอินทรีย์ของชุมชนสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ประมาณ 14.68 กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้มต่อวัน หรือคิดเป็น 440.4 กิโลกรัม-ก๊าซหุงต้มต่อเดือน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนชุมชนในพื้นที่หมู่ที่ 4 บ้านทุ่งโป่ง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ โดยลงพื้นที่สำรวจภาคสนามด้วยเครื่องมือแบบสอบถามแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ชุมชนดังกล่าว มีศักยภาพด้านพลังงานทดแทนคือ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานก๊าซชีวภาพ ด้วยเหตุผลความเป็นไปได้ในใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนไปใช้ชุมชน *ประการแรก* เทคโนโลยีโรงไฟฟ้าชีวมวล เนื่องจากมีศักยภาพเชื้อเพลิงนั้นคือ ไม้ลำไย ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวและยังไม่ได้ถูกนำไปใช้ บ้างก็มีนำไปเผาถ่านไว้ใช้ในครัวเรือนเท่านั่น *ประการที่สอง* ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์การประยุกต์ใช้ในชุมชนเป็นแบบอิสระ (Stan alone system) ซึ่งเป็นไม่ยุ่งเกี่ยวกับสายส่งของการไฟฟ้า สามารถทำเป็นระบบผลิตไฟฟ้าสถานีย่อยหลายสถานี และพัฒนาให้แต่ละระบบแลกเปลี่ยนไฟฟ้าระหว่างระบบได้ *ประการที่สาม* ระบบก๊าซชีวภาพ เนื่องจากชุมชุนมีเศษขยะเปียกที่เปลี่ยนรูปพลังงานด้วยการหมักแบบไร้อากาศ ก๊าซที่ได้สามารถเป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซหุงต้มได้ ซึ่งอาจจะทำเป็นระบบบ่อก๊าซชีวภาพแบบรวมศูนย์โดยมีบ่อหมักที่เดียวสำหรับรับขยะอินทรีย์จากชุมชน จากนั่นก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ก็ต่อกระจายให้กับแต่ละหลังคาเรือน แต่ทั้งนี้การเลือกเทคโนโลยีจำเป็นต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของประชาชนในชุมชนนั้น ๆ เป็นที่ตั้ง แต่ละชุมชนจะมีบริบททางด้านภูมิศาสตร์แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง *และประการสุดท้าย* ผลการลงพื้นที่สำรวจความรู้และความเข้าใจด้านพลังงานทดแทน โดยแบ่งออกเป็นพลังงานชีวมวล พลังงานขยะ พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ พบว่าประชากรในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจด้านพลังงานทดแทนร้อยละ 85% และมีความสนใจที่ต้องการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนร้อยละ 55% เนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับครัวเรือนรวมทั้งการใช้พลังงานจากทรัพยากรของชุมชนและอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณผู้นำองค์กรส่วนตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งประชากรภายในชุมชนที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือต่อการให้ข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง ขอบคุณทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2563). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP2018).

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2564). ภาพรวมพลังงาน ม.ค. – มี.ค. ปี 2564.

[3] Yamane, T. (1960). Statistic: An introductory analysis (3rd ed). Singapore: Harper International Edition.

[4] เบญจมาศ ปุยออก และคณะ. (2550). การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟาจากเศษวัสดุเหลือใชทางการเกษตร, การประชุมเชิง วิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพฯ.

[5] พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น. (2556). การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในจังหวัดลำปางกรณีศึกษา: อำเภอแม่ทะ. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 6 (2), 35 – 45.

[6] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2544).

[7] Manomaivibool, P., Chart-asa, C., & Unroj, P. (2016). Measuring the impacts of a save food campaign to reduce food waste on campus in Thailand. Applied Environmental Research, 38(2), 13-22.

[8] Hussaro, K., Intanin, J., & Teekasap, S. (2017). Biogas production from food waste and vegetable waste for the Salaew Temple Community Angthong Provice Thailand. *GMSARN International Journal*, 11, 82 – 89.

[9] Dutta, A., Karimi, I. A., & Farooq, S. (2018). Heating value reduction of LNG (liquefied natural gas) by recovering heavy hydrocarbons: technoeconomic analyses using simulation-based optimization. Industrial & Engineering Chemistry Research, 57 (17), 5924 – 5932.

TREC-14 (FHD)

[10] Lee, J. W., Do, H. S., Kweon, S. I., Park, K. K., & Hong, J. H. (2010). Effect of various LPG supply systems on exhaust particle emission in spark – ignited combustion engine. International Journal of Automotive Technology, 11 (6), 793 – 800.

[11] สุขฤดี สุขใจ, ธวัช สุริวงษ์, วิสุทธิ์ แช่มสะอาด, ไพฑูรย์ เหล่าดี และปาณิสรา จันทร์แจ้ง. (2557). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ: การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพ พลังงานและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับแหล่งพลังงานทดแทนในพื้นที่เป้าหมาย. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[12] International Standard IEC 61724. (2014). "*Photovoltaic system performance monitoring-guidelines for measurement, data exchange and analysis*". Retrieved April 2014, from http://www.pvresources.com/Standards/PVSystems.aspx

TREC-14 (MJU)

การประเมินประสิทธิภาพเตาเผาอิฐมอญเชื้อเพลิงชีวมวลที่ออกแบบสำหรับผู้ประกอบการในพื้นที่อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

Potential evaluation of biomass brick kilns designed for an entrepreneur in Hangchut district, Lampang province

อุกฤต สมัครสมาน[1*] นันท์นิชา วงค์ตะวัน[2] สมศรี พรมท้าว[3] สุพัตรา สุนทร[1] คณิต มานะธุระ[4] และกิตติกร สาสุจิตต์[5]
Ukrit Samaksaman[1*] Nunnicha Wongtawan[2] Somsri Promtow[3] Supatra Sunton[1] Kanit Manatura[4] and Kittikorn Sasujit[5]
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยธาตุพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48110

Abstract

This research focused on the potential of biogas produce from animal dung, consist of cattle, buffalo and pigs where are distributed in Nakhon Phanom province, Thailand for assess the potential of biogas production. The animal husbandry data arrived from 12 district livestock office. The potential of biogas production assesses and animal dung density analysis in different districts to study of the suitรางที่ areas for collecting raw materials for biogas production. From the study we found that Nakhon Phanom province have the potential of biogas production from cattle, buffalo and pig's dung about 9,452,671.52 m^3/year or 197,844,414.86 MJ/year. The suitรางที่ area for collecting raw materials consist of Wangyang district, Nakae district, Renunakhon district, Thatphanom district and Muang Nakhon phanom district, all of them are 55.65% of biogas production potential in Nakhon Phanom province or 5,260,418.59 m^3/year.

Keywords: biogas, animal dung, potential of energy base on area

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพในการการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ประเภท มูลโค, มูลกระบือ และมูลสุกร ที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดนครพนม เพื่อนำมาประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยการขอข้อมูลจากปศุสัตว์อำเภอทั้ง 12 แห่งในจังหวัดนครพนม จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ในภาพรวมของจังหวัด แล้ววิเคราะห์ความหนาแน่นในการกระจายตัวของมูลสัตว์ในเขตพื้นที่อำเภอต่าง ๆ เพื่อศึกษาเขตพื้นที่ที่เหมาะสมในการรวบรวมวัตถุดิบเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าจังหวัดนครพนม มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ประเภทโค กระบือและสุกรประมาณ 9,452,671.52 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็น 197,844,414.86 MJ/ปี พื้นที่ที่เหมาะสมในการรวบรวมวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตแก๊สชีวภาพคือ บริเวณอำเภอวังยาง อำเภอนาแก อำเภอเรณูนคร อำเภอธาตุพนม และอำเภอเมืองนครพนม โดยรวมทั้ง 5 อำเภอ มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ประมาณร้อยละ 55.65 เมื่อเทียบกับทั้งจังหวัด โดยมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ 5,260,418.59 ลูกบาศก์เมตร/ปี

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, มูลสัตว์, ศักยภาพพลังงานตามพื้นที่

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาความมั่นคงทางด้านพลังงาน โดยจากข้อมูลสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี 2562 พบว่า ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 85,708 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 2.1 คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวมกว่า 1,245 ล้านบาท[1] และจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan; PDP) จะมีการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมถึงปริมาณวัตถุดิบที่จะสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะพบว่าปริมาณวัตถุดิบจากชีวมวล และแก๊สชีวภาพมีปริมาณที่น่าจะเพียงพอต่อความต้องการในการผลิตไฟฟ้า และเมื่อพิจารณาในพื้นที่ในเขตภาค

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

ผลกระทบความหนาแน่นชีวมวลที่มีต่อกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพจากเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด

Effect of Biomass Density on Biochar Production Process from A Fixed Bed Pyrolysis Reactor

เจนจิรา อุตเรือน[1*] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ชูรัตน์ ธารารักษ์[1] นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่[1] บุญยาพร แสนพรม[1] พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์[2] และ นิกราน หอมดวง[1*]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2] ฝ่ายบริหารจัดการพื้นที่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 155 หมู่ 2 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50290

Abstract

This research aimed to study the effect of biomass density on biochar production from fixed-bed pyrolysis reactor with size 260 L. By using oil palm frond and longan wood to represent the density or type of biomass. The experiment was carried out loading both biomasses into a fixed bed pyrolysis reactor and use longan wood as fuel to heat in the combustion chamber that heat transfer into the pyrolysis chamber, the production time of charcoal in a range of 5-7 h and the pyrolysis gas was condensed by a heat exchanger. The remaining pyrolysis gas will be used as supplementary fuel with longan wood. The result was found that, the effect of biomass density was affected bio-char production and mass yield. The use of longan wood was obtained more advantages than oil palm frond application in terms of production rates, bio-char content, energy conversion efficiency and energy efficiency. The use of longan wood was achieved bio-char production yield of 31.28% and energy conversion efficiency of 54.55%.

Keywords: pyrolysis process, pyrolysis reactor, biomass density, biochar

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบความหนาแน่นชีวมวลที่มีต่อการผลิตถ่านชีวภาพจากเตาไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด ขนาด 260 L โดยใช้ทางใบปาล์มและไม้ลำไยเป็นตัวแทนของความหนาแน่น หรือประเภทชีวมวล การทดสอบได้ดำเนินการบรรจุชีวมวลทั้งสองชนิดลงในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด และใช้เศษไม้ลำไยในการเผาให้ความร้อนในห้องเผาไหม้และถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ห้องไพโรไลซิส มีระยะเวลาการการผลิตถ่านอยู่ในช่วง 5-7 h แก๊สที่ได้จากกระบวนการจะถูกนำไปควบแน่นด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน แก๊สที่เหลือจะถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงเสริมการเผาไหม้ร่วมกับเศษไม้ลำไย ผลการศึกษาพบว่าผลของความหนาแน่นชีวมวลมีผลต่อการผลิตถ่านชีวภาพและผลผลิตที่ได้ การใช้ไม้ลำไยมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ทางใบปาล์ม ทั้งในด้านอัตราการผลิต ปริมาณถ่านชีวภาพที่ได้ ความสามารถในการแปรรูปพลังงาน และประสิทธิภาพทางพลังงาน การใช้ไม้ลำไยให้ปริมาณถ่านชีวภาพที่ผลิตได้สูงสุด 31.28% และมีประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงาน 54.55%

คำสำคัญ: กระบวนการไพโรไลซิส เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ความหนาแน่นชีวมวล ถ่านชีวภาพ

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกพืชหลากหลายชนิด ส่งผลให้มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก โดยสามารถจำแนกประเภทของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ 2 ประเภท คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีความหนาแน่นต่ำ ได้แก่ ฟางข้าง แกลบ ทะลายปาล์ม และทางใบปาล์ม เป็นต้น ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีความหนาแน่นสูง ได้แก่ เศษไม้จากพืชไม้ผล ไม้ลำไย ไม้ลิ้นจี่ เป็นต้น โดยปกติแล้วการผลิตถ่านชีวภาพจากชีวมวลที่มีความหนานแน่นสูง สามารถนำถ่านชีวภาพไปใช้งานได้เลย แต่สำหรับการผลิตถ่านชีวภาพจากชีวมวลที่มีความ

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การทดลองผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพทะลายปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้า

Experiment production of oil palm empty fruit bunches biofuel with using slow pyrolysis reactor

อิศเรศ สายปัญญา[1] Rameshprabu Ramaraj [1] เสริมสุข บัวเจริญ[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1*] เจนจิรา อุตเรือน[1] และ นิกราน หอมดวง[1*]

Itsares Saipanya[1], Rameshprabu Ramaraj[1], Sermsuk Buochareon[1], Yingrak Auttawaitkul[1], Jenjira Uttareun[1] and Nigran Homdoung[1*]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*นิกราน หอมดวง: Email: nigranghd@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 053-331194 เบอร์โทรสาร 053-331194

Abstract

The objective of this research was to study, experiment, and use oil palm empty fruit bunches [OPEFB] to produce bio-charcoal on slow pyrolysis process with using fixed bed pyrolysis reactor. The combustion chamber and heat exchanger was located in the center of reactor and that tested under real environment and and compared with data on biochar production from oil palm frond. The results was found that, The pyrolysis of OPEFB by reactor was obtained average pyrolysis temperature of 436.76 °C and pyrolysis residence time approximately of 240 min. The production rate per batch was of 19 kg, 29.32% and 11.95% of bio-charcoal and wood vinegar respectively and the rest was of pyrolysis gas. The maximum energy conversion efficiency of OPEFB was achieved of 46.98% and highest heating value of 25.45 MJ/kg. After that OPEFB was processed into briquette fuel, the heating value of that was reduced by 2.22%. the heating value of briquette bio-charcoal was obtained 24.89 MJ/kg. When the pyrolysis temperature was adjusted to close 500 °C, the heating value of that can be increased which that can be extended to farmers or oil palm processing operators

Keywords: oil palm empty fruit bunches, bio-charcoal, pyrolysis reactor, oil palm frond

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา ทดลอง การนำเอาทะลายปาล์มมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าด้วยเครื่องปฏิกรไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด โดยมีห้องเผาไหม้และชุดถ่ายเทความร้อนอยู่ตรงกลางเครื่องปฏิกรณ์ ได้ทดสอบภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงและได้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตถ่านชีวภาพจากทางใบปาล์ม ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการไพโรไลซิสทะลายปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิไพโรไลซิสเฉลี่ย 436.76 °C และมีระยะเวลาเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการประมาณ 240 min อัตราการผลิตต่อครั้งได้ครั้งละ 19 kg ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 29.32% และ 11.95% ตามลำดับ ที่เหลือเป็นไพโรไลซิสแก๊ส ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานทะลายปาล์มสูงสุด 46.98% และถ่านชีวภาพทะลายปาล์มให้ค่าความร้อนสูงสุด 25.45 MJ/kg เมื่อนำเอาถ่านชีวภาพทะลายปาล์มมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งจะทำให้ค่าความร้อนลดต่ำลงเฉลี่ย 2.22% โดยค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากทะลายปาล์มสูงสุดได้ 24.89 MJ/kg อย่างไรก็ตามในระหว่างกระบวนการ เมื่อปรับเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสให้ใกล้เคียง 500 °C จะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้นได้และสามารถนำไปขยายผลให้กับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปปาล์มน้ำมันได้

คำสำคัญ: ทะลายปาล์ม ถ่านชีวภาพ เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ทางใบปาล์ม

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะความร้อนของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

Comparison Study on Thermal Performance of Solar Cooker

ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล* ปรียาภรณ์ ปฏิพิมพาคม และ แววตา แนวเสือ

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Abstract

There are different applications of solar energy, including using solar energy for cooking. In this research, three types of box oven solar cooker were fabricated and tested. These solar cookers were different designs according to the number of reflectors: without reflector, with one reflector, and with three reflectors. The solar cookers were made of commercially available Styrofoam boxes, by installing insulation and solar absorber plate inside the boxes. Testing of the fabricated cookers found that they were robust and functional. The solar cooker with three reflectors had the highest temperature in the range of 38.6 - 122 degrees Celsius and was able to cook food at a safe temperature: chicken egg and pork were cooked within 15 and 30 minutes, respectively.

Keywords: solar cooker, reflector

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีหลากหลายรูปแบบ รวมถึงการหุงต้มอาหารด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้ทำการประดิษฐ์และทดสอบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบกล่อง (Box oven solar cooker) โดยได้จัดทำขึ้นเป็น 3 รูปแบบ แตกต่างกันตามจำนวนของแผ่นสะท้อนแสง คือ แบบไม่มีแผ่นสะท้อนแสง แบบมีแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว และแบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นทำจากกล่องโฟมที่หาซื้อได้ทั่วไป โดยนำมาติดตั้งฉนวนกันความร้อนและแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ภายในกล่อง การทดสอบพบว่า เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มีความแข็งแรงใช้งานได้ ซึ่งเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้านมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วง 38.6 – 122 องศาเซลเซียส อีกทั้งสามารถปรุงอาหารให้สุกได้ด้วยอุณหภูมิที่ปลอดภัย โดยทำให้ไข่ไก่และเนื้อหมูสุกได้ในเวลา 15 และ 30 นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ แผ่นสะท้อนแสง

บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน และการใช้พลังงานในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น [1] เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่จัดได้ว่าไม่มีวันหมด และเป็นพลังงานธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อย ทำให้ภูมิอากาศของประเทศมีลักษณะเป็นแบบร้อนชื้น ส่งผลให้ประเทศไทยได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี เพราะเหตุนี้พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นที่นิยมเพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และการใช้แสงอาทิตย์ในการตากแห้งหรืออบแห้งอาหาร [2] แต่ยังมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในประเทศไทย คือ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประกอบอาหารโดยตรง ทั้งนี้การใช้เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ในการประกอบอาหารเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่ง ซึ่งช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในรูปแบบอื่น ๆ รวมทั้งช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศ [3-5] โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากนำเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในพื้นที่ห่างไกล ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้หรือมีไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ก็จะเป็นการช่วยลดการตัดไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารได้

TREC-14 (MJU)

ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานทางเลือก โดยทำการทดสอบและเปรียบเทียบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบกล่อง (Box oven solar cookers) ให้สามารถใช้งานได้จริง โดยใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและมีการประดิษฐ์ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องพึ่งพลังงานไฟฟ้า และทดสอบผลของการติดแผ่นสะท้อนแสงต่อการให้ความร้อนในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว

วิธีการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วง ดังต่อไปนี้

การออกแบบและประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการประดิษฐ์และใช้งานมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบหลัก [6-7] คือ แบบที่ 1 เตาหุงต้มสามด้าน (Panel cooker) เป็นเตาหุงต้มที่มีลักษณะเป็นกล่องสามด้าน ด้านในและด้านข้างหุ้มด้วยโลหะสะท้อนแสงเพื่อสะท้อนแสงอาทิตย์ให้รวมอยู่ที่ตรงกลางเตา (ภาพที่ 1-ก) มีอุณภูมิภายในเตา 121-149 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เตาหุงต้มแบบกล่อง (Box oven solar cooker) เป็นเตาที่รู้จักกันมากที่สุด มีลักษณะคล้ายแบบ Panel cooker แต่ด้านข้างจะถูกปิดทั้งสี่ด้าน ส่วนด้านบนเป็นกระจกใสที่สามารถเปิด-ปิดได้ ด้านนอกทำจากไม้ กล่องกระดาษ หรือกล่องโฟม ด้านในถูกติดด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อดูดความร้อน ดังภาพที่ 1-ข มีอุณหภูมิภายในเตา 121-204 องศาเซลเซียส แบบที่ 3 เตาหุงต้มแบบจานโค้ง (Parabolic solar cooker) เป็นเตาหุงต้มที่มีลักษณะคล้ายจานดาวเทียมรูปทรงพาราโบลา ตัวจานทำจากโลหะมันวาวเพื่อสะท้อนแสงมายังจุดโฟกัสบริเวณตรงกลางจานที่มีฐานยื่นออกมาสำหรับวางภาชนะ (ภาพที่ 1-ค) มีอุณหภูมิภายในเตา 260-371 องศาเซลเซียส นิยมประกอบอาหารประเภททอดและปิ้ง และแบบที่ 4 เตาหุงต้มแบบหลอดแก้ว (Evacuated tube cooker) เป็นเตาหุงต้มที่พัฒนามาใหม่ และถูกพูดถึงเป็นอย่างมากเนื่องจากมีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย น้ำหนักเบา ซึ่งตัวเตาทำจากโลหะมันวาว ด้านข้างมีด้ามฉนวนสำหรับจับ สามารถใส่วัตถุดิบในเตาได้โดยไม่ต้องใช้ภาชนะ (ภาพที่ 1-ง) มีอุณหภูมิภายในเตา 290 องศาเซลเซียส สามารถใช้ในการอบขนมปังได้

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1 เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบต่าง ๆ

แนวคิดในการออกแบบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ คือ เตาหุงต้มสามารถเก็บความร้อนได้ดี ขั้นตอนในการทำเตาหุงต้มสามารถทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ขนาดของเตาหุงต้มสะดวกต่อการขนย้าย วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายไม่เป็นอันตราย และเหมาะสมสำหรับการใช้ประกอบอาหาร

2) การทดสอบและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากประดิษฐ์และติดตั้งเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยจะนำเตาหุงต้มฯไปวางกลางแดดเพื่อทดสอบความสามารถในการเก็บความร้อนภายในเตาหุงต้มฯ การปรุงอาหารให้สุก (ไข่ไก่และเนื้อหมู) โดยวัดอุณภูมิภายในและภายนอกเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ทุก 5 นาที และวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทุก 30 นาที ซึ่งใช้เครื่องมือในการวัดค่าและบันทึกผลดังต่อไปนี้

(1) เครื่องบันทึกข้อมูล Paperless recorder ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น FX112-4-2 ดังภาพที่ 2 ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มฯ เพื่อบันทึกลงเครื่องในช่วงเวลา 10.30-16.00 น.

ภาพที่ 2 Paperless recorder (YOKOGAWA FX112-4-2)

(2) เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) Type K ดังภาพที่ 3 ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการเปลี่ยนอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า แล้วเชื่อมต่อสายไปยัง Paperless recorder เพื่อแสดงผลและบันทึกผล

ภาพที่ 3 Thermocouple Type K

(3) เครื่องวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบพกพา ยี่ห้อ TENMARS รุ่น TM-750 ดังภาพที่ 4 ใช้สำหรับวัดความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ในขณะทำการวิจัย

ภาพที่ 4 เครื่องวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบพกพา

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ผลของการประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ 2) ผลของการทดสอบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ และ 3) ค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลของการประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยได้ประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ตามที่ออกแบบไว้ โดยทำเป็นเตาหุงต้มแบบกล่อง เนื่องจากประกอบได้ง่าย ไม่ซับซ้อน มีความสะดวกต่อการขนย้าย วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่าย และเหมาะสมสำหรับการใช้ประกอบอาหาร ซึ่งตัวเตาประดิษฐ์จากกล่องโฟมขนาด 15 กิโลกรัม (กว้าง 30 ซม. ยาว 38 ซม. สูง 30 ซม.) ด้านนอกกล่องโฟมทาสีดำด้าน ส่วนด้านในกล่องโฟมติดฉนวนกันความร้อนทั้งที่ก้นกล่องและผนังด้านข้างทั้งสี่ด้านของกล่องโฟม เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทออกนอกกล่องโฟม จากนั้นวางทับด้วยแผ่นสังกะสีที่พ่นสีดำด้านอีกชั้นหนึ่งสำหรับเป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์และเพิ่มความร้อนภายในกล่องโฟม ฝาด้านบนใช้ฝากล่องโฟมเดิมโดยตัดเป็นช่องด้านในแล้วติดตั้งแผ่นกระจกใสแทนเพื่อให้แสงอาทิตย์ทะลุผ่านเข้าในเตา ในส่วนของแผ่นสะท้อนแสงด้านบนทำจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (PP corrugated board) ติดทับด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ แล้วยึดขอบด้วยฉากอะลูมิเนียม จากนั้นนำมาประกอบกับตัวกล่องโฟม ซึ่งผู้วิจัยจัดทำเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ เตาที่ไม่ติดแผ่นสะท้อนแสง (ภาพที่ 5-ก) เตาที่ติดแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว (ภาพที่ 5-ข) และเตาที่ติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน (ภาพที่ 5-ค)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

2) ผลของการทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทดสอบเตาที่ประดิษฐ์ขึ้น ได้ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิภายในเตาขณะทดสอบ ซึ่งได้ติดตั้ง 2 จุด คือ ด้านบนของเตาหุงต้ม (ห่างจากฝาเตา 15 เซนติเมตร) และ ด้านล่างของเตาหุงต้ม (ต่ำกว่าเทอร์โมคัปเปิลตัวบน 15 เซนติเมตร) โดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเตา ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไป

การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบเตาเปล่า (ไม่มีการปรุงอาหาร) และ การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มเมื่อทำการปรุงอาหาร (ไข่ไก่และเนื้อหมู) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบเตาเปล่า (No-load test)

ในการทดสอบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบเตาเปล่า ทั้ง 3 แบบ คือ เตาหุงต้มแบบไม่มีแผ่นสะท้อนแสง เตาหุงต้มแบบมีแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว และเตาหุงต้มแบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน ซึ่งทำการทดสอบในช่วงเวลา 10:30–16:00 น. โดยทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาและภายนอกเตา จากศึกษาพบว่า เตาหุงต้มแบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน มีอุณหภูมิสูงสุด อยู่ในช่วง 38.6-121.6 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ เตาหุงต้มแบบมีแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว และ เตาหุงต้มแบบไม่มีแผ่นสะท้อนแสง มีอุณหภูมิภายในเตาอยู่ในช่วง 40.5-100.9 และ 38.3-87.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเตาที่อยู่ในช่วง 33.2-51.3 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบเตาเปล่า กับ อุณหภูมิภายนอกเตา

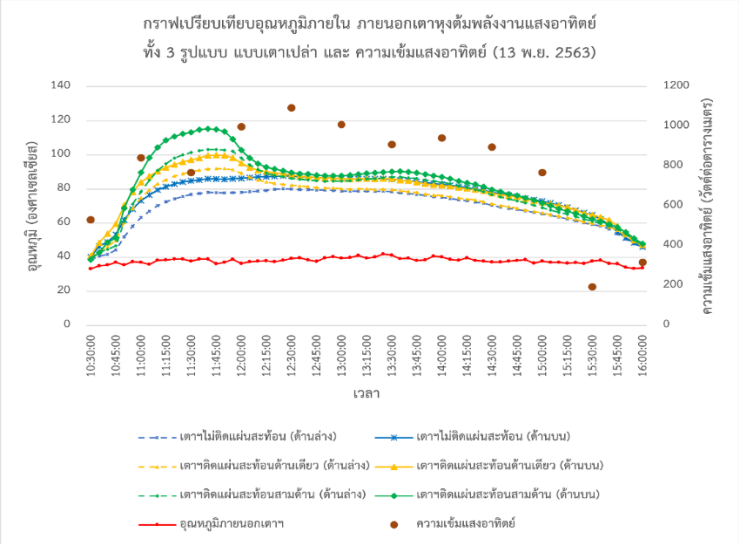
ค่า	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์						ภายนอกเตา
	ไม่ติดแผ่นสะท้อนแสง		ติดแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว		ติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน		
	ด้านล่าง	ด้านบน	ด้านล่าง	ด้านบน	ด้านล่าง	ด้านบน	
ค่าเฉลี่ย	69.3	75.5	74.2	80.7	81.4	88.7	40.9
ค่าสูงสุด	80.1	87.7	92	100.9	103.6	121.6	51.3
ค่าต่ำสุด	38.3	40.1	40.5	40.5	40.6	38.6	33.2

จากข้อมูลข้างต้นเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลา พบว่า เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุดภายใน 2 ชั่วโมง เนื่องจากเตาหุงต้มสามารถเก็บความร้อนได้ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเตาประมาณ 70 องศาเซลเซียส และการติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้านช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นมากกว่าเตาอื่น ๆ ด้วย แสดงดังภาพที่ 6-7

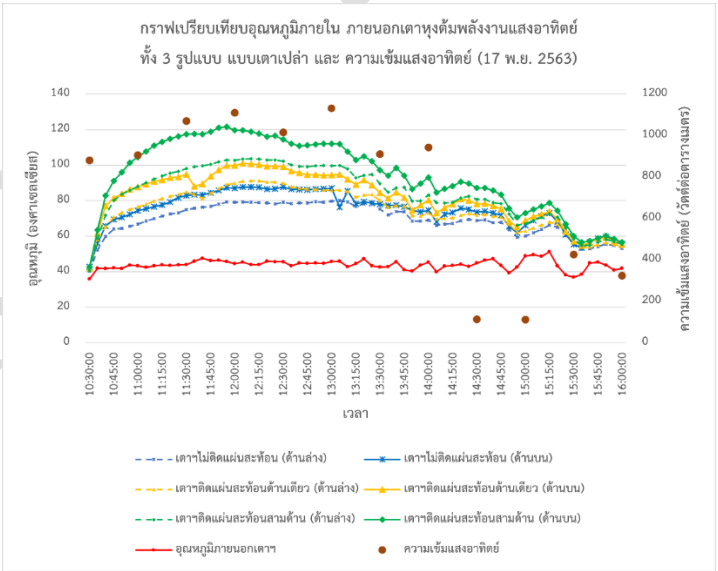
อย่างไรก็ตาม หลังจากเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในเตาสูงสุด อุณหภูมิภายในเตาจะค่อย ๆ ลดลง เหตุดังกล่าวเป็นผลมาจากการสูญเสียความร้อนออกจากเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากการถ่ายเท

TFEC-IA (MJU)

ความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และ การแผ่รังสีความร้อน [8] แต่สาเหตุหลักจะเป็นการพาความร้อน โดยช่วงแรกเป็นช่วงสะสมความร้อน ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันก็มีการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่ใช้ทำเตา คือ แผ่นดูดซับพลังงาน ฉนวนกันความร้อน และผนังกล่องโฟม จนกระทั่งสามารถถ่ายเทความร้อนทะลุสู่บรรยากาศภายนอกที่อุณหภูมิต่ำกว่า จึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาลดลง อีกทั้งอาจมีความร้อนสูญเสียโดยการพาความร้อนของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นภายในเตาผ่านช่องว่างบริเวณฝากล่องหรือรูรั่วอื่น ๆ รวมถึงการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุภายในเตาที่อุณหภูมิสูงกว่าภายนอก โดยอุณหภูมิภายในเตาอยู่ในช่วง 80-90 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ปลอดภัยในงานอาหาร ซึ่งอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุก สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหารได้ อยู่ในช่วง 72-80 องศาเซลเซียส [9] โดยที่เตาทั้ง 3 แบบ จะมีอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 35 นาที



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน ภายนอกเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 รูปแบบ แบบเตาเปล่า และ ความเข้มแสงอาทิตย์ (13 พ.ย. 2563)



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน ภายนอกเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 รูปแบบ แบบเตาเปล่า และ ความเข้มแสงอาทิตย์ (17 พ.ย. 2563)

2.2) การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อทำการปรุงอาหาร (Load test)

ในการทดสอบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อปรุงอาหาร ผู้วิจัยเลือกใช้ไข่ไก่ 1 ฟอง และ เนื้อหมู 4 ชิ้น (เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 เซนติเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร) ในแต่ละเตา และวัดอุณหภูมิภายใน และภายนอกเตา

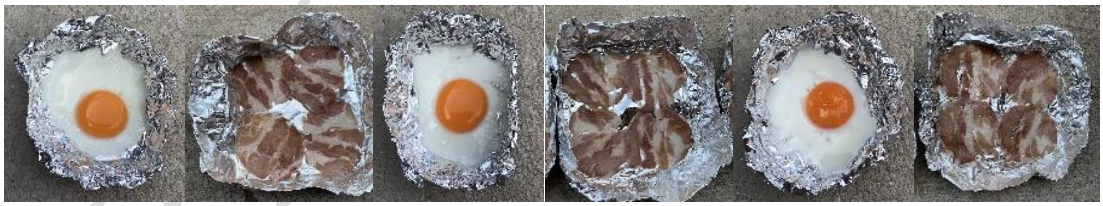
ช่วงเวลา 11:00–13:00 น. ซึ่งผลการทดลองมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันกับการทดสอบแบบเตาเปล่า คือ เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน มีอุณหภูมิภายในสูงสุด รองลงมาคือ เตาแบบติดแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว และเตาแบบไม่ติดแผ่นสะท้อนแสง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 40.5-122.0, 40.3-99.4 และ 38.2-87.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเตา ที่อยู่ในช่วง 35.6-51.0 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 2

นอกจากนั้น เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้านใช้เวลาเร็วที่สุด ที่ 15 นาที เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหารได้ และสามารถทำให้อาหารสุกได้ โดยใช้เวลาในการทำให้ไข่ไก่สุกภายใน 15 นาที ส่วนเนื้อหมูใช้เวลาทำให้สุกภายใน 30 นาที ในส่วนของเตาหุงต้มฯแบบติดแผ่นสะท้อนด้านเดียว สามารถทำให้ไข่ไก่สุกได้ภายใน 20 นาที เนื้อหมูสุกภายใน 40 นาที และเตาหุงต้มฯแบบไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง ไข่ไก่สุกได้ภายใน 30 นาที เนื้อหมูสุกภายใน 50 นาที แสดงดังภาพที่ 8

เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลา จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มฯแบบเตาเปล่า เนื่องจากความร้อนภายในเตาฯถูกนำไปใช้ในการทำให้อาหารสุก อีกทั้งภายในเตาหุงต้มฯยังคงมีความร้อนสะสมค่อนข้างคงที่ แม้ว่าความเข้มแสงอาทิตย์จะมีค่าผันผวนก็ตาม ซึ่งแสดงดังภาพที่ 9

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบปรุงอาหาร (ไข่ไก่และเนื้อหมู) กับ อุณหภูมิภายนอกเตา

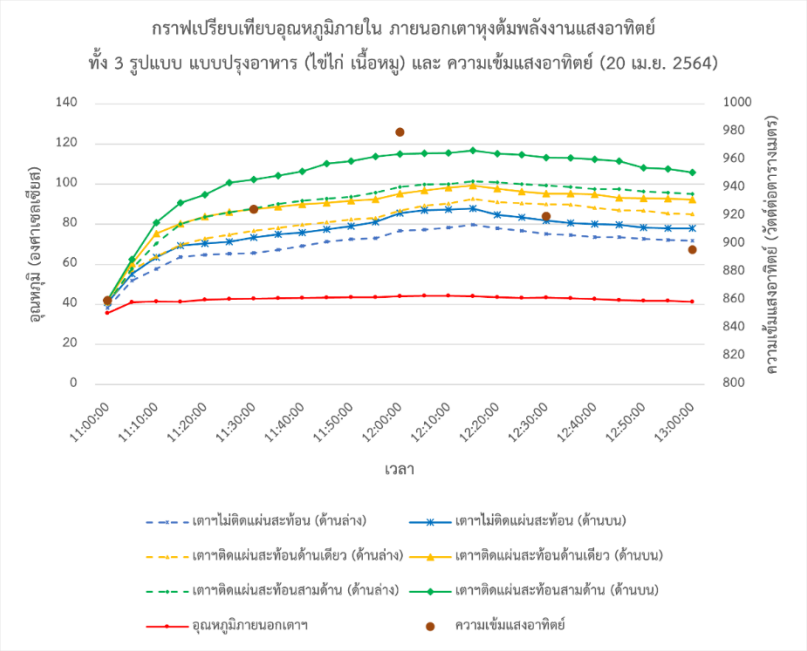
ค่า	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ภายในเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์						ภายนอกเตา
	ไม่ติดแผ่นสะท้อนแสง		ติดแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว		ติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน		
	ด้านล่าง	ด้านบน	ด้านล่าง	ด้านบน	ด้านล่าง	ด้านบน	
ค่าเฉลี่ย	69.6	76.2	80.5	88.4	90.1	103.4	42.5
ค่าสูงสุด	79.8	87.9	92.6	99.4	101.5	122	51
ค่าต่ำสุด	38.2	40.9	40.3	41.9	40.5	42.2	35.6



(ก) ใช้เตาฯแบบไม่ติดแผ่นสะท้อนแสง (ข) ใช้เตาฯติดแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว (ค) ใช้เตาฯติดแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน

ภาพที่ 8 การปรุงอาหาร (ไข่ไก่ เนื้อหมู) โดยใช้เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

TRC-14 (MJU)



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน ภายนอกเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 รูปแบบ แบบปรุงอาหาร (ไข่ไก่ เนื้อหมู) และ ความเข้มแสงอาทิตย์ (20 เม.ย. 2564)

ค่าใช้จ่ายของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าใช้จ่ายสูงสุด 572 บาท (คิดค่าใช้จ่ายของเตาหุงต้มฯแบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน) ดังตารางที่ 3 ซึ่งราคาไม่แพงและสามารถทำขึ้นเองได้โดยง่ายจากวัสดุที่มีในท้องถิ่น แสดงให้เห็นว่าเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเข้าถึงชุมชนได้ทุกพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกล ที่ไม่มีไฟฟ้าหรือแก๊สสำหรับการหุงต้มอาหาร

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	ราคารวม (บาท)
1	กล่องโฟม ขนาด 15 กิโลกรัม	135	1	135
2	แผ่นสะท้อนความร้อน	120	1/3	40
3	แผ่นสังกะสี	140	1/5	28
4	แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์	40	1/2	20
5	ฉากอะลูมิเนียม	30	1	30
6	แผ่นกระจกใส	130	1	130
7	แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด	34	1	34
8	อื่น ๆ (สีพ่น สีทา กาวสองหน้า กาวซิลิโคน)	155	1	155
รวม				572

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบและประดิษฐ์เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบกล่อง ที่สามารถทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ขนาดของเตาหุงต้มฯสะดวกต่อการขนย้าย วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายและเหมาะสมสำหรับการใช้ประกอบอาหาร ซึ่งเปรียบเทียบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ 3 รูปแบบ คือ แบบไม่มีแผ่นสะท้อนแสง แบบมีแผ่นสะท้อนแสงด้านเดียว และ แบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้าน เพื่อทดสอบความสามารถในการเก็บความร้อนภายในเตาหุงต้มฯ การปรุงอาหารให้สุก (ไข่ไก่และเนื้อหมู) โดยวัดอุณภูมิภายในและภายนอกเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้น ทำจากกล่องโฟมที่หาซื้อได้ง่าย จากนั้นนำมาติดตั้งฉนวนกันความร้อน แผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนแสง เมื่อนำมาทดสอบพบว่า เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มีความแข็งแรง ใช้งานได้ ซึ่งเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสงสามด้านมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วง 38.6–122 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 70 องศาเซลเซียส อีกทั้งสามารถปรุงอาหาร (ไข่ไก่และเนื้อสัตว์) ให้สุกได้ด้วยอุณหภูมิที่ปลอดภัย โดยเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำให้ไข่ไก่สุกได้ในเวลา 15 นาที และทำให้เนื้อหมูสุกในเวลา 30 นาที โดยที่เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์นี้ มีต้นทุนรวมประมาณ 572 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ และ สถานที่ในการทำวิจัย ให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Greenpeace. (2562). **พลังงานแสงอาทิตย์ - การเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน** สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2563, จาก https://www.greenpeace.org/thailand/explore/transform/renewables/solar/.

[2] กระทรวงพลังงาน. (2554). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 : พลังงานแสงอาทิตย์** สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2563, จาก https://energy.go.th/2015/wp-content/uploads/2016/02/2-solar.pdf.

[3] นิพนธ์ ชินชูศักดิ์. (2561). **ข้อเสนอโครงการ : การศึกษาความสัมพันธ์ของการนำความร้อนจากการรวมแสงด้วยรางแบบพาราโบลิค** สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2564, จาก https://www.research.kmutnb.ac.th/upload_doc/project/2870/doc/3.%20F-KNOW-02%แบบสมัครทุนพัฒนาองคความรู้ใหม่เพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมเป้าหมาย.pdf.

[4] เจริญพร เลิศสถิตธนกร (2548). การศึกษาเชิงทดลองเครื่องหุงต้มรังสีแสงอาทิตย์แบบพีระมิด. **วิศวกรรมสาร มข**. 32 (6), 781-791.

[5] สิรินภา เจริญแก้ว. (2548). **"เตาพลังงานแสงอาทิตย์" สิ่งประดิษฐ์อนุรักษ์พลังงาน** สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2564, จาก https://www2.rsu.ac.th/RSU2005/web/insidersu/sarnrangsit/dec2005/SeniorProjectText.html

[6] Merry Bevill. (2019). **Four Basic Types of Solar Cookers** accessed November 15, 2020, from: https://www.sunshineonmyshoulder.com/types-of-solar-cookers/?utm_campaign=four-basic types-of-solar-cookers&utm_medium=social_link&utm_source=missinglettr.

[7] Cavalcanti, Eduardo J. C., Maranhão, Saulo S. A., Motta, Henrique P. (2011). **Evaluation of The Efficiency of a Solar Box Cooking made by Recyclable Material** accessed October 16, 2021, from: http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/20111130251c9f744425b6129c7bd3dd/COB02143.pdf

[8] Wong Siong Ji Ung. (2005). **Study of Humidity in Box Type Solar Cooker** accessed October 16, 2021, from: https://ir.unimas.my/id/eprint/2917/1/Study%20of%20humidity%20in%20box%20type%20solar%20cooker.pdf.

[9] ประยูร เสริมสุขสกุลชัย. (2561). **อุณหภูมิกับความปลอดภัยในงานอาหาร** สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2563, จาก https://www.sangchaimeter.com/support_detail/DGT

TREC-14 (MJU)

การทอริแฟคชั่นของเปลือกมะคาเดเมียและกะลากาแฟด้วยแก๊สไอเสียแห้ง

Torrefaction of Macadamia shells and Coffee Endocarp with Dry Flue Gas

สุภาภรณ์ กลิ่นเกษร และ คณิต มานะธุระ*
Supapron Klinkeson and Kanit Manatura*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Abstract

This research is about the torrefaction processes of two biomass, macadamia shells and coffee endocarp, at 200, 250 and 300 °C under nitrogen and exhaust gases (5% oxygen by volume) per mass yield, energy density and energy yield for 30 min. The study found that the increasing of temperature effected the quantity of mass yields and energy yields by flue gas torrefaction processes lower than nitrogen torrefaction processes. However, the energy density increased because torrefaction by flue gas catalyzes oxidation, which repels moisture and volatile matter more than nitrogen use and the energy density increases. The calorific value of macadamia shells and coffee endocarp torrefied by flue gas has calorific values between 23.97-30.36 and 25.64-30.25 megajoules/kg by order which higher than macadamia shells and coffee endocarp are treated by nitrogen gas with calorific value between 21.48-29.16 and 24.93-29.53 megajoules/kg and when considering the two biomasses, macadamia shells contained more lignin in the raw biomass than coffee endocarp. The calorific value of the after torrefaction fuel and the using of flue gas will increase the heat value of the fuel as well as the use of flue gas can reduce production costs and save heat energy to the fuel because the flue gas will accelerate the torrefaction action to be more severe. Therefore, torrefaction using flue gases on an industrial scale is one approach that can reduce the cost of fuel conditioning.

Keywords: Torrefaction Flue gas Macadamia shell Coffee Endocarp Energy yield

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทอริแฟคชั่นของชีวมวล 2 ชนิด คือ เปลือกแมคคาเดเมียและกะลากาแฟที่อุณหภูมิ 200, 250 และ 300 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ภายใต้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สไอเสีย (ออกซิเจนร้อยละ 5 โดยปริมาตร) ต่อ ผลผลิตเชิงมวล, ความหนาแน่นเชิงพลังงานและผลผลิตเชิงพลังงาน จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ผลผลิตเชิงมวลและผลผลิตเชิงพลังงานของชีวมวลทั้ง 2 ชนิดจากการทอริแฟคชั่นที่ใช้แก๊สไอเสียมีปริมาณลดลงมากกว่าการทอริแฟคชั่นโดยไนโตรเจน แต่ค่าความหนาแน่นเชิงพลังงานมีแนวโน้มที่ตรงกันข้ามเนื่องจากการทอริแฟคชั่นโดยแก๊สไอเสียไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งจะไล่ความชื้นและสารระเหยได้มากกว่าการใช้ไนโตรเจนจึงส่งผลให้ค่าความร้อนและความหนาแน่นเชิงพลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยค่าความร้อนของเปลือกแมคคาเดเมียและกะลากาแฟที่ผ่านการทอริแฟคชั่นโดยแก๊สไอเสียมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 23.97-30.36 และ 25.64-30.25 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเปลือกแมคคาเดเมียและกะลากาแฟที่ผ่านการทอริแฟคชั่นโดยแก๊สไนโตรเจนที่มีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 21.48-29.16 และ 24.93-29.53 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาระหว่างชีวมวลทั้ง 2 ชนิดพบว่าเปลือกแมคคาเดเมียมีปริมาณลิกนินในตัวชีวมวลดิบมากกว่ากะลากาแฟส่งผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงหลังการทอริแฟคชั่นมีค่ามากและการใช้แก๊สไอเสียจะเป็นการเพิ่มค่าความร้อนของตัวเชื้อเพลิงได้ดีอีกทั้งการใช้แก๊สไอเสียสามารถลดต้นทุนในการผลิตและช่วยประหยัดพลังงานความร้อนที่ให้กับเชื้อเพลิงเนื่องจากแก๊สไอเสียจะเรงปฏิกิริยาการทอริแฟคชั่นให้รุนแรงมากขึ้น ดังนั้นการทอริแฟคชั่นโดยใช้แก๊สไอเสียในระดับอุตสาหกรรมเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการปรับสภาพเชื้อเพลิงได้

คำสำคัญ: ทอริแฟคชั่น, เปลือกแมคคาเดเมีย, กะลากาแฟ, แก๊สไอเสียแห้ง, ผลผลิตเชิงพลังงาน

TREC-14 (MJD)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก

The Production of Charcoal Briquette from Charcoal and Iron Powder from Smithy

หฤษฎ์ คล่องดี* อารียา ฝ่ายทะแสง และอธิตญา จันทร์วงษ์เดือน
Harid Klongdee* Arreeya Faithasang and Athitaya Chanwongduean
สาขาวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม 48110

Abstract

The purpose of this research is to utilize agricultural waste. By studying the production of charcoal briquettes from scrap charcoal and iron powder from a smithy. The thermal performance was tested according to the Community Product Standard Criteria (CPS. 238/2547), the cost per unit of production and the economic viability of charcoal briquette production. The researcher experimented with mixing the two materials in 5 ratios: (Charcoal scrap from the smithy: Iron scrap from the smithy) 5:1, 4:2, 3:3, 2:4 and 1:5 respectively. Charcoal briquettes are cylindrical, 5 cm in diameter, with hollow lines. Diameter 1.5 cm. Length 10 cm. and moisture content not more than 8% of weight. Burning test to measure results in a testing laboratory and to determine the thermal performance of charcoal briquettes. The results showed that The 1st ratio of briquettes contains a mixture of slag from the smithy and 5:1 of the slag from the smithy. The ratio gives the highest calorific value of 5,450.31 kcal/kg. It meets the community standard for products and briquettes in ratio 5, there is a ratio of 1:5 ratio between scrap charcoal from the smithy and scrap from the smithy. The minimum heat is 1798.51 kcal/kg. Does not meet the community product standard criteria. The results of the analysis of cost per unit of production and economic value. It was found that the charcoal briquette ratio 1 had the production cost per unit equal to 1.70 baht/kg. which is the most cost effective and meets community standards the results of the research can be used to encourage farmers to use waste materials to add value. By using the scrap powder from the forge as the main ingredient and using the scrap powder from the forge. It is a secondary ingredient and can achieve results consistent with the researcher's hypothesis.

Keywords: Charcoal Briquettes, Charcoal scraps from the smithy, Iron scrap from the smithy

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเหล็กจากโรงตีเหล็ก ได้ทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่ง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาผสมกัน 5 อัตราส่วน คือ (ผงเศษถ่านจากโรงตีเหล็ก : ผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก) 5:1, 4:2, 3:3, 2:4 และ 1:5 ตามลำดับ ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีรูกลวงขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ทำการทดสอบโดยการเผาไหม้เพื่อวัดผลในห้องปฏิบัติการทดสอบและหาสมรรถนะทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง ผลการศึกษาพบว่า ถ่านอัดแท่งอัตราส่วนที่ 1 มีส่วนผสมระหว่างผงเศษถ่านจากโรงตีเหล็กต่อผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก 5:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 5,450.31 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และถ่านอัดแท่งอัตราส่วนที่ 5 มีส่วนผสมระหว่างผงเศษถ่านจากโรงตีเหล็กต่อผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก 1:5 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 1,798.51 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าถ่านอัดแท่งอัตราส่วนที่ 1 มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.70 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นต้นทุนที่คุ้มค่าที่สุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชน ผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุที่เหลือใช้มาใช้ประโยชน์

IREC-14 (MJU)

ในการเพิ่มมูลค่าได้ โดยการใช้ผงเศษถ่านจากโรงตีเหล็กเป็นส่วนผสมหลักและใช้ผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็ก เป็นส่วนผสมรอง และสามารถบรรลุผลสอดคล้องกับสมมุติฐานของผู้วิจัย

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เศษถ่านจากโรงตีเหล็ก เศษผงเหล็กจากโรงตีเหล็ก

บทนำ

ในปัจจุบันการเจริญเติบโตทางภาคอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างจ่อเนื่องส่งผลให้ความต้องการการใช พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานความร้อนซึ่งส่วนใหญ่ได้จากการเผาไหม เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกน้ำมันเตาที่มีราคาแพงเปนหลักแตทั้งนี้ โรงงานอุตสาหกรรมบางพื้นที่ได หลีกเลี่ยงการใช้ เชื้อเพลิงฟอสซิลโดย นำวัสดุที่เหลือใช จากกระบวนการผลิตหรือเศษวัสดุที่เหลือใชจากการเกษตรในพื้นที่ใกล้เคียง เชน แกลบ ขี้เลื่อย ซังขาวโพด หรือ กะลามะพราว เปนตน นอกจากนี้ยังมีการใชเศษไมยางพาราเปน เชื้อเพลิงโดยเฉพาะทางภาคใตของประเทศไทย ซึ่งวิธีการนำเชื้อเพลิงเหลานี้ไปใชที่สะดวกที่สุดคือ การนำไปใชเผาไหมโดยตรง สำหรับการ ใชเศษไมยางพาราเปนเชื้อเพลิงทางภาคใตนั้นจะเหลือเศษถานจากการ เผาไหมขนาด 15-20 mm. เปนจำนวนมาก (ประมาณ 15-20 ตันตอ วัน) ซึ่งมีศักยภาพที่สามารถนำมาใชประโยชนได สวนเชื้อเพลิงชีวมวล ดังที่กล่าว ข้างต้นมีศักยภาพในการนำไปใชงาน คือ ซังขาวโพดเพราะมีปริมาณสัดสวนของการนำไปใชคอนขางนอย [1] ในการนำเชื้อเพลิงเหลานี้ไปใชประโยชนอีกวิธีหนึ่งที่ไดรับความนิยม คือ การแปรรูปเปนแทงเชื้อเพลิงเพื่อสะดวกในการขนสงและเก็บรักษาสำหรับวิธีการขึ้นรูปแทงเชื้อเพลิงที่ไดรับการนิยมมีดวยกันสองวิธีคือ การอัดดวยเทคนิคเอ็กซทรูชัน และการอัดดวยไฮดรอลิกซึ่งในกระบวนการอัดรีดดวยกระบวนการเอ็กซทรูชันจะสามารถอัดไดอยางตอเนื่อง และสามารถทำไดสะดวกกวาการอัดดวยไฮดรอลิก สำหรับกระบวนการเอ็กซทรูชัน สามารถแบงออกได 2 แบบ [2,3,7-8] คือ กระบวนการอัดรีร้อนและกระบวนการอัดรีดเย็น โดยกระบวนการอัดรีดรอนจะใชกับวัตถุดิบที่มีลิกนินเปนสวนประกอบ เชน ขี้เลื่อย แกลบ เปนตน ซึ่งการใหความรอนระหวางกระบวนการอัดรีด จะทำใหลิกนินที่มีอยูในวัตถุดิบละลายออกมา และยึดเกาะวัตถุดิบใหคงรูปเปนแทง เชื้อเพลิง [4-6, 9-11] แตในกระบวนการอัดรีดเย็นนั้นไมตองการความรอนในระหวางการอัด แต่จะต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหนาที่ยึดเกาะวัตถุดิบ ใหคงรูปขณะขึ้นรูปแทงเชื้อเพลิง โดยจากการทดลองที่ผานมาของฐานิตยและคณะ [12] ซึ่งทำการทดลองผลิตเชื้อเพลิง แทงแข็งจากขี้เลื่อย ดวยเทคนิคเอ็กซทรูชันแบบรีดรอน โดยใชขดลวดความรอนเปนตัวใหความรอน ซึ่งพบวาอัตราการผลิตแทงเชื้อเพลิงต่ำและใชพลังงานจำเพาะสูงรวมถึงมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ใชกระบวนการอัดรีดเย็นในการผลิตแทงเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบ ชนิดตาง ๆ เชน กะลามะพราว [7,8] ถานหินแอนทราไซท [13] กะลาปาลม [14] สำหรับตัวประสานที่มีการใชในกระบวนการอัดรีดเย็นมี ดวยกันหลายชนิด เชน โมลาส [7,15,16] ฟางขาวหมัก [8,17] แปงเปยก [18] แอสฟลต [19] เปนตน ซึ่งตัวประสานแตละชนิดจะใหสมบัติในการใชงานที่แตกตางกันโดยโมลาสจะใหความแข็งแรงกับแทงเชื้อเพลิงที่ผลิตไดเปนอยางดีและไมมีควันเมื่อนำไปเผาไหม [10,11] แตมีราคาสูง ในขณะที่ แปงเปยกสามารถใหความแข็งแรงไดในระดับที่ยอมรับไดและมีราคาถูกค าความแข็งแรงต่ำสุดของแทงเชื้อเพลิงที่ยอมรับในเชิงพาณิชยคือ 0.375 MPa [20]

ในขบวนการผลิตนั้นต้องใช้ความร้อนสูงในการเผาเหล็กเพื่อที่จะสามารถขึ้นรูปเหล็กไปเป็นอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่เหล็กคือถ่านไม้ ในแต่ละวันจะใช้ถ่านไม้ในการตีเหล็กเฉลี่ย 2 กระสอบ/เตา ถ่านมีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม/กระสอบ ซึ่งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่งมีสมาชิกที่เตาเหล็กประมาณ 30 ครัวเรือน แบ่งเป็นธุรกิจขนาดเล็กมีเตาตีเหล็กไม่เกิน 3 เตา25 แห่ง และขนาดใหญ่มีเตาตีเหล็กไม่ต่ำกว่า 10 เตา 5 แห่ง ในแต่ละวันจะมีการใช้ถ่านไม้ในการตีเหล็กรวมทั้งธุรกิจขนาดเล็กและขนาดใหญ่เฉลี่ย 7,000 กิโลกรัม/วัน และในการใส่ถ่านเข้าเตาตีเหล็กแต่ละครั้งต้องทำการร่อนด้วยตะแกรงทุกครั้งเนื่องจากมีเศษถ่านเล็ก ๆ ที่ติดมากับถ่านในกระสอบจะไม่นิยมนำมาเผารวมกับถ่านก้อนใหญ่ เนื่องถ่านก้อนเล็กจะแตกเวลาได้รับความร้อนทำให้ไม่สามารถเป็นเชื้อเพลิงได้จึงต้องร่อนถ่านก้อนเล็กก่อนทุกครั้ง จากการสำรวจ พบว่ามีเศษถ่านจากการร่อนใน 1 กระสอบ ประมาณ 7 กิโลกรัมต่อกระสอบ เฉลี่ยใน 1 วัน มีเศษถ่านทั้งธุรกิจตีเหล็กขนาดเล็กและขนาดใหญ่ของวิสาหกิจชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่ง รวมประมาณ 1,700 กิโลกรัม จากข้อมูลเบื้องต้นที่ทางคณะวิจัยได้สำรวจมานี้จึงเกิดแนวคิดที่จะนำเศษถ่านที่เหลือจากการตีเหล็กของวิสาหกิจชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่งมาทำเป็นถ่านอัดแท่งสำหรับชุมชน เพื่อที่จะใช้เป็นพลังงานในชุมชนเพราะถ่านอัดแท่งมีข้อดีคือติดไฟได้ยาวนานและไม่มีควันสามารถสร้างธุรกิจให้แก่ชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

ภาพที่ 1 เศษถ่านและผงเศษเหล็กในโรงตีเหล็ก

วิธีการวิจัย

อุปกรณการทดลอง

1. เตาอั้งโล่และหม้อต้มน้ำแสตนเลสใช้เปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
2. อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีความละเอียด +/-0.5 oC บันทึกข้อมูลค่ารังสีและอุณหภูมิการทดลอง ทุก ๆ 1 นาที โดยใช้ Thermometer Model:TM-1947SD
3. เครื่องชั่งดิจิทัล ยี่ห้อ Scout Pro Model:SPS402F ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 400 กรัม ที่มีค่าความละเอียด 0.01 g และเครื่องชั่งสปริง ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 60 กิโลกรัม ใช้เครื่องชั่งดิจิทัลเก็บข้อมูลของน้ำหนัก ทุก 30 นาที นำผลที่ไดมาทำการวิเคราะหปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑตามลำดับ เพื่อทำการวัดความชื้นของพีต ใชวิธีทดสอบตาม ASTM D 3173
4. เครื่องทดสอบค่าความร้อน Bomb Calorimeter รุ่น Parr 6400 ใหใชวิธีทดสอบตาม ASTM D 5865
5. เครื่องทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ Pakin – Elmer 2400 Series CHNSO Analyser
6. เวียร์เนียคาลิปเปอร์
7. เครื่องบดย่อยวัตถุดิบ
8. สารละลายที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น
9. เครื่องอัดแท่งถ่านแบบสกรู
10. นาฬิกาจับเวลา

เงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขการทดลองการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะใช้ผงถ่านและผงเศษเหล็กจากโรงตีเหล็กเป็นวัตถุดิบและใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 400 รอบต่อนาที โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการผลิตคือ 45 mm. ซึ่งในการทดลองจะปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของผงถ่านแต่ละชนิดเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ โดยสัดส่วนของตัวประสานต่อวัตถุดิบในการทดลองมีดังนี้

1. สัดส่วนการผสม (เศษถ่าน: ผงเศษเหล็ก: ผงแป้งมันสำปะหลัง) ต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ
   1) 500: 100: 30 กรัม
   2) 400: 200: 30 กรัม
   3) 300: 300: 30 กรัม
   4) 200: 400: 30 กรัม
   5) 100: 500: 30 กรัม
2. วิเคราะห์สมรรถนะทางด้านเชื้อเพลิงและองค์ประกอบทางเคมี (CHNS/O) ถ่านอัดแท่งลูกกระบกและถ่านอัดแท่งไมยราบยักษ์
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของถ่านอัดแท่งกับถ่านไม้ทั่วไป
4. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

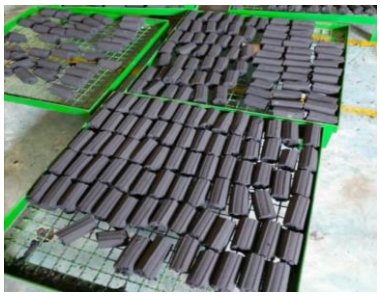
วิธีการทดลอง

การอัดถ่านในงานวิจัยนี้ใช้วิธีอัดเย็น โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน เนื่องจากแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่มีค่าความร้อนสูงและสามารถยึดเกาะวัสดุให้เป็นเนื้อเดียวและเพิ่มสมบัติทางกายภาพได้ดี [2-6] ขั้นตอนการอัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นดังต่อไปนี้

TREC-14 (MJU)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบและทดลองทำการผลิตตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็ก ตามกระบวนการและอัตราส่วนที่กำหนดไว้และนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านความร้อนและคุณลักษณะอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการและได้เปรียบเทียบการใช้งานทางความร้อนโดยเผาทดสอบกับถ่านไม้ทั่วไป การศึกษาวิจัยได้นำไปสู่การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็ก

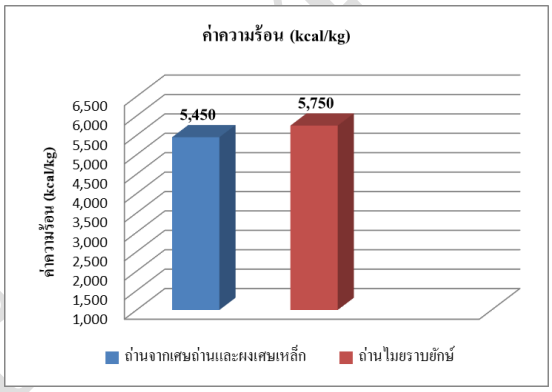


ภาพที่ 2 ลักษณะของถ่านอัดแท่ง

1. การวิเคราะห์ค่าความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง

ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะค่าความร้อนของถ่าน ได้แก่

1. ถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านผสมผงเศษเหล็ก ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุพบว่า ค่าความร้อนของถ่าน มีค่าความร้อน 5,450 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม มีค่าความร้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)



จากภาพที่ 4กราฟแสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็กพบว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง 5,450 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (มผช.238/2547)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็ก

รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบ	ค่าวิเคราะห์ที่ได้
1. ความชื้น	%	Calculation	6.45
2. สารที่เผาไหม้ได้	%	Calculation	74.26
3. ปริมาณเถ้า	%	Incineration	3.6
4. ปริมาณคาร์บอนคงตัว	%	Incineration	24.12
5. ความร้อน	kcal/kg	Bomb Calorimeter	5,450
6. ความหนาแน่น	kg/m3	Calculation	1,138
7. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	kg/hr	Calculation	0.72
8. อัตราเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ	C°/min	Calculation	8.57

9. ธาตุคาร์บอน (C)	%	CHNS/O Analysis	72.15
10. ธาตุไฮโดรเจน (H)	%	CHNS/O Analysis	5.72
11. ธาตุไนโตรเจน (N)	%	CHNS/O Analysis	0.64
12. ธาตุออกซิเจน (O)	%	CHNS/O Analysis	11.26
13. ธาตุซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (S)	%	CHNS/O Analysis	0.15

จากตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง พบว่าค่าความร้อน เท่ากับ 5,450 kcal/kg การนำถ่านมาอัดเป็นแท่งทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงแต่เวลาใช้งานของถ่านอัดแท่ง สามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านทั่วไปที่ยังไม่ได้อัดแท่ง ตารางที่ 4.1 ยังมีผลของค่าความชื้น ค่าสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความหนาแน่น อัตราการสิ้นเปลือง อัตราเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และองค์ประกอบทางเคมีของถ่านอัดแท่ง

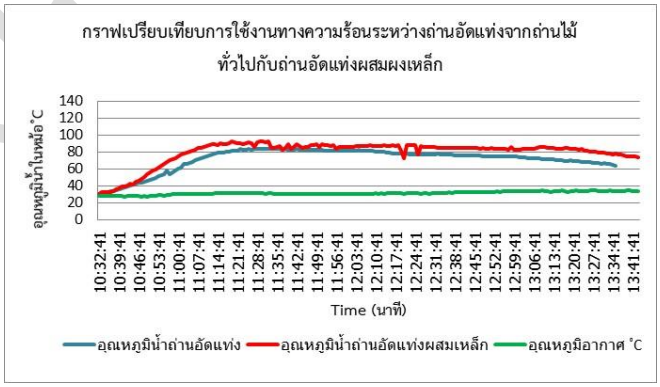
การวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จากถ่านไม้และถ่านผสมผงเหล็ก แต่ละอัตราส่วนตามที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	สัดส่วน			ค่าความร้อน	ค่ามาตรฐานชุมชน
	เศษถ่าน (กรัม)	ผงเศษเหล็ก (กรัม)	แป้ง (กรัม)	kcal/kg	kcal/kg
1	500	100	50	5450.31	5000
2	400	200	50	4233.82	5000
3	300	300	50	3422.66	5000
4	200	400	50	2610.58	5000
5	100	500	50	1798.51	5000

การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปกับถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็ก

จากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน พบว่าค่าความร้อนที่สูงที่สุดคืออัตราส่วนที่ 1 เป็นอัตราส่วนระหว่างเศษถ่านและผงเศษเหล็กเป็นตัวผสม โดยคณะวิจัยได้นำมาทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนระหว่างถ่านอัดแท่งและถ่านอัดแท่งผสมผงเศษเหล็กและผลการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้งานทางความร้อน

จากผลการวัดค่าอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่าช่วง 10 นาทีแรก อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มโดยใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปเป็นเชื้อเพลิงจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า เพราะการติดไฟในช่วงแรกของถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปจะติดเร็วกว่าถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กเล็กน้อย เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปมีค่าความหนาแน่นที่น้อยกว่าถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กซึ่งมีความหนาแน่นและมวลที่มากกว่าเพราะมีส่วนผสมของผงเหล็ก พอระยะเวลาผ่านไป 20 นาที จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของถ่านอัด

TRFC-14 (MJD)

แท่งผสมผงเหล็กเพิ่มมากขึ้นและมากกว่าถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปตลอดจนสิ้นสุดการทดลองโดยมีอุณหภูมิห่างกันเฉลี่ย 10 ˚C และอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มโดยใช้ถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กเป็นเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิสูงถึง 92.6 ˚C และระยะเวลาถ่านมอดดับอยู่ที่ 3 ชั่วโมง 11 นาที ส่วนอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มโดยใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปเป็นเชื้อเพลิง มีอุณหภูมิสูงสุด 84.2 ˚C และระยะเวลาถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปมอดดับอยู่ที่ 2 ชั่วโมง 55 นาที

สรุปได้ว่าการเดือดของน้ำในหม้อที่ใช้ถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กเป็นเชื้อเพลิง เดือดได้นานกว่าน้ำในหม้อที่ใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลา 16 นาที และเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งไม่มีการแตกปะทุ ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน (มีควันช่วงแรกที่ใช้เชื้อไฟในการช่วยในการติด)

ผลวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production) และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 3 ตารางแสดงต้นทุนคงที่ของการผลิตถ่านอัดแท่งในโครงการ

อัตราส่วน	อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่ง (กรัม)			ค่าความร้อน		ต้นทุนต่อหน่วย	ต้นทุนต่อหน่วยความร้อน
	เศษถ่าน	ผงเศษเหล็ก	แป้ง	kcal/kg	MJ/kg	บาท/kg	บาท/MJ
1	500	100	50	5445.31	21.12	1.67	0.0788
2	400	200	50	4233.82	17.73	1.63	0.0920
3	300	300	50	3422.66	14.33	1.60	0.1116
4	200	400	50	2610.58	10.93	1.57	0.1433
5	100	500	50	1798.51	7.53	1.53	0.2036

ต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตถ่านอัดแท่ง กล่าวคือ ต้นทุนต่อหน่วยถ่าน เท่ากับ 10 บาท/ 30 กิโลกรัม หรือ 0.33 บาท/กิโลกรัม และต้นทุนต่อหน่วยผงเศษเหล็ก เท่ากับ 0 บาท/กิโลกรัม

ความคุ้มค่าอัตราส่วนที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 1 มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วย 0.0788 บาท/MJ และอัตราส่วนที่มีต้นทุนต่อหน่วยมากที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 5 มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วย 0.2036 บาท/MJ ซึ่งถ้าหากต้องการหาต้นทุนที่มีอัตราส่วนผสมของเศษถ่านและผงเศษเหล็กคือ อัตราส่วนที่ 2 จะมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วย 0.0788 บาท/MJ และค่าความร้อน 5,450.31 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) และมีระยะเวลาคืนทุนของอัตราส่วนผสมที่ 1 จะต้องอัดถ่านได้ 361 กิโลกรัม กรือประมาณ 1,805 ก้อน

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปกับถ่านอัดแท่งผสมผงเศษเหล็ก พบว่าถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปให้ความร้อนมากกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็กช่วง 10 นาทีแรก เพราะการติดไฟในช่วงแรกของถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปจะติดเร็วกว่าถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กเล็กน้อย เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปมีค่าความหนาแน่นที่น้อยกว่าถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กซึ่งมีความหนาแน่นและมวลที่มากกว่าเพราะมีส่วนผสมของผงเหล็ก พอระยะเวลาผ่านไป 20 นาที จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งผสมผงเหล็กเพิ่มมากขึ้นและมากกว่าถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไปตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านและผงเศษเหล็กมีเหล็กเป็นตัวผสมซึ่งเหล็กช่วยกักเก็บความร้อนส่วนหนึ่งจากเชื้อเพลิงไว้ทำให้ความร้อนคงที่และอยู่ได้นานกว่าถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนมทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการงานวิจัยในครั้งนี้

TREC-14 (MJU)

เอกสารอ้างอิง

[1] การสงเสริมการใชพลังงานชีวมวลของประเทศไทย, วารสาร นโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55 ม.ค. - มี.ค.2545

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2552). พลังงานชีวมวล., [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www2.dede.go.th/renew/bio_p.htm สืบคนเมื่อ 03/03/2560

[3] การผลิตชีวมวลในประเทศไทย. (2560)., [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th/vrs/VRS55-06-biomass.html, สืบค้นเมื่อ 28/03/2560

[4] ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร. (2557, เมษายน-มิถุนายน). พลังงานทดแทน: **พลังงานชีวมวลกับศักยภาพในประเทศไทย**. วารสารโลกพลังงาน. 6(25).

[5] หฤษฎ์ คล่องดี; ชาญชัย ไชยโคตร และณรงค์ฤทธิ์ อุปพงษ์ (2560). การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพีตที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในหนองน้ำมาเป็นเชื้อเพลิง. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13. 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส เชียงใหม่

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547:ก). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2561, จาก http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf.

[7] Sathitruangsak, P., Madhiyanon, T. and Soponronnarit, S. 2004. Briquette fuel producing from coconut shell by extrusion technique using molass as binder , the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Khean University, Khon Khean.

[8] Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2004. A study of influences of binder treated from wheat straw on physical properties of fuel briquette, the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Khean University, Khon Khean.

[9] Reineke, L.H. 1964. Briquets from wood resdidue. U.S. Forest service research note. FPL-075

[10] Bhattacharya, S.C., Augustus Leon, M. and Mizanur Rahman Md. 2002. A study on improved biomass briquetting. Energy for Sustainable Development, 6 (2): 67-71

[11] Madhiyanon, T., Bingam, M. and Soponronnarit, S. 2003. Solid Fuel Producing From Sawdust by Extrusion Technique, the 17th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, King mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Prachinburi.

[12] Granada, E., Gonzalez, L.M., Miguez, J.L. and Moran, J. 2002. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. Renewable energy, 27: 561-573.

[13] Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2005. Study of Solid Fuel Produced from Ground Anthracite by Extrusion Technique, the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Prince of Songkhla University, Phuket.

[14] Husain, Z., Zainac Z. and Abdullah, M.Z. 2002. Briquetting of palm fiber and shell from the processing of palm nuts to palm oil. B Bioenergy., 22(10) : 505-509

[15] Blesa, M.J., Miranda, J. L., Izquierdo, M. T. and Moliner, R. 2003.Curing temperature effect on mechanical strength of smokeless fuel briquettes. Fuel Processing Technology. 82: 943-947

[16] Mayoral, M.C., Izquierdo, M.T., Blesa, M.J., Andres, J.M., Rubio B. and Miranda, J.L. 2001. DSC study of curing in smokeless briquetting. Thermochimica Acta., 371: 41-44.

[17] Zhang, X., Xu, D., XU, Z., and Cheng, Q. 2001. The effect of different treatment condition on binder preparation for lignite briquette. Fuel Processing Technology., 73: 185-196.

[18] Debduobi, A., El amati, A. and Colacio, E. 2004. Production of fuel briquettes from esparto partially pyrolyzed. Energy conversion and management, 46(11-12):1877-1884

[19] Paul, S.A., Hull, A.S., Plancher, H. and Agarwal, P.K. 2002. Use Asphalts for formcoke briquettes, Fuel Processing Technology., 76: 211-230.

[20] S.R. Richards, 1989, "Physical of Fuel Briquettes", Fuel Processing Technology [Electronic], Vol.25, pp. 89-100

การศึกษารูปแบบการจัดการน้ำมันเหลือทิ้งภายในครัวเรือนที่เหมาะสมในพื้นที่บ้านคลองหมากนัด ตำบลบ้านแก้ง อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว

The study pattern waste oil management appropriate in Ban Khlong Mak Nat, Ban Kaeng, Mueang Sa Kaeo District, Sa Kaeo

เทอดเกียรติ แก้วพวง[12] และปิยะพงษ์ ยงเพชร[2]
Teadkait Kaewpuang[1*] and Piyaphong Yongphet[2]

[1] อาจารย์นักพัฒนา สำนักส่งเสริมการเรียนรู้และบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180
[2] อาจารย์นักพัฒนา สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Abstract

This research was to study pattern waste oil management appropriate in Ban Khlong Mak Nat, Ban Kaeng, Mueang Sa Kaeo District, Sa Kaeo Province. To study problem obstacles to management and proposed and appropriate waste oil management model in the area. The target group was the people of Ban Khlong Mak Nat, Village Moo. 11, Ban Kaeng Subdistrict, Mueang Sa Kaeo District. Sa Kaeo. The research process using the SWOT process and analyzed for the waste oil management model. The results showed that the people of Ban Khlong Mak Nat had reused the oil for frying 1-2 times, 75% and 21 % in 3-4 re-frying times in 1 pan, and more importantly, 31 % of the remaining oil from frying or cooking for reuse and 34 % had drain thrown and the ground which causes environmental pollution of the community. The collected data on the people of Ban Khlong Mak Nat, it was found that the people were engaged in agriculture and used the tractor engine in agriculture by using fuel diesel. Therefore, the researcher had awareness raising environmental and presented the propose guidelines for the use of biodiesel production to save the environment from using waste oil to produce biodiesel for using agricultural.

Keywords: Environment, Waste Oil, Biodisel

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำมันเหลือทิ้งภายในครัวเรือนที่เหมาะสมในพื้นที่บ้านคลองหมากนัด ตำบลบ้านแก้ง อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ศึกษาปัญหา อุปสรรคการจัดการและเสนอรูปแบบการจัดการน้ำมันเหลือทิ้งที่เหมาะสมในพื้นที่ โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นประชาชนบ้านคลองหมากนัด หมู่ที่ 11 ตำบลบ้านแก้ง อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว กระบวนการศึกษาวิจัยเป็นการศึกษาบริบทชุมชนด้วยกระบวนการ SWOT การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์หารูปแบบการจัดการน้ำมันเหลือทิ้งภายในครัวเรือน ผลการวิจัย พบว่า ประชาชนบ้านคลองหมากนัดมีการใช้น้ำมันในการทอดซ้ำ 1-2 ครั้ง ร้อยละ 75 และ ร้อยละ 21 ในการทอดซ้ำ 3-4 ครั้งใน 1 กะทะ และที่สำคัญน้ำมันที่เหลือจากการทอดหรือประกอบอาหารในแต่ละวันร้อยละ 31 มีการเก็บไว้ใช้ และร้อยละ 34 มีการเททิ้งท่อระบายน้ำ เททิ้งลงพื้นดิน ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมของชุมชน เกิดการเน่าเหม็น และจากการเก็บข้อมูลประชาชนบ้านคลองหมากนัดยังพบว่าประชาชนมีอาชีพทำเกษตรกรรมและมีการใช้เครื่องยนต์รถไถ่นาเดินตามในการทำการเกษตร และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันดีเซล ทางคณะวิจัยจึงได้สร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ที่การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมจากการนำน้ำมันเหลือทิ้งจากครัวเรือนมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้ในการเกษตร

คำสำคัญ: สิ่งแวดล้อม, น้ำมันเหลือทิ้ง, น้ำมันไบโอดีเซล

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การลดความชื้นในก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์โดยใช้ระบบตรวจวัดความชื้นแบบอัจฉริยะ

Decreasing Moisture Content in Biogas by Biochar using Intelligent Monitoring Moisture System

นายพีรณัฐ ศรีตะปัญญะ[1] จิราพร เผ่าเอี้ยง[2] และจุฑาภรณ์ ชนะถาวร[3*]
Peeranat Sritapanya[1] Jiraporn Pao-aiang[2] and Jutaporn Chanathaworn[3*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110
[3] สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

The objective of this research is to study the decreasing moisture content in biogas by biochar using intelligent monitoring moisture system (smart IOT). Biogas was produced from co-digestion of swine manure and food waste in 200 L of reactor with automatic stirring propeller. The decreasing moisture content in biogas with biochar derived from durian peel by the slow pyrolysis process was investigated. Biochar was packed to a depth of a 50 cm into column with a diameter of 6 cm as absorption material. The moisture content sensor was installed at biogas pipes before and after treatment. The effect of biochar loading on decreasing moisture content in biogas in the range of 1-3 columns was studied. The enhanced biogas was studied the combustion efficiency by ignition timing measurement. The result showed that the biochar loading of 3 columns was the maximum decreasing moisture content condition. The moisture content decreased by 14% to 9%. The measurement results showed that the average maximum biogas ignition timing was 14 min at 0.14 m^3 of biogas volume. From the results indicated that biochar can be used as absorption material to reduce the moisture content of biogas and the application of intelligent system can be used effectively.

Keywords: Moisture content Biogas Biochar Intelligent monitoring moisture system

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้นในก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์ร่วมกับระบบตรวจวัดความชื้นแบบอัจฉริยะ (smart IOT) โดยทำการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรร่วมกับเศษอาหารในถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร ที่มีการติดตั้งใบพัดกวนแบบอัตโนมัติ ศึกษาการลดความชื้นของก๊าซชีวภาพด้วยไบโอชาร์จากเปลือกทุเรียนที่ผลิตจากกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้า ตัวดูดซับชนิดไบโอชาร์บรรจุในคอลัมน์ทรงกระบอก ขนาดความยาว 50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซ็นติเมตร ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดความความชื้นบริเวณท่อก๊าซชีวภาพก่อนและหลังการบำบัด ทำการศึกษาผลของ ไบโอชาร์ต่อปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน 1-3 คอลัมน์ และทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพหลังผ่านระบบบำบัด ผลการทดลอง พบว่า จำนวนคอลัมน์ของตัวดูดซับมีผลต่อปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพ โดยประสิทธิภาพการลดความชื้นที่ดีที่สุดเมื่อก๊าซชีวภาพผ่านระบบบำบัดความชื้นจำนวน 3 คอลัมน์ ให้ค่าความชื้นลดลงจากร้อยละ 14 เหลือเพียงร้อยละ 9 และผลจากการศึกษาระยะเวลาในการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ พบว่า ระยะเวลาในการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพสูงสุดเฉลี่ย 14 นาที ที่ปริมาตรก๊าซชีวภาพ 0.14 ลูกบาศก์เมตร จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ไบโอชาร์สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ และการประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบอัจฉริยะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความชื้น ก๊าซชีวภาพ ไบโอชาร์ ระบบตรวจวัดความชื้นแบบอัจฉริยะ

IREC-14 (MJU)

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานทดแทนเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาประเทศมากขึ้น เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานทางภาครัฐในการนำเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกมาปรับใช้เพื่อทดแทนพลังงานในรูปแบบดังเดิม เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นในประเทศ ส่งผลให้ความต้องการพลังงานด้านต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยและแหล่งพลังงานที่มีอยู่ภายในประเทศไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งแหล่งพลังงานหลักที่ใช้เป็นพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายเป็นพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น (commercial energy) เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน นำมาใช้งานทั้งในรูปแบบของเชื้อเพลิงในการคมนาคมและการขนส่ง หรือนำมาใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ถึงแม้ว่าจะสามารถผลิตพลังงานได้ภายในประเทศ แต่ศักยภาพการผลิตที่มีสามารถผลิตได้บางส่วนเท่านั้น ยังต้องมีการนำเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณที่ค่อนข้างมาก และจากราคาพลังงานที่มีการปรับราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศขาดความมั่นคงทางด้านพลังงาน รวมถึงระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหันมาสนับสนุนพลังงานทางเลือกเพื่อบรรเทาปัญหาทางด้านพลังงาน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลอีกด้วย

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบปิดหรือสภาวะที่ไม่มีอากาศโดยอาศัยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ผ่านกระบวนการย่อยสลาย 4 ขั้นตอนหลักคือ 1) กระบวนการไฮโดรไลซีส (hydrolysis) เป็นกระบวนการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็ก ในรูปของ น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมัน 2) อะซิโดจีนีซีส (acidogenesis) เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยแบคทีเรียกลุ่ม acidogenic bacteria ในการย่อยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแรกให้อยู่ในรูปของ กรดคาร์บอนิก ไฮโดรเจน แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ 3) อะซิโตจีนีซีส (acetogenesis) เป็นกระบวนการผลิตกรดอะซิติก ไฮโรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยแบคทีเรียกลุ่ม acetogenic bacteria และ 4) เมทาโนจีนีซีส (metanogenesis) เป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพ โดยอาศัยแบคทีเรียกลุ่ม methanogenic bacteria ซึ่งจะต้องมีการควบคุมระบบให้เหมาะสมกับการทำงานของแบคทีเรีย [1] โดยองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4 ร้อยละ 55-70%) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 ร้อยละ 30-50) และก๊าซอื่น ๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และความชื้น [2]

ก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น ผลิตพลังงานความร้อนโดยการนำก๊าซชีวภาพมาใช้งานในรูปของการเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง สำหรับนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงในการอบแห้ง หรือเชื้อเพลิงสำหรับใช้งานในฟาร์ม การใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกลหรือไฟฟ้า หรือใช้สำหรับระบบผลิตพลังงานร่วม ซึ่งการใช้งานของก๊าซชีวภาพทั้งในรูปแบบของการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดเครื่องยนต์ (gas engine) สำหรับผลิตไฟฟ้า และเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เพื่อทดแทนก๊าซธรรมชาติ จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน โดยเฉพาะองค์ประกอบของความชื้นหรือละอองน้ำในก๊าซชีวภาพ เป็นปัญหาที่ทำให้เกิดการสะสมของน้ำในท่อหรือบริเวณต่ำสุดของท่อก๊าซ ทำให้ปิดกั้นการไหลของก๊าซชีวภาพ ทำให้เกิดเมือกตะกอนโฟม ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เกิดการอุดตัน เกิดกรดคาร์บอนิกและกรดที่เกิดจากการแตกตัวของซัลไฟด์อิออน ทำให้การนำก๊าซชีวภาพที่ใช้งานในรูปของเชื้อเพลิงจุดไม่ติด หรือติดและดับอย่างรวดเร็ว จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำการศึกษาการบำบัดความชื้นด้วยวิธีการแบบแห้ง เช่น กระบวนการดูดซับด้วยการสวิง การแยกชั้นด้วยเมมเบรน และวิธีการแบบเปียก เช่น การล้างด้วยน้ำหรือเอมีน รวมไปถึงวิธีการควบแน่นเพื่อลดปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพ[3] นอกจากนี้มีการนำถ่านไบโอชาร์มาใช้ในการลดความชื้น การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากถ่านไบโอชาร์มีคุณสมบัติในการดูดซับสารเคมีและไอน้ำ โดยการนำถ่านไบโอชาร์มาใช้เป็นการลดต้นทุน เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ อีกทั้งมีกระบวนการใช้งานไม่ซับซ้อน [4]

ถ่านไบโอชาร์เป็นวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุน ผลิตจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงความร้อนทางเคมีของชีวมวลหรือสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไร้ออกซิเจนหรือกระบวนการไพโรไลซีส [5] โดยคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านไบโอชาร์จะขึ้นอยู่กับแหล่งวัตดุดิบและกระบวนการผลิต [6] เนื่องจากถ่านไบโอชาร์ผลิตได้จากชีวมวลและของเสีย เช่น เศษพืช เศษไม้ มูลสัตว์ และเศษอาหาร จึงถือเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [7] ดังนั้นการใช้ถ่านไบโอชาร์เป็นวัสดุในการลดความชื้นในก๊าซชีวภาพเป็นการให้ประโยชน์ต่อสิ่งแวดลอมเป็นอย่างมาก

ระบบการตรวจวัดอัจฉริยะ (smart IOT) เป็นระบบที่มีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในการเชื่อโยงหรือส่งข้อมูลได้ด้วยอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องมีการป้อนข้อมูล การเชื่อมโยงนี้สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่นๆ ดังนั้นงานงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดความชื้นในก๊าซชีวภาพโดยตรวจวัดความชื้นของก๊าซชีวภาพแบบอัจฉริยะ

IRPC-IAQMED

ทำการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบปิดในถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องจากเศษอาหาร และศึกษาผลของการลดความชื้นด้วยไบโอชาร์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็ว ทำการวัดความชื้นของก๊าซชีวภาพด้วยชุดตรวจวัดแบบอัจฉริยะ

วิธีการวิจัย

ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

ทำการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร ทำด้วยวัสดุพีวีซี ถังปฏิกรณ์ประกอบด้วย ช่องเติมเศษอาหารโดยมีวาล์วเปิด-ปิด ติดตั้งใบพัดกวน โดยการทำงานของใบพัดกวนจะทำการกวนแบบอัตโนมัติ มีสายยางซิลิโคนและท่อนำก๊าซต่อเข้ากับถังปฏิกรณ์เพื่อให้แก๊สไหลเข้าสู่ระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพ ใช้ระบบการเก็บก๊าซชีวภาพแบบการแทนที่น้ำ การทดลองใช้เศษอาหารเป็นวัสดุหมักและมูลสุกรเป็นหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับการผลิตมีเทน ขั้นตอนการเตรียมระบบทำการผสมหัวเชื้อต่อน้ำอัตราส่วน 1:1 ปริมาตร ร้อยละ 60 ของปริมาตรถังปฏิกรณ์ หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการเติมเศษอาหาร 5 กิโลกรัมต่อวัน ทำการหมักในสภาพแวดล้อมปกติ (ประมาณ 33 องศาเซลเซียส) ค่า pH เริ่มต้นอยู่ในช่วง 6-7 โดยใช้ระบบกวนอัตโนมัติเป็นเวลา 5 นาที หลังการเติมวัสดุหมักเข้าสู่ระบบ ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแสดงดังภาพที่ 1

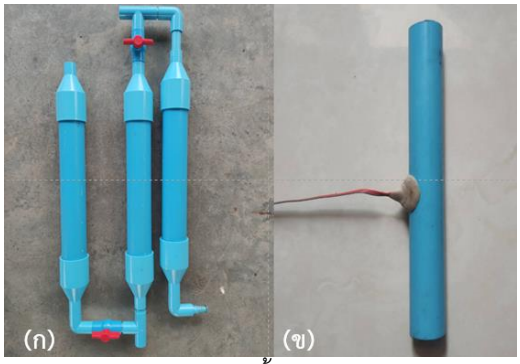
ภาพที่ 1 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร

ระบบบำบัดความชื้น

ไบโอชาร์ที่ใช้สำหรับการทดลองเตรียมได้จากการใช้เปลือกทุเรียนเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิต ผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน ในกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้า (slow pyrolysis) ด้วยเตาปฏิกรณ์ที่ทำจากเหล็กขนาด 200 ลิตร ความสูง 85 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร เจาะรูด้านล่างของถังและมีช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิงทางด้านล่างของถัง มีท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร สำหรับทำท่อปล่องควัน ใช้อิฐบล็อคสำหรับเป็นฐานรองถังปฏิกรณ์สำหรับการเผาไหม้ ขั้นตอนการผลิตไบโอชาร์ ทำได้โดยการนำเปลือกทุเรียนที่ผ่านการลดความชื้นด้วยการตากแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้นน้อยกว่า 7% นำมาบรรจุลงถังปฏิกรณ์ให้เต็ม และบรรจุเชื้อเพลิงฟืนสำหรับเป็นพลังงานความร้อน ปิดฝาถังทางด้านบนเพื่อควบคุมอากาศ ทำการเผาที่อุณหภูมิ 400 – 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อถังเย็นลงทำการเก็บตัวอย่างไบโอชาร์ นำไบโอชาร์มาทำการบดให้มีขนาดเล็กผ่านตะแกรงร่อนขนาด 250# สำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับ

ทำการเตรียมชุดอุปกรณ์สำหรับบำบัดความชื้นในก๊าซชีวภาพโดยใช้คอลัมนึรงกระบอกที่ทำจากท่อพีวีซี ขนาดความยาว 50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซ็นติเมตร ทำการบรรจุไบโอชาร์เข้าคอลัมน์สำหรับบำบัดความชื้นทำการศึกษาผลของไบโอชาร์ต่อปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน 1 2 และ 3 คอลัมน์ แสดงดังภาพที่ 2(1) และติดตั้งตัวตรวจวัดความความชื้นบริเวณท่อก๊าซชีวภาพก่อนและหลังการผ่านระบบบำบัด แสดงดังภาพที่ 2(ข) และทำการศึกษาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ด้วยการทดสอบระยะเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ เปรียบเทียบระยะเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพก่อนและหลังผ่านระบบบำบัด

TREC-14 MJU

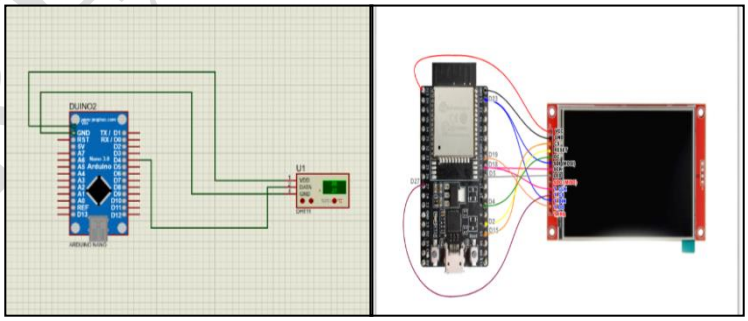


ภาพที่ 2 (ก) คอลัมน์บำบัดความชื้นและ (ข) จุดตรวจวัดค่าความชื้น

ระบบตรวจวัดความชื้น

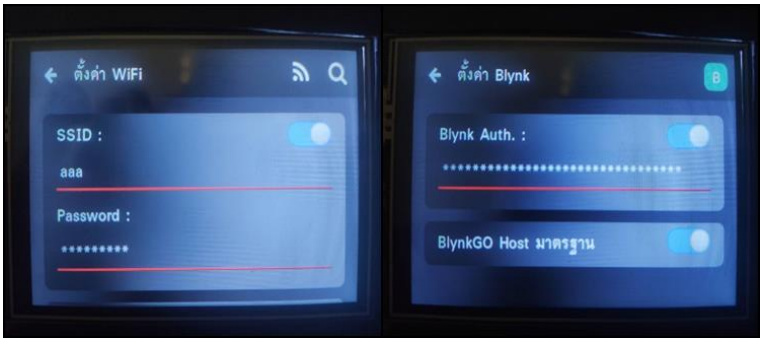
ทำการออกแบบระบบตรวจวัดความชื้น โดยใช้ esp32 เป็นระบบควบคุมการทำงาน ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมให้แสดงการทำงานของระบบการตรวจวัดแสดงผลบน จอ LCD TFT 3.5 นิ้ว โดยใช้เซ็นเซอร์ DHT22 เป็นตัวตรวจวัดค่าความชื้นที่ได้ทำการทดสอบ ใช้งานร่วมกับโปรแกรม Arduino Uno ควบคุมระบบเซ็นเซอร์ของโมดูล esp32 ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นของก๊าซชีวภาพก่อนและหลังผ่านระบบบำบัด โดยจุดตรวจวัดแรก (เซนเซอร์ตัวที่ 1) รายงานแสดงผลบนหน้าจอเป็นค่าความชื้นของแก๊สชีวภาพก่อนทำการบำบัด และจุดตรวจวัดที่สอง (เซนเซอร์ตัวที่ 2) รายงานแสดงผลบนหน้าจอเป็นค่าความชื้นของแก๊สชีวภาพหลังทำการบำบัด การต่อวงจรเซ็นเซอร์ DHT22 และการต่อวงจรควบคุมและจอแสดงผล LCD TFT 35 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยรายงานผลเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ และนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเป็นร้อยละความชื้น (moisture content) เพื่อศึกษาผลของไบโอชาร์ต่อปริมาณความชื้นในแก๊สชีวภาพ ทำการตรวจวัดค่าที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน 15 และ 30 นาที เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ

ทำการแสดงผลข้อมูลแบบ smart IOT เพื่อง่ายและสะดวกในการอ่านผลความชื้นจึงได้มีการแสดงผลข้อมูลบนมือถือแบบเรียลไทม์ (real time) ผ่านวิเจ็ต Gauge ของ Blynk application โดย Blynk application จะสามารถเก็บบันทึกข้อมูลที่ได้ ด้วยวิเจ็ต SuperChart สามารถเลือกระยะเวลาความถี่ในการเก็บข้อมูลได้ตามความต้องการ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกความถี่ในการเก็บข้อมูลชั่วระยะเวลา 15-30 นาที ค่าความชื้นทั้งหมดจะสามารถดูได้บนมือถือ เพิ่มความสะดวกต่อการทำงานและการเก็บข้อมูล รวมถึงข้อมูลค่าความชื้นทั้งหมดจากการทดลองจะถูกรวบรวมบนพื้นที่เก็บข้อมูล (cloud) ในรูปแบบ excel เพื่อเก็บบันทึกไว้เป็นฐานข้อมูล โดย gauge แสดงค่าความชื้น และ SuperChart แสดงการเก็บข้อมูลความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในระบบตรวจวัดค่าความชื้นดังแสดงในตารางที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 (ก) แสดงการต่อวงจรเซ็นเซอร์ DHT22 (ข) แสดงการต่อวงจรควบคุมและจอแสดงผล LCD TFT 35 นิ้ว



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 (ก) gauge แสดงค่าความชื้น (ข) SuperChart แสดงการเก็บข้อมูลความชื้น

ตารางที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตรวจวัดค่าความชื้น

อุปกรณ์	รูปแบบ/รายละเอียด	จำนวน
โมดูล ESP32	ประมวลผลการทำงาน - 3.3V 600mA On-board Voltage Regulator - Push Button Switch ที่ขา IO0 และ EN (Reset) - Crystal 32.768KHz เพื่อใช้เลี้ยงวงจร RTC	1 ตัว
จอ LCD TFT 3.5 นิ้ว	แสดงผลการทำงาน - TFT LCD, 3.5inch, 480×320 resolution ; Touch : NO - Onboard stand-alone touch controller - PWM backlight control, Micro SD slot	1 จอ
เซนเซอร์ DHT22	ตรวจวัดค่าความชื้น - 3.3-6V Input, 1-1.5mA measuring current - 40-50 uA standby current, Humidity from 0-100%RH - 40 - 80 degrees C temperature range - +-2% RH accuracy, +-0.5 degrees C	1 ตัว
โฟโต้บอร์ด	จับยึดอุปกรณ์ - โฟโต้บอร์ด บอร์ดทดลอง Breadboard 830 Point Solderless PCB Bread Board MB-102	1 บอร์ด
สายแพร	เชื่อมต่อวงจรของอุปกรณ์ - 40pin 1p-1p ยาว 22cm, MM/FF	1 ชุด
กล่องจัดอุปกรณ์	จัดเก็บอุปกรณ์ - ขนาด 10 x 6 x 2.5 cm (Inner: 9.6 x 5.6cm) - ผลิตจากวัสดุ ABS	1 กล่อง

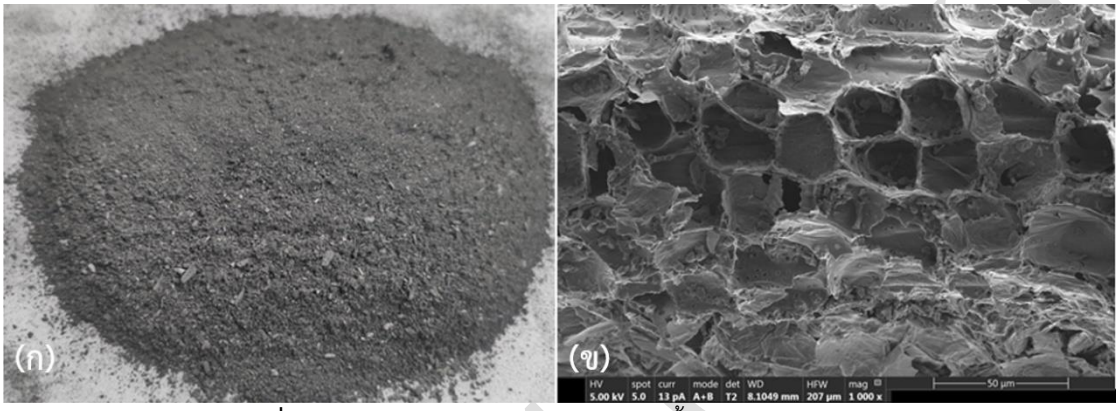
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ทำการวิเคราะห์สมบัติของไบโอชาร์ตั้งต้นเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับในระบบบำบัดความชื้นในก๊าซชีวภาพ ลักษณะกายภาพของไบโอชาร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้าโดยใช้เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุตั้งต้น ไบโอชาร์ที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นผงสีดำ มีรูพรุน แสดงในภาพที่ 5(ก) เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและพื้นผิวภายนอกของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง ด้วยใช้เครื่อง scanning electron microscope, SEM ที่กำลังขยาย 1000x สังเกตเห็นพื้นผิวค่อนข้างขรุขระ ไม่เรียบ มีรูพรุนขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอกระจายอยู่ทั่วพื้นผิว จากภาพแสดงให้เห็นขนาดรูพรุนที่มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 5(ข) ทำการวิเคราะห์ขนาดรูพรุน ด้วยเทคนิค BET ด้วยเครื่องทดสอบ surface area and pore porosity analyzer (BET), ASAP2460, micromerities, USA พบว่ามีค่า

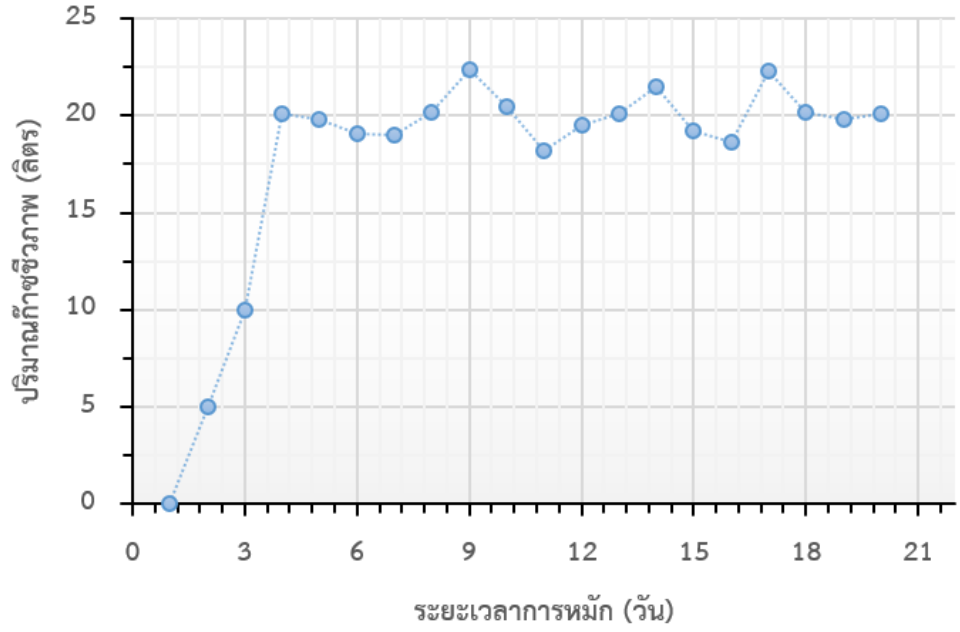
TREC-14 (MJU)

พื้นผิวจำเพาะ (BET surface area) 1.6013 ตารางเมตร/กรัม และค่าเส้นศูนย์กลางเฉลี่ยรูพรุน (adsorption average pore diameter) 6.8599 นาโนเมตร

ผลการทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพในถังหมักขนาด 200 ลิตร จากการนำหัวเชื้อมูลสุกรหมักร่วมกับเศษอาหารในถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศเป็นกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง เป็นเวลา 20 วัน จากการทดลองเมื่อทำการหมักก๊าซชีวภาพพบว่าวันแรกของการหมักก๊าซชีวภาพยังไม่มีการผลิตก๊าซ และในช่วงแรกของการเริ่มต้นมีการเกิดก๊าซชีวภาพที่น้อยมาก เนื่องจากในช่วงต้นยังเป็นขั้นตอนของกระบวนการไฮโดรไลซีส การผลิตก๊าซชีวภาพเริ่มมีการผลิตและเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3 ของการหมัก หลังจากการหมักวันที่ 3 ปริมาตรก๊าซชีวภาพจึงมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลผลก๊าซชีวภาพในแต่ละวันค่อนข้างสม่ำเสมอ เป็นผลมาจากการหมักแบบต่อเนื่องที่มีการเติมวัสดุหมักทุกวันในปริมาณที่เท่ากัน ปริมาตรของก๊าซชีวภาพต่อวันเฉลี่ย 20.42 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 60



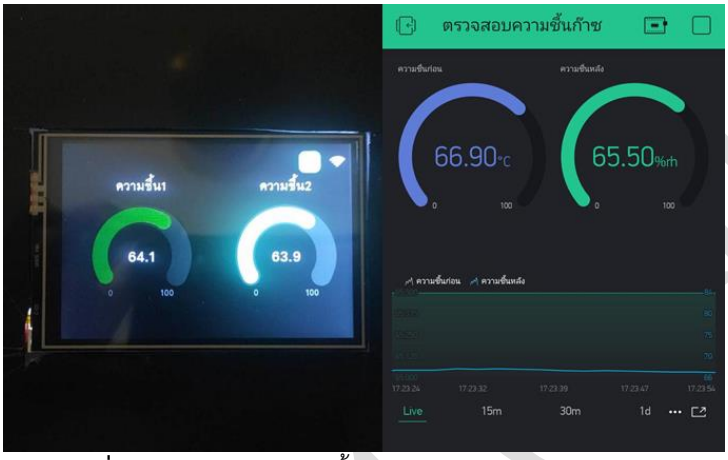
ภาพที่ 5 (ก) ไบโอชาร์ และ (ข) SEM ลักษณะพื้นผิวของไบโอชาร์



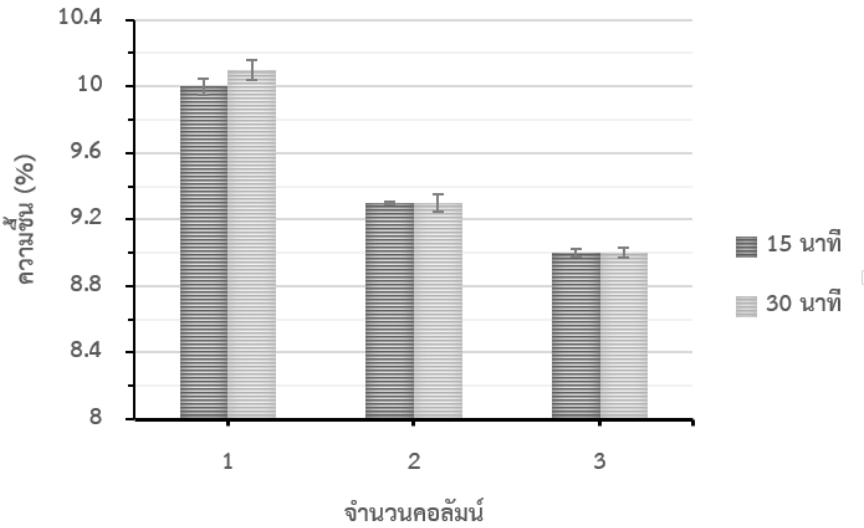
ภาพที่ 6 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบการหมักแบบไร้อากาศ ระยะเวลาการหมัก 20 วัน

ผลการศึกษาการบำบัดความชื้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์ แสดงผลการตรวจวัดผ่านระบบ smart IOT จากผลการทดลองการลดความชื้นโดยการติดตั้งเซ็นเซอร์บริเวณจุดตรวจวัดก่อนเข้าและหลังเข้าระบบบำบัดผ่านคอลัมน์ทรงกระบอก ทำการศึกษาผลของไบโอชาร์ต่อปริมาณความชื้นที่จำนวนคอลัมน์ 1-3 คอลัมน์ และบันทึกข้อมูลที่ผ่านการทดสอบที่ระยะเวลา 15 และ 30 นาที โดยอ่านค่าบันทึกข้อมูลจากจอแสดงผลผ่าน Blynk application ซึ่งรายงานผลเป็นความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซชีวภาพ และนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปความชื้น moisture content, MC ดังแสดงในภาพที่ 7 ผลการ

ทดลองการบำบัดความชื้นในก๊าซชีวภาพโดยใช้ไบโอชาร์ ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 8 ก่อนการทดลองนำก๊าซชีวภาพเข้าสู่ระบบบำบัด ก๊าซชีวภาพมีค่าความชื้นเริ่มต้นที่ร้อยละ 14 เมื่อนำก๊าซชีวภาพมาผ่านเข้าระบบบำบัดจำนวน 1 คอลัมน์ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ปริมาณความชื้นลดลง เหลือร้อยละ 10 แต่เมื่อเพิ่มจำนวนของคอลัมน์ในการบำบัดก๊าซชีวภาพ พบว่าส่งผลให้ค่าความชื้นที่เป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพลดลง จากการทดลองเมื่อผ่านก๊าซชีวภาพเข้าระบบบำบัดจำนวน 2 คอลัมน์ พบว่าก๊าซชีวภาพมีค่าความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 9.3 และเมื่อผ่านจำนวน 3 คอลัมน์พบว่าค่าความชื้นลดลงต่ำสุดเหลือเพียงร้อยละ 9 เท่านั้น ในทำนองเดียวกันเมื่อทำการอ่านและบันทึกข้อมูลจากหน้าจอแสดงผลที่เวลา 30 นาที พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า จำนวนของตัวดูดซับหรือไบโอชาร์มีผลต่อปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพ โดยการทดลองที่ดีที่สุดคือที่จำนวน 3 คอลัมน์ให้ค่าความชื้นลดลงได้สูงถึงร้อยละ 5



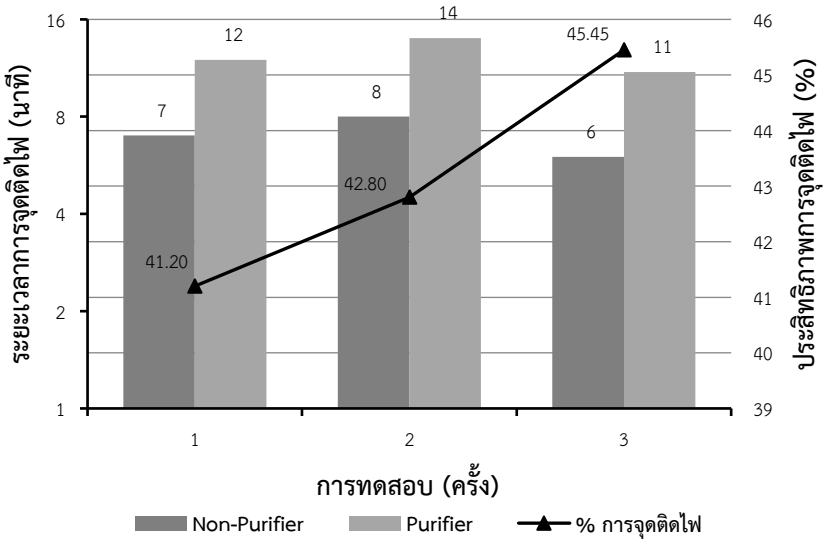
ภาพที่ 7 จอแสดงผลค่าความชื้นในก๊าซชีวภาพผ่านระบบตรวจวัด



ภาพที่ 8 ความชื้นของก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบบำบัดด้วยไบโอชาร์

จากการศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพด้านการเผาไหม้ด้วยวิธีการจุดติดไฟ เปรียบเทียบระยะเวลาการจุดติดไฟก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดด้วยไบโอชาร์ โดยการการทดสอบใช้ก๊าซชีวภาพปริมาตร 0.14 ลูกบาศก์เมตร ผ่านระบบบำบัดก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์จำนวน 3 คอลัมน์ ที่สภาวะความชื้นตั้งต้นของก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 9 ในการทดสอบก๊าซชีวภาพจากระบบการหมักในครั้งแรก พบว่าก๊าซชีวภาพก่อนผ่านการบำบัดความชื้นด้วยถ่านไบโอชาร์ ก๊าซชีวภาพมีระยะเวลาในการจุดติดไฟเฉลี่ย 7 นาที หลังจากการบำบัดก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์จำนวน 3 คอลัมน์ เป็นเวลา 30 นาที พบว่า ระยะเวลาในการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพสูงขึ้นเป็น 14 นาที ที่ปริมาตรก๊าซชีวภาพเดียวกัน และจากการทดลองครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 พบว่าผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการผ่านระบบบำบัดความชื้นด้วยก๊าซชีวภาพสามารถลดความชื้นและเพิ่มรายะเวลาการจุดติดไฟให้นานขึ้น ซึ่งเมื่อเริ่มต้นก่อนการบำบัดระยะเวลาการจุดติดไฟ 6

นาที เมื่อผ่านระบบบำบัดพบว่าระยาเวลาการจุดติดไฟนานขึ้นเป็นเวลา 11 นาที ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการจุติดไฟได้ร้อยละ 45.45 นาที และพบว่าหลังจากการลดความชื้นในก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์ ประสิทธิภาพในการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพมีค่าสูงขึ้นร้อยละ 43.15 แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการทดสอบระยะเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการบำบัดความชื้นในก๊าซชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพด้วยถ่านไบโอชาร์ ทำการบันทึกผลการทดลองผ่านระบบ smart IOT แสดงผลการทดลองผ่านหน้าจอแสดงผลผ่าน Blynk application ทำการหมักก๊าซชีวภาพในระบบปิดขนาดถังปฏิกรณ์ 200 ลิตร ในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องโดยการหมักร่วมของมูลสุกรและเศษอาหาร ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ต่อวันค่อนข้างสม่ำเสมอปริมาณเฉลี่ย 20.42 ลิตร/วัน จากการทดสอบสมบัติเบื้องต้นของไบโอชาร์พบว่ามีพื้นที่ผิวจำเพาะ 1.6013 ตารางเมตร/กรัม และค่าเส้นศูนย์กลางเฉลี่ยรูพรุน 6.8599 นาโนเมตร ผลการทดลองการบำบัดก๊าซชีวภาพ พบว่าปริมาณของไบโอชาร์หรือจำนวนของคอลัมน์ในการบำบัดส่งผลต่อปริมาณความชื้นในก๊าซชีวภาพ เมื่อจำนวนคอลัมน์สำหรับใช้ในการบำบัดความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดความชื้นสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าก๊าซชีภาพที่ผ่านระบบบำบัดจำนวน 3 คอลัมน์ สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถลดความชื้นจากร้อยละ 14 ลดลงเหลือร้อยละ 9 จากการศึกษาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ด้วยการจุดติดไฟ พบว่าระยะเวลาในการจุดติดไฟนานขึ้นเมื่อผ่านระบบบำบัด ซึ่งเมื่อผ่านการบำบัดจำนวน 3 คอลัมน์ ระยะเวลาในการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพได้นานสูงสุดเฉลี่ย 14 นาที จากการทดลองสรุปได้ว่าการบำบัดความชื้นของก๊าซชีวภาพด้วยไบโอชาร์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานได้จริง วิธีการไม่ซับซ้อน ต้นทุนต่ำ และการประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบอัจฉริยะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาและบุคลากรของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงาน รวมถึงการอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือใน สถานที่ในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Tayibia, S., Monlau, F., Bargaz, A., Jimenez, R., and Barakat, A. (2021). Synergy of anaerobic digestion and pyrolysis processes for sustainable waste management: A critical review and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 152, 111603.

[2] Pant, A., and Rai, N. (2021). Application of Biochar on methane production through organic solid waste and ammonia inhibition. **Environmental Challenges**. 5 (2021) 100262.

[3] Chidambaram, A., Le, H., Navarro, R., and Stylianou, C. (2021). Robust metal-organic frameworks for dry and wet biogas upgrading. **Applied Materials Today**, 22, 100933.

[4] Khan, A., Silva, C., Kumar, S., Chandra, R., Vijay, K., and Misra, A. (2021). Mutually trading off biochar and biogas sectors for broadening biomethane applications: A comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, 318, 128593.

[5] Ok, S., Tsang, W., Bolan, N., and Novak, M. (2018). Biochar from biomass and waste: Fundamentals and applications. 10.1016.

[6] Zhao, L., Cao, X., Mašek, O. Zimmerman, A. (2013). Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. **Journal of Hazardous Materials**, 256-257, 1-9.

[7] Dissanayake, D., You, S., Igalavithana, A., Xia, Y., Bhatnagar, A., Gupta, S., Kua, H., Kim, S., H. Kwon, J., Tsang, D., and SikOk, Y. (2020). Biochar-based adsorbents for carbon dioxide capture: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 119, 109582.

TREC-14 (MJU)

ผลเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์ตามการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของชุดควบแน่นน้ำส้มควันไม้จากเตาถ่านชีวภาพ

Energy and Economic Effects of Change in Shape Factor of Wood Vinegar Condenser from Bio-char Stove

เสกข์สิทธิ์ คำหล่อ[1] ภัทราวุธ อุดเตน[1] ธนพงษ์ บุญตา[1] สุเทพ บุญมาบำรุง[1] สถาพร พิมสาร[1] กันยาพร ไชยวงศ์[1*] และณัฐพล วิชาญ[1]

Seksit Khamlo[1] Pattrawut Auttan [1] Thanaphong Boonta[1] Sutap Boonmabomrung[1] Staporn Pimsan[1] Kanyaphorn Chaiwong[*1] and Nattapon Wichan[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน น่าน 55120

Abstract

Wood vinegar is a by-product of biofuel production from thermochemical process, which is a volatile distillation to liquid product and contains substances that are useful in agricultural. In this study was considered to the effect of effects of change in shape factor of wood vinegar condenser from bio-char stove in 3 types of straight tube, clogged central tube and coiled tube for the overall coefficient of heat transfer, the energy and economic effect. The wood vinegar production obtained from the bio-char stove of rubber wood, 200 liters in the amount of feed material 3, 6 and 9 kg, respectively.

The result showed that, wood vinegar product from coiled distillation tube had raw wood vinegar production rate more than that straight and clogged central distillation tube. The maximum production rate of 19.3%, 18.0% and 10.7% when the rubber wood feed on 3 kg. The pH of the product was 1.3 – 3.0 in 30 min of distillation time. The distillation in the type of clogged central tube had maximum area and the overall coefficient of heat transfer than that another as 528 cm^2 and 52.56 kW, respectively. The energy recovery of wood vinegar from the straight distillation tube had higher than that that other of 0.3116, the production cost of wood vinegar from this study as 9.55 – 18.42 Bath/l and the production of coiled distillation tube provided lowest production cost.

Keywords: Wood vinegar, The overall coefficient of heat transfer, Shape Factor of Condenser, Rubber wood.

บทคัดย่อ

น้ำส้มควันไม้เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพด้วยกระบวนการทางด้านเคมีความร้อน ซึ่งเป็นผลจากการกลั่นตัวของสารระเหย เกิดเป็นของเหลวที่มีสารสำคัญและนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้ ในการศึกษานี้ให้ความสนใจต่อการเปลี่ยนรูปร่างของชุดควบแน่นที่ใช้ในการกลั่นน้ำส้มควันไม้จากเตาถ่านชีวภาพ ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบท่อตรง แบบท่อตัน และแบบขดท่อ ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน และค่าความเหมาะสมเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากเตาถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราแบบเตา 200 ลิตร ในปริมาณการป้อนวัตถุดิบที่ 3 6 และ 9 กิโลกรัม ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่า การผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากท่อแบบขด จะให้อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบมากกว่าท่อตรงและท่อตันกลาง และให้ค่ามากที่สุดเมื่อป้อนไม้ยางพาราที่ 3 กิโลกรัม โดยมีอัตรการผลิตร้อยละ 19.3 18.0 และ 10.7 ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 1.3 – 3.0 โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการกลั่น 30 นาที ชุดควบแน่นแบบท่อตันกลางมีพื้นที่ผิวและอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 528 ตารางเซนติเมตร และ 52.56 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ผลความเหมาะสมเชิง

TREC-14 (MJU)

พลังงานของการผลิตน้ำส้มควันไม้ มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ท่อตรงในการทดสอบการผลิต เท่ากับ 0.3116 และต้นทุนการผลิตของน้ำส้มควันไม้จากการศึกษานี้มีค่าในช่วง 9.55 – 18.42 บาทต่อลิตร และชุดควบแน่นแบบขดท่อให้ค่าต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด
คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้ อัตราการถ่ายเทความร้อน รูปแบบชุดควบแน่น ไม้ยางพารา

บทนำ

น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) หรือ Pyroligneous Acid เป็นผลิตภัณฑ์เหลวสีน้ำตาลใส มีกลุ่นควันไฟ ได้จากการควบแน่นไอ หรือแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปมักเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตถ่าน และมักจะเป็นสารที่ดักจับได้ก่อนการเกิดน้ำมันดิบหรือสารสำคัญอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความเหนียวติดไฟง่านมีกลิ่นฉุนมาก โดยทั่วไปมักถูกคัดแยกและนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน น้ำส้มควันไม้มีประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรมใช้ผลิตสารปรับผิวนุ่มทั้งใช้โดยตรงโดยทางผิวหนัง หรือผสมน้ำอาบ และใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว และประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ในทางด้านการเกษตร น้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรงเนื่องจากมีความเป็นกรดสูง และมีสารประกอบเช่น เมทานอล และฟีนอล ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ เมื่อ 6 เจือจาง 200 เท่า ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของน้ำส้มควันไม้เป็นกรดอะซิติก ซึ่งมีความเป็นกรดต่ำมีสีน้ำตาลแกมแดง ปัจจุบันมีการผลิตน้ำส้มควันไม้ควบคู่กับการผลิตถ่าน และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรในวงกว้าง ซึ่งเป็นผลจากการศึกษากระบวนการผลิตและสกัดอย่างต่อเนื่อง บุศรา ศรีวชัย และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากซึ่งเป็นของเหลือทิ้งในชุมชนพื้นที่เกษตร โดยศึกษาช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ดิบ กับวิธีการยอกน้ำส้มควันไม้ ด้วยการกรอง การเติมอากาศ และการทิ้งให้ตกตะกอน เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทั้งด้านกายภาพ และทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ ซึ่งผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิในแต่ละช่วงตั้งแต่ 300 – 360°C ให้ผลที่แตกต่างเชิงปริมาณของน้ำส้มควันไม้ดิบไม่มากนัก และคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ดิบยังไม่เป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งวิธีการทำให้บริสุทธิ์ที่เหมาะสม และทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละการทดสอบ ได้แก่ การทิ้งให้มีการตกตะกอน 90 วัน โดยเลือกการกลั่นแยกในช่วงอุณหภูมิ 321 - 340°C และใช้น้ำเย็นสำหรับการควบแน่น ซึ่งจะทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ที่มี ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.96 ความถ่วงจำเพาะ 1.0115 ความส่งผ่านของแสง (%T) หรือความใส 59.8 และ อัตราการผลิต 4.10% สำหรับองค์ประกอบที่เป็นสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ดิบจะประกอบด้วยกรดอินทรีย์ (Organic Acid) เป็นองค์ประกอบหลักถึง 46.85% และหากทำการทำให้บริสุทธิ์จะมีองค์ประกอบที่เป็น Acetic Acid และ Phenol Compound เป็นองค์ประกอบหลัก สมมาส แก้วล้วน และคณะ [2] ได้ศึกษาถึงผลของความชื้นของไม้ไผ่ ต่อปริมาณ และคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ด้วยเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ที่มีรูปแบบการให้ความร้อนและกระบวนการเปลี่ยนแปลงเชิงความร้อนในเตาด้วยแก๊สซิฟิเคชั่น และใช้กับชุดความแน่น แบบ Shell and Coil มีอัตราไหลของน้ำหล่อเย็น 4 ลิตรต่อนาที ผลการศึกษาพบว่าร้อยละความชื้นของไม้มีผลต่อปริมาณการผลิตน้ำส้มควันไม้ ซึ่งความชื้นของไม้ที่มากที่สุดจากการทดสอบที่ 27.78 ทำให้ได้อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ 59.25 ในขณะที่ได้ถ่าน 22.38% ใช้เวลาในกระบวนการเผาถ่านรวมทั้งสิ้น 350 นาที และหากทำการทดสอบคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) นอกจากผลเชิงการผลิตจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วนั้น ณัฐวัฒน์ อภิวัฒนานุกูล และ กีรติ สุลักษณ์ [3] ได้มีการศึกษาถึงผลเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของท่อกลั่นไอเพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบชุดความแน่นขณะกลั่นน้ำส้มควันไม้แบบแยกส่วน เพื่อประเมินอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งพบว่าในการผลิตน้ำส้มควันไม้ด้วยเตาถัง 200 ลิตร และกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไอแบบถังพักแก๊สที่มีท่อทองแดงเป็นท่อระบายอากาศ ควบแน่นด้วยน้ำเย็น พบว่าในผลิตถ่านจากไม้กระถิน ในเวลา 8 ชั่วโมง สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ 5.685 ลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 8 – 14 $Wm^{-2}\,^{o}C^{-1}$ และค่าประสิทธิผล 81 – 86% ที่อุณหภูมิแก๊สร้อน 100 – 400°C ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา ตามผลการศึกษาของ สุนันทา อภิรักษากุล [4] พบว่า น้ำส้มควันไม้ดิบจากไม้ยางพาราจะมีอัตราการผลิตช่วง 21.91 -29.01% เมื่อใช้เวลาในการเผา 390 นาที ทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 2.8 -3.7 ความถ่วงจำเพาะ 1.009 – 1.0023 และมีจุดเดือด 96 – 108°C น้ำส้มควันไม้ดิบจะมีกลิ่นควันไฟ และมีสีน้ำตาลแดง อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลเชิงปริมาณของน้ำส้มควันไม้ดิบ แต่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญในเชิงคุณสมบัติ และหากนำน้ำส้มควันไม้ดิบผ่านกระบวนการกลั่นลำดับส่วน พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ช่วง 2.5 – 4.0 และความถ่วยจำเพาะ 0.973 – 1.068 และมีองค์ประกอบหลักประกดอบด้วย กรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ดิบ และมีปริมาณเมทานอลสูงกว่าน้ำส้มควันไม้เกรดการค้าอย่างมีนัยสำคัญ

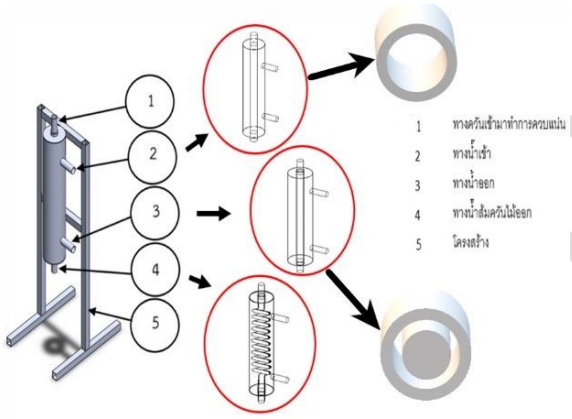
อย่างไรก็ตามในการศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้ปัจจัยสำคัญที่นอกเหนือจากคุณสมบัติพื้นฐานของวัตถุดิบที่ได้ คือการออกแบบระบบการควบแน่น เพื่อกลั้นแยกแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตถ่าน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงให้ความสนใจต่อ

ผลของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายในชุดควบแน่นที่มีลักษณะ และพื้นที่ผิวที่แตกต่างกันใน 3 ลักษณะ ได้แก่ แบบท่อตรง แบบท่อตันกลาง แบบท่อขด ต่อการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของชุดควบแน่น โดยใช้ไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบหลัก ศึกษากับเตาถ่านชีวภาพที่มีการให้ความร้อนด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น [5] โดยพิจารณาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนปริมาณไม้ยาพาราที่ 3 6 และ 9 กิโลกรัม ศึกษาถึงความเหมาะสมเชิงพลังงาน และเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบที่ได้จากการผลิต

วิธีการวิจัย

ชุดอุปกรณ์ทดสอบ การออกแบบและการจัดสร้าง

ออกแบบชุดควบแน่น ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบท่อตรง แบบท่อตัน และแบบท่อขด โดยมีลักษณะของชุดควบแน่นแต่ละแบบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบชุดควบแน่นที่ทำการศึกษาใน 3 ลักษณะ

การทดสอบการผลิตน้ำส้มควันไม้ จากไม้ยางพารา

โดยศึกษาปริมาณของวัตถุดิบที่ต้องการใช้สำหรับเผาถ่านชีวภาพภายในเตา ขนาด 200 ลิตร น้ำหนัก 3 6 และ 9 กิโลกรัม เลือกใช้กิ่งไม้ยางพารา ที่มาจากแหล่งเดียวกัน และก่อนนำมาใช้ในการเผาต้องปล่อยให้ไม้ตากแดด เพื่อไล่ความชื้น 1 – 2 วัน ทำการทดสอบด้วยการติดตั้งสายลำเลียงน้ำ และเปิดปั๊มน้ำไหลผ่านไปยังเครื่องควบแน่นจะเป็นแบบน้ำวนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อน วัดอุณหภูมิภายในเตา และเก็บตัวอย่างน้ำส้มควันไม้เพื่อวัดปริมาณ และวิเคราะห์อัตราการผลิตจากสมการที่ (1) และนำมาทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างในแต่ละการทดสอบ และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของชุดควบแน่นที่ได้ทำการออกแบบแต่ละชนิด ดังความสัมพันธ์ที่ (2)

อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ (%w/w) = [ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (kg) x 100]/น้ำหนักไม้ยางพาราในเตา (kg) (1)

พิจารณาค่าอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของแต่ละรูปแบบของชุดควบแน่น โดยศึกษาผลการรับความร้อนของน้ำหล่อเย็น จากสมการที่ 2

$$Q = \dot{m}^{\circ}_{w} \cdot Cp\,(T_{c,out} - T_{c,in}) \qquad (2)$$

เมื่อ Q = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน (kW)

$\dot{m}^{\circ}_{w}$ = อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (kg/s)

Cp = ความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg.K)

$T_{c,out}$, $T_{c,in}$ = อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก และขาเข้า (K)

วิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงพลังงาน และเศรษฐศาสตร์

ความเหมาะสมด้านพลังงานทำการวิเคราะห์ผลด้วย ด้วยการคำนวณค่า Energy Recovery ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะส่วนของการผลิตน้ำส้มควันไม้ และแสดงให้เห็นผลที่ได้จากการผลิตต่อพลังงานที่ได้จากวัตถุดิบที่ป้อนเข้า โดยใช้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3)

Energy recovery (%) = [($HHV_{wood\ vinegar}$ X amount of wood vinegar) x 100]/[(HHV_{wood} x amount of wood](3)

และในส่วนของผลความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำส้มควันไม้ จากการใช้รูปแบบของเครื่องควบแน่นที่ต่างกัน โดยการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ โดยทำการเปรียบเทียบผลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการตลอดอายุโครงการ ทำให้สามารถคำนวณค่าต้นทุนได้ดังสมการที่ (4)

$$C_{wv} = C_p/E_p \quad (4)$$

เมื่อ C_{wv} คือ ต้นทุนของการผลิตน้ำส้มควันไม้ (บาทต่อลิตร)

C_p คือ ค่าใช้จ่ายรวมรายปี ซึ่งคิดจาก การลงทุน (C_c) + พลังงาน (C_E) + ค่าดำเนินการ ($C_{O\&M}$)

E_p คือ ปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ต่อปี (ลิตร/ปี)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบเชิงปริมาณและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของการผลิตน้ำส้มควันไม้

เมื่อทำการทดสอบการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเตาถ่านชีวภาพ โดยทำการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนใน 3 ลักษณะ ได้แก่ แบบท่อตรง แบบท่อตันกลาง และแบบขดท่อ กับการผลิตถ่านชีวภาพด้วยไม้ยางพาราในปริมาณ 3 6 และ 9 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่า ส่งผลต่อปริมาณ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำส้มควันไม้ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการผลิตน้ำส้มควันไม้เมื่อใช้ชุดควบแน่นที่มีรูปแบบแตกต่างกัน

จำนวนฟืนที่ใช้ (กิโลกรัม)	แบบท่อตรง			แบบท่อตันกลาง			แบบขดท่อ		
	ปริมาณ (kg)	อัตราการผลิต (%w/w)	pH	ปริมาณ (kg)	อัตราการผลิต (%w/w)	pH	ปริมาณ (kg)	อัตราการผลิต (%w/w)	pH
3	0.44	14.6	3.0	0.51	17	1.8	0.58	19.3	1.3
6	0.78	13.5	1.5	0.96	16	2.3	1.08	18.0	1.8
9	0.81	8.6	1.9	0.87	9.6	3.2	0.97	10.7	1.7

จากตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีลักษณะแบบขดท่อจะให้ปริมาณมากกว่า แบบท่อตันกลาง และแบบท่อตรง ในทุกค่าการทดสอบ โดยมีอัตราการผลิตมากที่สุดที่ 19.3%w/w เมื่อป้อนวัตถุดิบที่ 3 กิโลกรัม การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัตถุดิบป้อนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้ ในกรณีใช้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อตรง และมีปริมาณมากที่สุดที่ 6 กิโลกรัม ในรูปแบบชุดควบแน่นแบบท่อตันกลาง และแบบขดท่อ ในส่วนอัตราการลดลงของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ ทั้งนี้เมื่อทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาถ่านที่เท่ากันประมาณ 30 นาที ซึ่งพบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนไม้ยางพาราจะส่งผลต่อความสมบูรณ์ของการย่อยสลายเชิงความร้อน ปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นขณะทดสอบจึงลดลง และทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ลดลงตามลำดับ สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าในช่วง 1.3 – 3.2 โดยไม่แสดงผลสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณวัตถุดิบป้อน และรูปแบบของชุดควบแน่นที่ทำการศึกษา ซึ่งหากทำการเปรียบเทียบค่าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดตาม มาตรฐานของน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช.659/2547) โดยเฉลี่ยในช่วง 2.8 – 3.7 และยังมีค่าเข้าใกล้มาตรฐานของน้ำส้มควันไม้กลั่น (มผช.660/2547) ในช่วง 1.5 -2.8 ร่วมด้วย [6]

ผลการเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนผลเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์

การเปลี่ยนรูปแบบของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 3 ลักษณะมีผลต่อความแตกต่างด้านพื้นที่ผิว และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน และยังส่งผลต่อค่า Energy Recovery และ ต้นทุนการผลิต ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปแบบภายในชุดควบแน่น ดังตารางที่ 2

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 2 ผลของพื้นที่ผิวของชุดควบแน่นต่ออัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนและค่าความเหมาะสมเชิงพลังงาน

ปริมาณวัตุดิบ			3 kg		6 kg		9 kg	
แบบ	A (cm^2)	Q (kW)	Energy Recovery (%)	Cost (B/kg)	Energy Recovery (%)	Cost (B/kg)	Energy Recovery (%)	Cost (B/kg)
แบบท่อตรง	336	44.63	0.2364	18.42	0.2740	10.01	0.3116	10.39
แบบท่อตันกลาง	528	52.56	0.2095	17.03	0.2579	9.05	0.2901	9.98
แบบขดท่อ	378	43.35	0.1450	15.97	0.1558	8.58	0.1737	9.55

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนรูปทรงของชุดควบแน่น ที่ส่งผลต่อพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อตันกลางจะให้พื้นที่ผิว และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุด แต่จะมีค่าสัมประสิทธิการถ่ายโอนความร้อนต่ำกว่า ชุดควบแน่นแบบท่อตรง และขดท่อ และหากนำผลเชิงปริมาณของน้ำส้มควันไม้มาใช้ในการคำนวณค่าความเหมาะสมเชิงพลังงาน โดยพิจารณาค่า Energy Recover หรือผลของพลังงานที่ได้ ต่อพลังงานที่ให้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้ พบว่าในการผลิตน้ำส้มควันไม้มีค่า Energy Recover ในทุกการทดสอบต่ำกว่า 1 ซึ่งผลเกิดจากค่าความร้อนของน้ำส้มควันไม้มีค่าต่ำมาก [6] เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำจึงมีคุณสมบัติเชิงเชื้อเพลิงที่ต่ำ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ด้านอื่น มากกว่า โดยหากใช้วิธีการกลั่นด้วยเครื่องควบแน่นที่ออกแบบจะมีค่าต้นทุนการผลิตระหว่าง 9.55 – 18.42 บาท/กิโลกรัม ซึ่งชุดควบน่านแบบขดท่อจะให้ค่าต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแบบท่อตันกลาง และแบบท่อตรง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ให้ความสำคัญต่อผลของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้ในเตาผลิตถ่านชีวภาพ ที่มีการให้ความร้อนด้วยแก๊สซิฟิเคชั่น ผลการศึกษาชุดควบแน่นใน 3 รูปแบบได้แก่ แบบท่อตรง แบบท่อตันกลาง และแบบขดท่อ ผลการศึกษาพบว่า ชุดควบแน่นแบบท่อตันกลางซึ่งมีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงที่สุดจะมีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุด อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้จะให้ปริมาณสูงสุดเมื่อใช้ชุดควบแน่นแบบขดท่อโดยมีค่าสูงสุดที่ 19.3%w/w เมื่อใช้ไม้ยางพารา 3 กิโลกรัมในการผลิต และมีค่า pH โดยเฉลี่ย 1.3 – 3.2 ค่า Energy Recover มีค่าต่ำกว่า 1 ในทุกการทดสอบโดยมีค่าในช่วง 0.1450 – 0.3116 และมีต้นทุนการผลิต 9.55 – 18.42 บาท/กิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำปริญญานิพนธ์ในหลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา ประจำปีการศึกษา 2564 และเป็นการนำเสนอข้อมูลจากการต่อยอดเพื่อทดสอบผลิตน้ำส้มควันไม้โดยอาศัยเตาถ่านชีวภาพที่ได้จากการพัฒนางานวิจัยในโครงการวิจัย “การวิเคราะห์ผลด้านการลดและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในการผลิตน้ำมันชีวภาพ ควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสแบบช้าภายใต้การจัดการแบบศูนย์” ที่ได้รับการสนับสนุนในงบประมาณมุ่งเป้า ประจำปี 2562 คณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบคุณผู้สนับสนุนการดำเนินการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสำหรับข้อมูลในการนำเสนอครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] บุศรา ศรีชัย ภญญาภัชญ์ ดุงโคกกรวด และศิริรัตน์ ดีศีลธรรม. (2561). การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก. **วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน.** 5 (1), 29-44.

[2] สมมาส แก้วล้วน ภรณี ศรีรมรื่น สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี พิชัยอัฐฏมงคล และสินศุภา จุ้ยจุลเจิม. (2564). การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่เลี้ยงด้วยเตาเผาถ่านชุมชนขนาด 200 ลิตร ที่ทำงานร่วมกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์. **วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่.** 22 (2), 229-45.

[3] ณัฐวัฒน์ อภิวัฒนานุกูล และกีรติ สุลักษณ์. (2563). การวิเคราะห์และทดสอบระบบกลั่นน้ำส้มควันไม้แบบแยกส่วน

TREC-14 (MJU)

วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 26 (1), 9-18.

[4] สุนันทา อภิรักษากุล. (2552). **สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตและคุณลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากยางพารา.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] กันยาพร ไชยวงศ์ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล ชาญยุทธ กาญจนพิบูลย์ สุรศักดิ์ กุยมาลี และวาสนา คำโอภาส. (2562). **การวิเคราะห์ผลด้านการลดและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในการผลิตน้ำมันชีวภาพควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบช้าภายใต้การจัดการแบบศูนย์.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานประสานงานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานรากความหลากหลายทางชีวภาพ.

[6] กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน** สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2564, จาก http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx

TREC-14 (MJU)

การพัฒนาระบบการบดเศษขยะอินทรีย์จากครัวเรือนเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ
Development of household waste grinding system for increasing the biogas potential

สุรเดช รุ่งทอง[1] รพีพล ทรัพย์พาลี[1] และรจพรรณ นิรัญศิลป์[1*]
Suradech Rungthong [1] Rapeepol Subpalee [1] and Rotjapun Nirunsin[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

The purpose of this research was to design, build, and test an organic waste grinding machine to be used for grinding food waste in a 1,000 L. biogas production system. The machine was designed to shred the waste into smaller pieces using a spiral crusher that passed the waste through an 8, 10, and 12 mm. round hole mesh plate. Also, a 12 V motor DC was used as the power source for the machine. The working tests were conducted for 7 days, started with the input of 10 kg of food waste into the digester. The results showed that the biogas generation system could achieve the highest cumulative biogas yield of 1,059 m3/day with a high CH4 content of 63.78% (within the standard range for biogas composition) when the crusher with the 10 mm. screen plate with round holes was used, as it provided the best shredding rate. So, in conclusion, this research was able to design and build an organic waste grinding machine that could work efficiently with the biogas production system and can also be applied to use at household level.
Keyword: Organic waste grinder, Biogas, Food waste, Anaerobic digestion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดขยะอินทรีย์ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบตัวเครื่องบดเศษขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นแบบเกลียวหมุนส่งเศษขยะอินทรีผ่านหน้าแว่น (รังผึ้ง) ขนาด 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร การออกแบบตัวเครื่องบดเศษขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นแบบเกลียวหมุนส่งเศษขยะอินทรีผ่านหน้าแว่น (รังผึ้ง) ขนาด 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร โดยใช้มอเตอร์ DC 12 V. เป็นตัวขับส่งกำลังในการบดเศษขยะอินทรีย์ เพื่อทำการบดขยะอินทรีย์ก่อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในการทดสอบได้ทำการบดเศษอาหารที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 10 กิโลกรัมต่อครั้ง ทำการบดเศษอาหารผ่านหน้าแว่น (รังผึ้ง) ขนาด 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ทำการศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมด้วยปริมาณก๊าซชีวภาพ และสัดส่วนก๊าซมีเทน ในการทดลองได้เก็บค่าก๊าซชีวภาพเป็นเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบเครื่องบดเศษขยะอินทรีย์จากเศษอาหารปริมาณ 10 กิโลกรัมให้อัตราการบดเศษอาหารที่ดีเมื่อผ่านหน้าแว่น (รังผึ้ง) ขนาด 10 มิลลิเมตร ได้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนอยู่ที่ร้อยละ 63.78 และมีปริมาณสะสมเท่ากับ 1059 ลูกบาศก์เมตร เมื่อนำไปเทียบค่ามาตรฐานของกรมพลังงาน ก๊าซมีเทนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีระหว่างร้อยละ 60-70 นอกจากนี้ปริมาณสะสมของก๊าซชีวภาพที่ได้เพิ่มขึ้นสามารถนำก๊าซไปใช้หุงต้มในครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในภาคครัวเรือนได้อีกทาง
คำสำคัญ: เครื่องบดเศษขยะอินทรีย์, ก๊าซชีวภาพ, เศษอาหาร, กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

บทนำ

ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษขยะอินทรีย์ขนาด 1000 ลิตร ที่มีถังเก็บก๊าซชีวภาพ 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง พบว่าในการผลิตก๊าซชีวภาพดังกล่าวจะมีการป้อนเศษขยะอินทรีย์ด้วยการบดแบบมือหมุนและแบบที่ไม่ได้มีการบดเศษขยะอินทรีย์ก่อนเข้าระบบหมักก๊าซชีวภาพ ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพไม่คงที่ทำให้ปริมาณก๊าซสะสมไม่เพียงพอต่อความต้องใช้งานในครัวเรือนแต่ละวัน จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ ประยุกต์ใช้ต่อยอดจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพเศษขยะอินทรีย์เดิม จากการศึกษาการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพทั้งรายงานวิจัยและได้ลงพื้นที่เพื่อหาข้อมูลในการผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่าก่อนจะนำเศษขยะอินทรีย์เข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพหากได้ทำการบดเศษขยะ

TREC-14 (MJU)

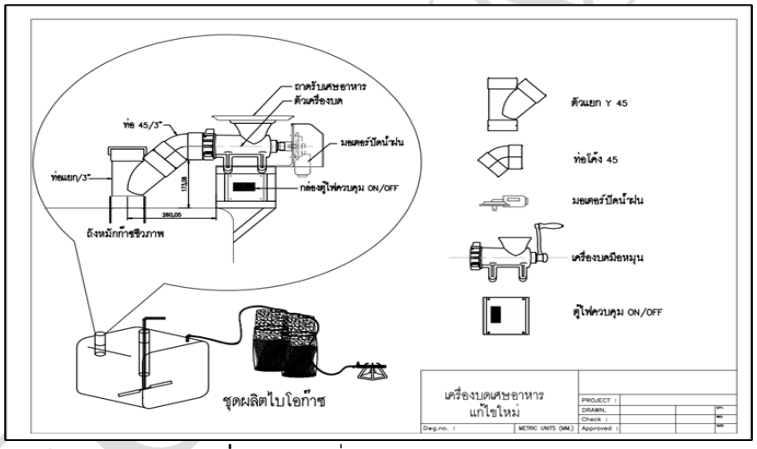
อินทรีย์ก่อน จะช่วยลดการอุดตันในระบบผลิตก๊าซชีวภาพทำให้การหมักเต็มประสิทธิภาพ และทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถขยายตัวได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพ เพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน จากการบดเศษขยะอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการออกแบบสร้างเครื่องบดเศษขยะอินทรีย์แบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ร่วมกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษขยะอินทร์จากในครัวเรือนโดยมีมูลสัตว์เป็นหัวเชื้อ ในการทดสอบจะใช้เศษขยะอินทรีย์ในครัวเรือนทั่วไปนำมาทำการบดทำให้ขนาดเล็กลงเหมาะสมต่อขบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ วิเคราะห์การบดเศษขยะอินทรีย์ที่ได้ทำการบดให้ได้การทำงานที่ดีที่สุด เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะอินทรีย์จากครัวเรือน ทั้งนี้การดำเนินการดังกล่าวมีการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบนำไปใช้ในชุมชนมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีกับชุมชนต้นแบบนำไปใช้ในการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน [2]

วิธีการวิจัย

การออกแบบเครื่องบดเศษอาหารขยะอินทรีย์

ทำการออกแบบเครื่องบดเศษอาหารขยะอินทรีย์ดังภาพที่ 1 ที่ใช้งานร่วมกับถังหมักขนาด 1,000 ลิตร กับการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นตัวเครื่องบดเศษอาหารกับขยะอินทรีย์ เพื่อให้วัตถุอินทรีย์มีขนาดเล็กก่อนลงถังหมัด ซึ่งจะพิจารณาถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานควบคู่กันไปด้วย ติดตั้ง ณ ชุมชนแม่แฝก และบ้านป่าไผ่ ในการทดสอบการใช้ระบบ

ตัวเครื่องบดเป็นเครื่องบดเนื้อขนาดเบอร์ 22 ที่สามารถบดเศษอาหารหรืออินทรียวัตถุได้ ติดตั้งบนถังหมักขนาด 1000 ลิตร ติดท่อพีวีซีสามทางขนาด 3 นิ้วเพื่อเป็นท่อเศษอาหารและอินทรีย์วัตถุ จากเครื่องบดเศษอาหาร



ภาพที่ 1 แบบเครื่องบดเศษอาหารอัตโนมัติ

ส่วนประกอบของเครื่องบดเศษอาหารอัตโนมัติ

เครื่องบดเศษอาหารอัตโนมัติในภาพที่ 2 มีส่วนประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

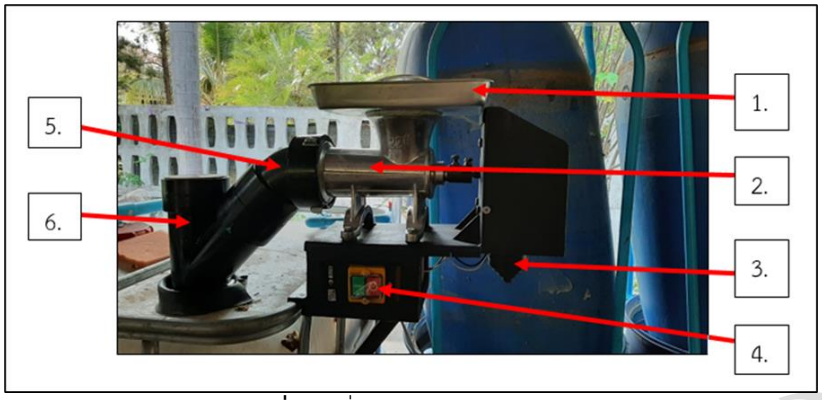
หมายเลย 1 คือถาดรองรับเศษอาหารทำหน้าที่รองรับการเติมเศษอาหารก่อนเข้าเครื่องบด

หมายเลข 2 คือตัวเครื่องบดเศษอาหารเบอร์ 22 ทำหน้าที่ลดขนาดของอินทรีย์วัตถุและเศษอาหารจากครัวเรือนให้มีขนาดเล็กลง

หมายเลข 3 คือมอเตอร์ที่ปัดน้ำฝน DC 12 โวลต์. ทำหน้าที่ในส่งกำลังในการหมุนของเครื่องบดแทนการใช้แรงของคนในการหมุน

หมายเลข 4 กล่องควบคุมไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ที่ปัดน้ำฝน

หมายเลข 5 คือท่อโค้ง 45 องศา ขนาด 3 นิ้ว เพื่อที่จะทำให้เศษอาหารที่ผ่านการบดไหลเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายจากความลาดเอียง



ภาพที่ 2 เครื่องบดเศษอาหารอัตโนมัติ

วิธีการทดลอง

การทดสอบเครื่องบดเศษอาหาร

ในการศึกษาการลดขนาดของเศษอาหารเหลือทิ้งจากครัวเรือนโดยใช้มอเตอร์ DC ขนาด 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จะทำการเก็บค่าของการทดสอบปริมาณเศษอาหาร 1 , 5 และ 10 กิโลกรัม ประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการบดเศษอาหารและปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินเครื่องบดเศษอาหาร

การเก็บก๊าซชีวภาพ

จากการทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่อการเกิดก๊าซมีเทน ในขณะมีการติดตั้งเครื่องบดเศษอาหารกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพในชุมชน ต.ป่าไผ่ ณ โคกหนองนาโมเดล ในการทดลองนี้ได้กำหนดระยะเวลาในการทดลองเป็นเวลา 7 วัน โดยเป็นการเก็บค่าสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณค่าการเกิดก๊าซก่อนการติดตั้งที่ไม่มีการบดเศษอาหารก่อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพและหลังจากการติดตั้งเครื่องบดเศษอาหารให้มีขนาดเล็กก่อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวะภาพ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองศึกษาขนาดของหน้าแว่น(รังผึ้ง)ที่เหมาะสม

ในการศึกษาการลดขนาดของเศษอาหารเหลือทิ้งจากครัวเรือนโดยใช้มอเตอร์ DC ขนาด 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที จะทำการเก็บค่าของการทดสอบปริมาณเศษอาหารระยะเวลาที่ใช้ในการบดเศษอาหารและปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินเครื่องบดเศษอาหารซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการทดสอบเครื่องบดเศษอาหารเหลือทิ้งจากครัวเรือนด้วยหน้าแว่น(รังผึ้ง)

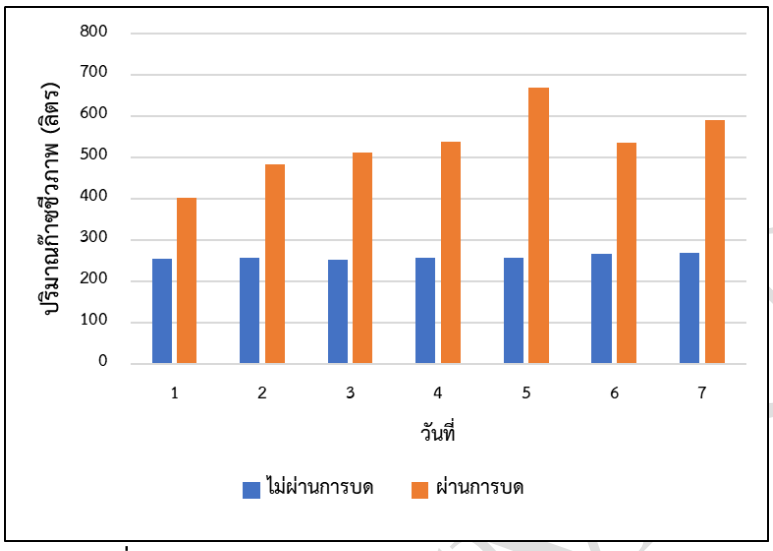
ขนาดหน้าแว่น (มิลลิเมตร)	ปริมาณเศษอาหาร (กิโลกรัม)	เวลาในการบดเศษอาหาร (นาที)	การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	คิดเป็นค่าไฟฟ้า (บาท)
8	10	28.42	3.4140	15.36
10	10	14.45	1.7340	7.80
12	10	12.325	0.1478	6.65

ในผลการทำทดสอบทั้งหมดของหน้าแว่น(รังผึ้ง)เครื่องบดทั้ง 3 ขนาดทำให้เห็นความแตกต่างของเนื่องจากในแต่ละขนาดมีจำนวนรูที่ไม่เท่ากันทำให้เวลาและความละเอียดของการบดต่างกันได้อย่างชัดเจน ดังนั้นหน้าแว่น(รังผึ้ง)ขนาด 10 มิลลิเมตรเป็นขนาดที่ได้ประเมินแล้วว่าทำงานได้ดีที่สุดในด้านของการใช้งานกับครัวเรือนในด้านระยะเวลาและความละเอียดที่เหมาะสมกับการบดเศษอาหารอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ [3]

TREC-IA(MJU)

ผลการทดลองศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพ

จากการทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่อการเกิดก๊าซมีเทน ในขณะมีการติดตั้งเครื่องบดเศษอาหารกับระบบผลิตก๊าซ ในการทดลองนี้ได้กำหนดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ระยะเวลาในการทดลองเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน

จากภาพที่ 3 ปริมาณสัดส่วนที่ได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้อากาศแบบที่มีการบดเศษอาหารและไม่มีการบดเศษอาหาร พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการบดเศษอาหารก่อนส่งเข้ากระบวนการหมัก มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากที่ไม่ผ่านการบด เดิมมีปริมาณร้อยละก๊าซมีเทนที่ 54.25 ร้อยละความเป็นกรด-ด่างที่ 5.8 ร้อยละค่า COD ที่ 39.08 [4] ซึ่งสำหรับการหมักที่ผ่านการบดลดขนาดอินทรีย์วัตถุให้มีขนาดเล็กลง จะได้ปริมาณร้อยละก๊าซมีเทนเพิ่มจากเดิม 23.08 มีการย่อยสลายได้เร็วขึ้น ซึ่งในทางตรงกันข้ามด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กลงทำให้อินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายไปอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องเติมเศษอาหารอินทรียวัตถุเร็วขึ้นจากเดิมที่เคยเติมเป็นวันละครั้งเป็น 3 ครั้งต่อวันเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นไปอย่างต่อเนื่องและได้ปริมาณก๊าซที่เพิ่มสูงขึ้น

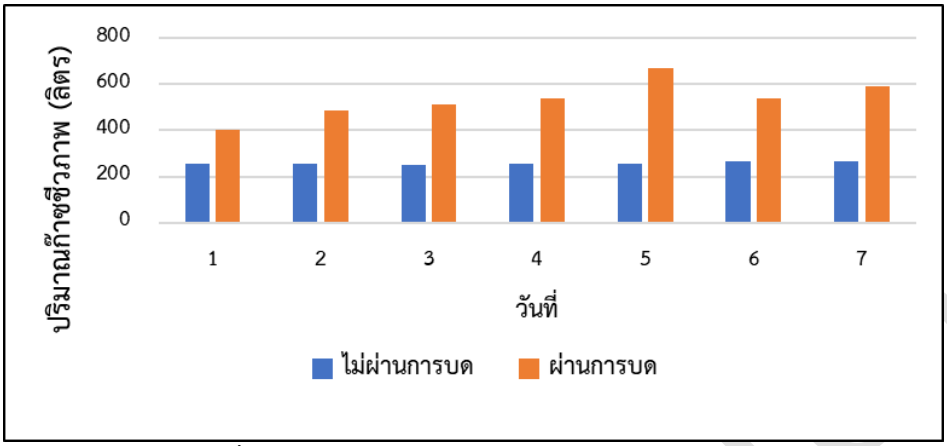
ตารางที่ 2 ค่าองค์ประกอบก๊าซ

องค์ประกอบก๊าซ	CH_4	CO_2	O_2
ไม่ผ่านการบด	54.0	42.3	3.7
ผ่านการบด	63.57	33.3	3.13

การเปรียบเทียบอัตราการเกิดก๊าซจากการหมักเศษอาหารที่ผ่านและไม่ผ่านการบดภายใต้สภาวะไร้อากาศ ดังตารางที่ 2 พบว่าเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลงจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายเศษอาหารที่ผ่านการบดได้ดีกว่าเศษอาหารที่ไม่ผ่านการบด เป็นการเร่งปฏิกิริยาของ HRT ที่ทำให้ระยะเวลาในการเกิดก๊าซสั้นลงมีอัตราการเกิดก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 10 โดยการบดเศษอาหารให้มีขนาดเล็กลงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเศษอาหารกับเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเคลื่อนที่เข้าใกล้เศษอาหารได้ง่ายขึ้น และสามารถทำการย่อยสลายได้ดีขึ้น จากการบดเศษอาหารทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นผลิตก๊าซมีเทนได้เพิ่มขึ้น [5]

จากการศึกษาพบปริมาณการเกิดก๊าซสะสมจากการทดสอบการบดเศษอาหารก่อนส่งเข้าสู่ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ จากการแทนที่น้ำด้วยก๊าซชีวภาพหาปริมาณก๊าซที่มาแทนที่ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพการสะสมทั้งหมด 7 วัน มีอัตราการผลิตก๊าซระดับเส้นกราฟเป็นเส้นตรงมีระดับเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซที่ได้คงที่สม่ำเสมอต่อเนื่องจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ [6] ปริมาณก๊าซที่ได้จากการบดเศษอาการก่อนป้อนเข้ากระบวนการหมักก๊าซชีวภาพสะสมอยู่ที่ปริมาณ 3727.97 ลิตร ในขณะที่การที่ไม่บดเศษอาหารเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพมีการเกิดก๊าซสะสมอยู่ที่ 1809.90 ลิตร เมื่อคำนวณ

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยสะสมต่อวัน 1059.73 ลิตร ระหว่างการบดก่อนเข้าสู่ระบบ และไม่ผ่านการบดก่อนเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ [7] แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

การวิเคราะห์ระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการบดเศษอาหารก่อนส่งเข้ากระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ ดังภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า แนวโน้มปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ดีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งที่เชื้อจุลินทรีย์เต็มระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะคงที่

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทดลองเครื่องบดเศษอาหารขยะอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการการบดเศษขยะอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้เครื่องบดแบบเกลียวหมุนอัดผ่านหน้าแว่นรูรังผึ้งที่ขนาด 10 มิลลิเมตร จากปริมาณเศษขยะอินทรีย์ 10 กิโลกรัมต่อครั้ง ได้ใช้ระยะเวลาทดสอบการทำงานตัวเครื่องบดเศษอาหาร 20 วันและทำการทดสอบการบดก่อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นระยะเวลา 7 วัน สามารถสรุปได้ดังนี้

การทดสอบวิเคราะห์การทำงาน โดยใช้ปริมาณเศษขยะอินทรีย์ 10กิโลกรัม ทำการบดเศษขยะอินทรีย์ผ่านหน้าแว่นรังผึ้งที่ขนาด 8,10,12 มิลลิเมตร พบว่าในการบดเศษอาหารมีขนาดเหมาะสมก่อนเข้ากระบวนการหมัก ที่ขนาด10 มิลลิเมตร จะให้อัตราการบดที่ดีไม่ใช้ระยะเวลานานการทำงานเครื่องไม่ติดขัด ได้สัดส่วนร้อยละก๊าซมีเทนที่ 63.57 ซึ่งนำมาเทียบคุณสมบัติมาตรฐานของกรมพลังงานทดแทนที่จะตองมี องค์ประกอบ ร้อยละก๊าซมีเทนที่ 60-70 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีค่าประสิทธิภาพในการกำจัดร้อยละค่า COD ที่ 39.08 จากการบดเศษขยะก่อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพให้ได้ปริมาณก๊าซสะสมที่เพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1059.73 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนโครงงานจาก โครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี และขอขอบคุณ โคกหนองนาโมเดล ต.ป่าไผ่ ที่ให้สถานที่ในการวิจัย สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] รจพรรณ นิรัญศิลป์. (2563). **โครงการขยายผลการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ในระดับครัวเรือนและชุมชนเพื่อการสร้างเป็นอำเภอต้นแบบการใช้พลังงานหมุนเวียน**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (1-115).

[2] นงลักษณ์ นิธิกุลรัตนา. **วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน.** 2559 ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] น้ำมนต์ โชติวิศรุต, ประพันธ์ วัฒนศิริโชติ, และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2559). การประยุกต์ใช้พีแอลซีในการควบคุมเครื่องบดถั่วเหลืองให้ท่างานโดยอัตโนมัติ. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 1(1), 59-64.

[4] กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์, นริศ อินต๊ะวงค์, และนเรศ อินต๊ะวงค์. (2563). **เครื่องบดเศษไม้ให้เป็นขี้เลื่อยแบบสองชุดบด. วารสารวิศวกรรมศาสตร์**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 5(1), 1-7.

[5] พัชรี อินธนู, & จิตติยา แทนคำ. (2560). การย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศของสารอินทรีย์ประเภท เศษอาหารเข้มข้นในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ. (11). มหาวิทยาลัยแม่โจ้, **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร**. (1)

[6] วัฒนณรงค์ มากพันธ์, อุดม ทิพย์รักษ์, ทศพล แสนศรี, ศักดินันท์ แก้วดำ, & วรรธนศักดิ์ สุขสง. (2563). ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**, 22(2), 116-122.

[7] เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทเพนทร์, และชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์. (2554). **ออกแบบพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียน**. กรมวิชาการเกษตร. (64-96).

TREC-14 (MJU)

การประยุกต์ใช้เครื่องอัดไอของตู้เย็นเพื่อการอัดเก็บแก๊สชีวภาพ

Application of refrigerator compressor for biogas compression

อภิเศษ[1] ญานิกา ขาวเอี่ยม[1] และ รจพรรณ นิรัญศิลป์[1*]
Apised[1] Yanika Khaweiam[1] and Rotjapun Nirunsin[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

The aim of this research was to design, construct and test the performance of biogas storage systems with refrigeration compressors. The systems were designed in 3 different types associated with oxygen reducing devices, namely: type 1 was equipped with an air filter at the inlet of the compressor; type 2 was set up with an air dryer and an air filter at the inlet and outlet of the compressor; and type 3 was associated with an air dryer at the inlet of the compressor. The test results showed that the 3 type of biogas storage tank had the shortest biogas storage time of 9.49 min to store 1 bar or 0.250 m 3 of gas, while type 1 and 2 could achieve the same storage volume of 11 and 10 min, respectively. Moreover, the biogas composition measurements revealed that type 3 had better biogas qualities as the CH_4, CO_2 and O_2 values of the biogas were within the standard range, while the CH_4 and CO_2 values of the biogas in type 1 and 2 were below the standard, but the O_2 value was exceeded. In addition, the maximum gas filling capacity of all systems was investigated. The results showed that type 3 could store a maximum biogas of 5 bar, while types 1 and 2 could not contain more than 3 and 2 bar of biogas, respectively. Therefore, in conclusion, this work could be able to design and build efficient biogas storage systems.

Keywords: Biogas gas, Compressor biogas, Biogas storage tanks

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบจัดเก็บก๊าซชีวภาพที่มีการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไอ (Compressor) ของตู้เย็นโดยมีการออกแบบระบบอัดเก็บก๊าซที่มีการต่อเข้ากับอุปกรณ์ลดปริมาณก๊าซออกซิเจน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่ 1 มีการติดตั้งตัวกรองลมดักไอน้ำ (Air Filter) ก่อนเข้าเครื่องคอมเพรสเซอร์ แบบที่ 2 มีการติดตั้งดรายเออร์แอร์ (Air Drier) และตัวกรองลมดักน้ำก่อน และหลังเข้าคอมเพรสเซอร์ และแบบที่ 3 มีการติดตั้งดรายเออร์แอร์ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการอัดก๊าซชีวภาพเข้าไปในถังเก็บทั้ง 3 รูปแบบ ขนาด 1 บาร์ จะได้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.250 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งถังเก็บรูปแบบที่ 3 มีระยะเวลาในการอัดก๊าซน้อยที่สุด 9.49 นาที ในขณะที่ถังแบบที่ 1 และ 2 ใช้เวลา 11 และ 10 นาทีตามลำดับ และเมื่อทำการตรวจวัดค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่จัดเก็บได้พบว่าถังรูปแบบที่ 3 มีปริมาณก๊าซ CH_4 CO_2 และO_2 อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน แต่ในถังรูปแบบที่ 1 และ 2 มีปริมาณก๊าซ CH_4 และ CO_2 ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และมี O_2 สูงเกินกว่าค่าที่กำหนดในส่วนเพิ่มเติมยังพบว่าถังรูปแบบที่ 3 สามารถอัดก๊าซชีวภาพได้สูงสุด 5 บาร์ ภายในเวลา 54 นาที แต่ถังรูปแบบที่ 1 แ2 อัดก๊าซชีวภาพได้สูงสุดเพียงแค่ 3 และ 2 บาร์ ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าการศึกษาครั้งนี้สามารถสร้างระบบอัดเก็บก๊าซชีวภาพที่สามารถใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพซึ่งพบว่าระบบอัดเก็บก๊าซรูปแบบที่ 3 สามารถอัดเก็บก๊าซได้ไวมีปริมาตรสูง และได้ก๊าซชีวภาพที่มีมาตรฐาน

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, เครื่องอัดก๊าซ, ถังเก็บก๊าซชีวภาพ

บทนำ

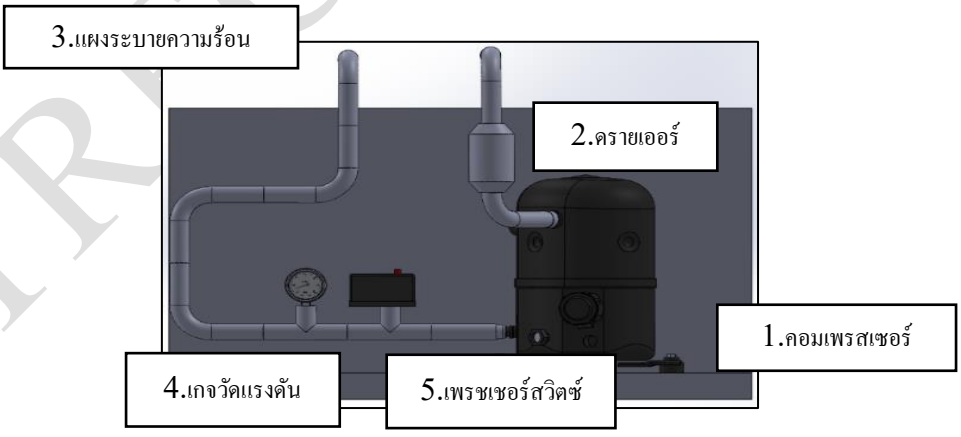
ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ใน พ.ศ. 2561 ประมาณ 27.93 ล้านตันเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.05 ต่อปี จาก พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 27.37 ล้านตันเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมืองในหลายพื้นที่รวมทั้งการส่งเสริมการท่องเที่ยวของประเทศไทยทำให้มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นในขณะที่

TREC-14 (MJU)

อัตราการเกิดขยะมูลฝอยต่อคนประมาณ 1.15 กิโลกรัมต่อวัน เพิ่มขึ้นจากเดิม พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 1.13 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อพิจารณาในช่วงหลัง พ.ศ. 2557 พบว่าการจัดการขยะมูลฝอยมีแนวโน้มดีขึ้นหลังจากที่มีการประกาศให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติโดยมีปริมาณขยะที่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นเนื่องจากรัฐบาลมีการส่งเสริมให้เกิดกลไกการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด [1] จึงมีความสนใจที่จะนำเอาขยะเศษอาหารเหลือทิ้งจากโรงอาหาร ขยะอินทรีย์ เศษวัชพืช หรือแม้แต่มูลสัตว์มาเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซมีเทน และปุ๋ยหมัก โดยใช้เวลาในการทำงานเพียง 24 ชั่วโมง ก็ให้ผลผลิตดังกล่าวอีกทั้งยังเป็นการช่วยลดโลกร้อน ใช้พลังงานหมุนเวียน และได้ปุ๋ยชีวภาพมาใช้ในขั้นตอนเดียวโดยเศษพืช ขยะอินทรีย์ และของเสียต่าง ๆ จะถูกนำมาเข้าเครื่อง และถ้าขยะเป็นชิ้นใหญ่ ๆ จะต้องนำมาบดหรือสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องหมักซึ่งสามารถนำวัตถุดิบมาป้อนเข้าระบบได้ทุกวันจนเต็มถังหมักเมื่อมีการเติมอีกก็จะต้องมีการปล่อยออก คือ สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยหรือปุ๋ยหมักปริมาณวัสดุที่เติมในแต่ละวัน จะมีปริมาณเท่ากับปุ๋ยที่ปล่อยออกในแต่ละวันเช่นกันเพราะส่วนหนึ่งได้แปรสภาพเป็นก๊าซ และโดยการหมักอัดก๊าซบ่อถุงพลาสติกสีดำหรือเครื่องผลิตปุ๋ยหมัก และก๊าซชีวภาพจากนั้นในการใช้ก๊าซชีวภาพจึงต้องทำการจัดเก็บก๊าซชีวภาพลงในถังเก็บก๊าซ และก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้นั้นจะมีอยู่ 2 แบบ คือ การอัดก๊าซชีวภาพเข้าถังเพื่อสะดวกในการเก็บรักษา และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานโดยตรงทั้งใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือผลิตความร้อนจึงต้องนำก๊าซชีวภาพที่เหลือทิ้งไปใช้แทนเชื้อเพลิง LPG ในครัวเรือนซึ่งต้องมีระบบอัดก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือน [2] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และทดสอบเครื่องอัดก๊าซชีวภาพจากถังเครื่องผลิตปุ๋ยหมัก และก๊าซชีวภาพลงในตัวถังจ่ายก๊าซชีวภาพ และขนาดถังปฏิกิริยา 4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเครื่องมืออยู่ที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนวัตถุของเสียหรือขยะอินทรีย์ที่มีอยู่ในครัวเรือนทำการหมักจะได้ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ โดยใช้คอมเพรสเซอร์ในการอัดก๊าซมีเทนลงบรรจุถังจ่ายก๊าซชีวภาพ

วิธีการวิจัย

ทำการออกแบบเครื่องอัดก๊าซชีวภาพโดยมีหัวใจหลักคือ Compressors ในการออกแบบจะทำการต่อไดเออร์ไว้ทางเข้าของคอมเพรสเซอร์เพื่อดัก O_2 และก๊าซจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ในการเพิ่มแรงดันก๊าซที่ถูกเพิ่มแรงดันจะมีอุณหภูมิมากขึ้นจึงทำการติดตั้งแผงระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิความร้อนของก๊าซ ก๊าซที่จะเข้าถังเก็บจะไม่ทราบแรงดันของก๊าซที่ไหลผ่านเข้าถังเก็บการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะทำงานหรือหยุดทำงานจะต้องทำการจ่ายพลังงานเข้าจึงมีความอันตรายในการอัดถ้ามีแรงดันในการอัดจึงทำการติดตั้งเพรชเชอร์สวิตซ์เพื่อทำการตัดพลังงานที่จ่ายเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มความปลอดภัย [3] ดังนั้นงานวิจัยใกล้เคียงกับอาคม จงอริยตระกูล.ปริมาณอากาศที่อัดคอมเพรสเซอร์ใช้อากาศอัดที่ต้องการความดันไม่ถึง 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถใช้โบเวอร์แทน และในงานที่อากาศอัดไม่ถึง 0.1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ก็ใช้อากาศในการอัดที่ต้องการความดันไม่เกิน 700 ปาสคาล (7บาร์) และต้องการปริมาณอากาศอัดต่ำ



ภาพที่ 1 โมเดลเครื่องอัดก๊าซชีวภาพ

ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดก๊าซ

เครื่องอัดก๊าซชีวภาพทำให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านเข้าทุกจุดของเครื่องอัดได้ดี และการทดสอบอัดก๊าซชีวภาพลงถังเก็บพบว่า มีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูง

วิธีการทดลอง

- การเตรียมเศษอาหาร

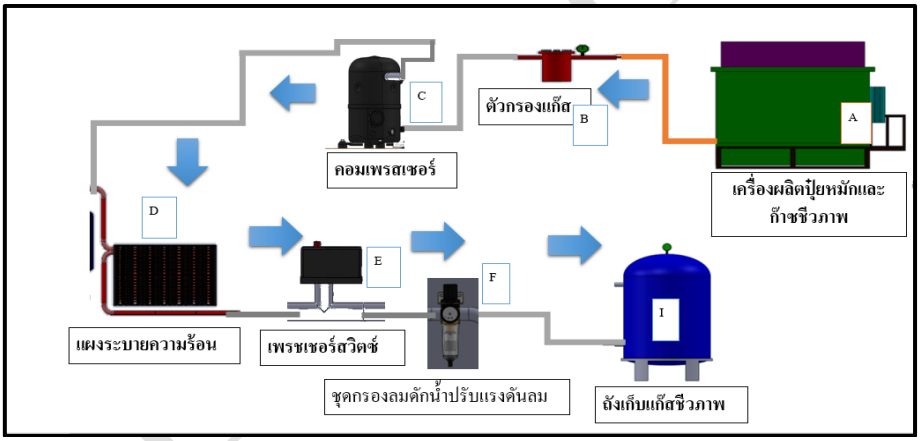
เตรียมเศษอาหารที่เหลือจากถังเศษอาหารมาใส่ในเครื่องคาวเทค 30 กิโลกรัม และทำการเปิดเครื่องคาวเทคให้ทำงานแล้วกวนเศษอาหารที่ใส่ลงไปกวนในทุก ๆ 3 ชั่วโมง และรอก๊าซให้ขึ้นสูงเท่าที่แก๊สจะเกิดได้คือ 3 ลูกบาศก์เมตร จึงทำการอัด

- การอัดก๊าซโดยใช้คอมเพรสเซอร์

ทำสายลมยางของไดเออร์เข้ากับตัวกรองก๊าซ และนำสายลมยางอีกหนึ่งเส้นต่อเข้ากับเพรชเชอร์สวิตซ์ปั๊มลมต่อเข้ากับถังเก็บก๊าซจึงทำการจ่ายไฟเข้าให้กับเพรชเชอร์สวิตซ์ปั๊มลมเพื่อให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน และทำการเปิดวาล์วจากตัวกรองก๊าซเพื่อทำการอัดเก็บค่า

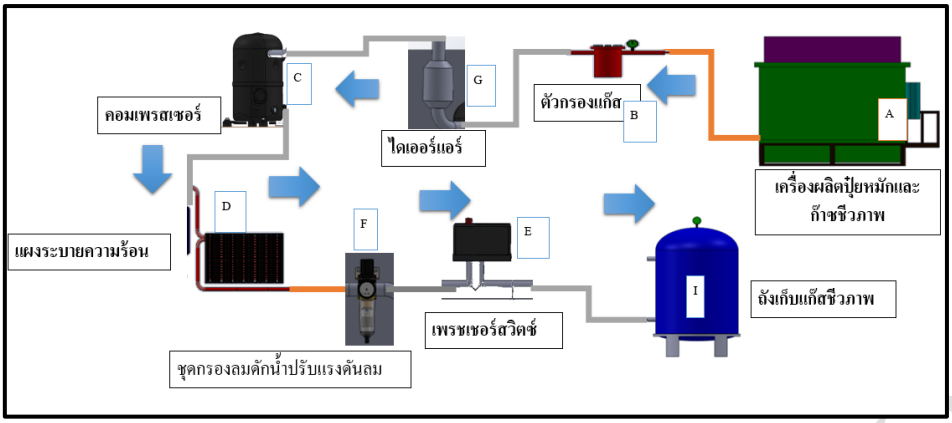
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทดสอบระบบอัดเก็บก๊าซชีวภาพโดยการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไอจากตู้เย็นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการอัดก๊าซชีวภาพโดยการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก๊าซชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ระบบในแต่ละระบบจะทำการเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์ไปตามจุดต่าง ๆ ของวงจร และเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อหาวงจรเครื่องอัดก๊าซที่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด



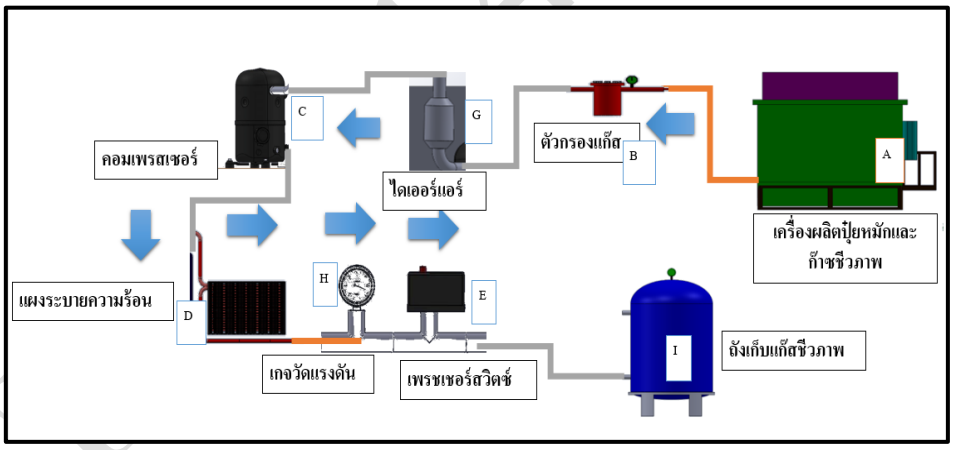
ภาพที่ 2 วงจรของเครื่องอัดก๊าซชีวภาพแบบที่ 1

ลักษณะการต่อวงจรแบบที่ 1 คือ ก๊าซออกจากเครื่องกำเนิดการผลิตชีวภาพก๊าซผ่านทางสายก๊าซขาเข้าหลังจากนั้นจะมีการวิ่งผ่านชุดกรองลมเพื่อทำการดักน้ำโดยใช้หลักการของการปรับแรงดัน และก็ผ่านคอมเพรสเซอร์เข้าไปสู่แผงความร้อนเพื่อลดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงหลังจากนั้นเพรชเชอร์สวิตซ์ทำหน้าที่ตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อก๊าซมีแรงดันสูงสุดค่าที่ตั้งไว้คือ 5 บาร์ และก๊าซจะไหลผ่านทางสายก๊าซขาออกเพื่อเข้าสู่ถังเก็บก๊าซชีวภาพประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต่ำโดยพิจารณาได้จากเกจวัดความดันที่ติดตั้งไว้ตรงจุดของถังเก็บก๊าซชีวภาพ [4] ดังนั้นจึงใกล้เคียงกับงานวิจัยชัยวัฒน์ โฮ่ลิ่ม.การใช้รูปแบบในการต่อวงจรของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนจะใช้ปั๊มลมในการอัดเก็บเมื่อใช้ในถังลงก่อนจะนำลงถังเก็บบรรจุโดยใช้อุปกรณ์ในการอัดมีมอเตอร์ เกจวัดความดัน เพรชเชอร์สวิตซ์ ชุดกรองลมปรับแรงดันในงานวิจัยนี้



ภาพที่ 3 วงจรของเครื่องอัดก๊าซชีวภาพแบบที่ 2

ลักษณะการต่อวงจรแบบที่ 2 คือ ก๊าซชีวภาพออกจากเครื่องกำเนิดการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านทางสายก๊าซขาเข้าหลังจากนั้นจะมีการวิ่งผ่านดรายเออร์เพื่อลดความชื้นในอากาศ และกรองสิ่งสกปรกที่อยู่ในก๊าซชีวภาพจากนั้นวิ่งผ่านคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มแรงดันเข้าไปสู่แผงความร้อนเพื่อลดค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และชุดกรองลมเพื่อทำการดักน้ำโดยใช้หลักการของการปรับแรงดันเพื่องกรองน้ำจากก๊าซ และปรับแรงดันหลังจากนั้นไหลผ่านเพรชเชอร์สวิตช์เข้าสู่ถังเก็บก๊าซชีวภาพเพรชเชอร์สวิตช์ทำหน้าที่ตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยจะตัดการทำงานเพื่อให้คอมเพรสเซอร์มีแรงดันเกินที่ 5 บาร์ และก๊าซชีวภาพจะไหลผ่านทางสายก๊าซพบว่าออกเพื่อเข้าสู่ถังเก็บก๊าซชีวภาพ [5] ดังนั้นจึงใกล้เคียงกับงานวิจัยปิยะพงษ์ สิงห์บัว.ระบบอัดก๊าซชีวภาพปริมาณก๊าซชีวภาพที่บรรจุในถังเท่ากับ 0.2 และ 0.53 กิโลกรัมตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อผ่านระบบอัดก๊าซชีวภาพแล้วพบว่า มีการลดลงของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 15.63



ภาพที่ 4 วงจรของเครื่องอัดก๊าซชีวภาพแบบที่ 3

ลักษณะการต่อวงจรแบบที่ 3 คือ ก๊าซชีวภาพออกจากเครื่องกำเนิดการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านทางสายก๊าซขาเข้าหลังจากนั้นจะมีการวิ่งผ่านดรายเออร์เพื่อลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ และกรองสิ่งสกปรกที่อยู่ในก๊าซชีวภาพจากนั้นวิ่งผ่านคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มแรงดันเข้าไปสู่แผงความร้อนเพื่อลดค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และก๊าซชีวภาพจะไหลผ่านเกจวัดความดันเพื่อวัดแรงดันเพื่อตรวจเช็คแรงดันในการอัดของก๊าซชีวภาพที่ไหลผ่านเพรชเชอร์สวิตช์โดยมีหน้าที่ตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่มีแรงดันไหลผ่านที่ 5 บาร์ และก๊าซจะไหลผ่านทางสายออกเพื่อเข้าสู่ถังเก็บก๊าซชีวภาพ [6] ดังนั้นจึงใกล้เคียงกับงานวิจัยอัญชนา อุประกูล การใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับการเดินเครื่องยนต์ทำให้ลดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินได้จากการทดสอบการผสมเชื้อเพลิงที่ระหว่างก๊าซชีวภาพ และน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนโดยปริมาตรที่ 80:20, 60:40, 50:50, 40:60,

20:80 และ0:100 ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณ CO_2 และค่าอุณหภูมิไอเสียมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของก๊าซชีวภาพที่มากขึ้น

ตารางองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

การตรวจวัดค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ทำการอัดเก็บในถังทั้ง 3 แบบพบว่า ปริมาณก๊าซ CH_4 CO_2 และ O_2 ที่อยู่ในก๊าซชีวภาพมีค่าก่อนการอัดถังเก็บ และหลังการอัดเก็บตามตาราง

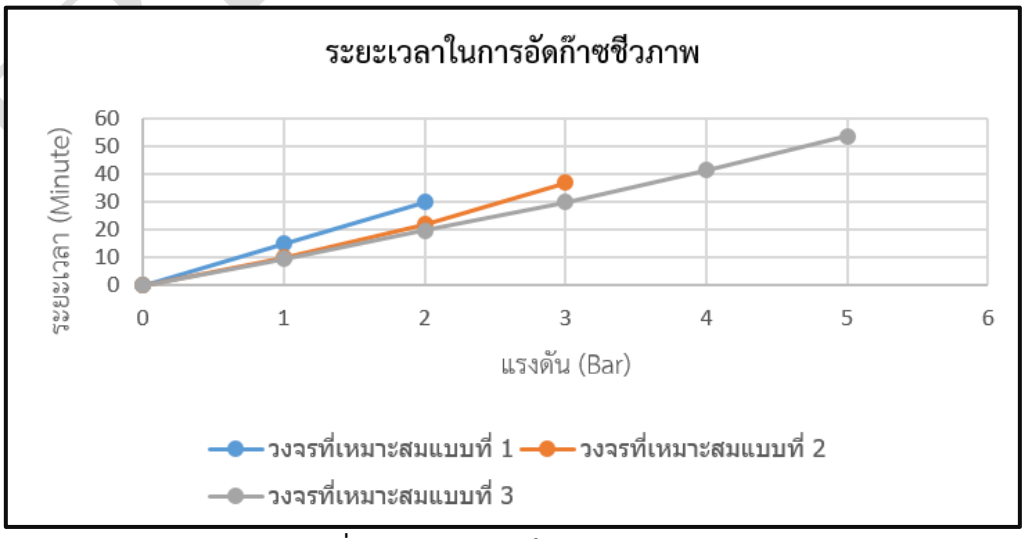
ตารางที่ 1 ตารางองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	CH_4	CO_2	O_2
ผลการทดลองการศึกษาวงจรที่เหมาะสมแบบที่ 1			
ก่อนทำการอัด	58.2	35.1	1.0
หลังทำการอัด	44.5	25.6	8.6
ผลการทดลองการศึกษาวงจรที่เหมาะสมแบบที่ 2			
ก่อนทำการอัด	58.5	35.6	1.0
หลังทำการอัด	48.3	24.1	9.3
ผลการทดลองการศึกษาวงจรที่เหมาะสมแบบที่ 3			
ก่อนทำการอัด	56.5	33.6	2.0
หลังทำการอัด	53.5	24.9	4.9

จากตารางพบว่าก๊าซชีวภาพก่อนทำการอัดจะมีก๊าซมีเทนอยู่ที่ร้อยละ 58 และหลังทำการอัดจะก๊าซมีเทนอยู่ที่ร้อยละ 45 ในรูปแบบทำการอัดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ซึ่งมีก๊าซมีเทนต่ำกว่าค่ามาตฐาน และในส่วนของรูปแบบที่ 3 มีก๊าซมีเทนก่อนการอัดลงถังอยู่ที่ร้อยละ 56 และก๊าซมีเทนหลังการอัดลงถังอยู่ที่ร้อยละ 53 ซึ่งมีค่าก๊าซมีเทนเทียบเท่ากับค่ามาตฐาน [7] ดังนั้นจึงใกล้เคียงกับงานวิจัยกับวาสนา คำโอภาส. กระบวนการย่อยสลายของมูลสัตว์หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆโดยเชื้อจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีอากาศทำให้เกิดก๊าซชีวภาพขึ้นจะเป็นก๊าซผสมของก๊าซชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แต่ก๊าซมีเทนจะมีปริมาณมากถึงร้อยละ 60-70 จึงสามารถนำไปใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง

กราฟระยะเวลาในการอัดก๊าซชีวภาพของวงจรทั้ง 3 แบบ

จากการทดสอบการอัดก๊าซชีวภาพเข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพของวงจรทั้ง 3 แบบ จะทำการอัดก๊าซชีวภาพลงถังสูงสุดที่ 5 บาร์



ภาพที่ 5 กราฟระยะเวลาในการอัดก๊าซชีวภาพ

จากกราฟระยะเวลาในการอัดก๊าซชีวภาพของวงจรทั้ง 3 แบบ พบว่า เมื่อทำการอัดก๊าซชีวภาพเข้าไปในถังเก็บทั้ง 3 รูปแบบ ขนาด 1 บาร์ จะได้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.250 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งถังเก็บรูปแบบที่ 3 มีระยะเวลาในการอัดก๊าซน้อยที่สุด 9.49 นาที ในขณะที่ถังแบบที่ 1 และ 2 ใช้เวลา 11 และ 10 นาทีตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่างานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบอัดเก็บก๊าซชีวภาพโดยการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไอจากตู้เย็นโดยมีการออกแบบระบบอัดเก็บก๊าซที่มีการต่อเข้ากับอุปกรณ์ลดปริมาณก๊าซออกซิเจน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่ 1 มีการติดตั้งตัวกรองลมดักไอน้ำ (Air Filter) ก่อนเข้าเครื่องคอมเพรสเซอร์ แบบที่ 2 มีการติดตั้งดรายเออร์แอร์ (Air Drier) และตัวกรองลมดักน้ำ ก่อนและหลังเข้าคอมเพรสเซอร์ และแบบที่ 3 มีการติดตั้งดรายเออร์แอร์ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการอัดก๊าซชีวภาพเข้าไปในถังเก็บทั้ง 3 รูปแบบ ขนาด 1 บาร์ จะได้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.250 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งถังเก็บรูปแบบที่ 3 มีระยะเวลาในการอัดก๊าซน้อยที่สุด 9.49 นาที ในขณะที่ถังแบบที่ 1 และ 2 ใช้เวลา 11 และ 10 นาทีตามลำดับ

วงจรที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องอัดก๊าซชีวภาพที่ดีที่สุดคือ วงจรแบบที่ 3 โดยวงจรนี้จะมีแรงดันในการอัดก๊าซชีวภาพที่เพียงพอ และมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยแรงดันในการอัดก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 5 บาร์ ในการตัดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ และจะกลับมาทำงานเหมือนเดิมที่ 3 บาร์ ในการอัดแต่ละครั้งโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมดจนตัดการทำงานที่ 53.77 นาที ในการอัดก๊าซชีวภาพบรรจุลงถังเก็บก๊าซชีวภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้จากโครงการผลิตบัณฑิต และพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีรวมถึงอนุเคราะห์สถานที่ในการที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] **ฐานข้อมูลเพื่อการรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย**. (2561). กรมควบคุมมลพิษ ลพบุรี:สำนักวิทยาบริการ และเทคโนโลยีสารสนเทศ.

[2] ภาคิณ มณีโชต. (2560). **การเปรียบเทียบผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์กับเศษอาหาร**. กำแพงเพชร:มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

[3] อาคม จงอริยตระกูล. (2560). **ระบบควบคุมเครื่องอัดอากาศ (รายงานผลวิจัย)** สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[4] ชัยวัฒน์ โฮ่ลิ่ม. (2562). **เครื่องจ่ายก๊าซชีวภาพหยอดเหรียญ. (รายงานผลวิจัย)** สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[5] ปิยะพงษ์ สิงห์บัว. (2559). การอัดก๊าซชีวภาพ และใช้ประโยชน์ในรถจักรยานยนต์. **วารสารวิจัย มข**. 11,1 : 39-50.

[6] อัญชณา อุประกูล. (2560). การผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ปั่นไฟก๊าซโซลีนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากใบตองผสมมูลวัวและถั่วเหลืองแห้งบด. **วารสารการวิจัยกาสะลองคำ**. 12,2: 115 -123.

[7] วาสนา คำโอภาส. (2561). **การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยเทคนิคดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสารละลายเอมีน. (รายงานผลวิจัย)** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

IREC-14 (MJU)

การแยกชั้นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลในกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับสี

Separation of biodiesel products in transesterification using color sensors

ศุภสิทธิ์ อภิมุขเจริญ[1] ศราวุฒิ จันทร์ย้อน[1] และรจพรรณ นิรัญศิลป์[1*]
Supasit Apimookcharoen[1] Sarawut chanyon[1] and Rotjapun Nirunsin[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

One of the most difficult steps in the production of biodiesel is the separation of methyl or ethyl esters. Therefore, this work aimed to study and develop an automatic system to solve this problem to simplify it. The intelligent system for separating biodiesel was designed and built using an RGB color sensor and detector working with solenoid valves under the command of an Arduino UNO R3 microcontroller board. The workflow started with white light LED, which illuminated from the sensor through the transparent glass bottle (containing biodiesel, glycerin, etc.) onto a white paper (which was covered with an opaque material to prevent interference from the stray light) and then reflected the detector to automatically separate the glycerin. The results showed that the kit had a high average accuracy in color and substance separation of 82.52% in 10 tests (7 times the accuracy was above 80%). It was also found that the functional test (starting with color detection, separation of glycerol from biodiesel, cleaning the biodiesel with warm water 3 times, and storing the obtained biodiesel for the next production step) could completely work up to 18 times (20 tests), which is 90% efficiency. Therefore, it could be concluded that the smart kit could work automatically and effectively. Moreover, this work can be further developed and used as a guideline to design and construction smart biodiesel production system.

Keywords: Biodiesel Transesterification Sensors color

บทคัดย่อ

ความยุ่งยากในขั้นตอนการแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากผลพลอยได้เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับสีเข้ามาช่วยในการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีน เพื่อหาแนวทางและความเป็นไปได้ในการสร้างระบบผลิตไบโอดีเซลแบบอัตโนมัติ ในขั้นตอนการศึกษาได้ทำการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ในการแยกสารไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยเป็นชุดอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับสี RGB ที่สามารถฉายไฟ LED สีขาว (ฉายแสงขาวผ่านขวดใสที่มีไบโอดีเซลและกลีเซอรีนแยกชั้นอยู่ ส่องผ่านไปยังแผ่นกระดาษสีขาวที่มีพื้นหลังเป็นวัสดุทึบ เพื่อให้เกิดการสะท้อนกลับของสีมายังเซ็นเซอร์ตรวจจับ) ทำงานควบคู่กับโซลินอยด์วาล์ว ภายใต้คำสั่งจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ผลการศึกษาพบว่าชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำในการแยกสีและแยกสารออกจากกันเฉลี่ยร้อยละ 82.52 จากการทดสอบ 10 ครั้ง (มีร้อยละความแม่นยำมากกว่า 80 จำนวน 7 ครั้ง) มากไปกว่านั้นพบว่าจากการทดสอบความสามารถการทำงานในกระบวนการแยกชั้นของสาร เริ่มตั้งแต่การตรวจจับสี การแยกกลีเซอรีนออกจากไบโอดีเซล การล้างทำความสะอาดไบโอดีเซลด้วยน้ำอุ่น ตลอดจนการจัดเก็บไบโอดีเซลที่ได้ไปดำเนินการต่อในขั้นตอนการผลิตถัดไป พบว่าจากการทดสอบการทำงานทั้งหมด 20 ครั้ง ชุดอุปกรณ์สามารถทำงานได้สมบูรณ์มากถึง 18 ครั้ง คิดเป็นประสิทธิภาพการทำงานได้ร้อยละ 90 จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดอุปกรณ์สำหรับการแยกชั้นสารกลีเซอรีนออกจากไบโอดีเซลนี้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาต่อไปได้

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ทรานเอสเทอริฟิเคชัน เซ็นเซอร์ตรวจจับสี

TREC-14 (MJU)

บทนำ

น้ำมันที่เหลือใช้จากการประกอบอาหารในครัวเรือนหรือร้านอาหารที่ใช้น้ำมันจำนวนมากใช้การทอด และการใช้น้ำมันในการทอดซ้ำ ๆ หลายครั้ง อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งปอด มะเร็งตับ ได้ จึงเป็นเหตุให้น้ำมันเหล่านี้ถูกเททิ้งตามท่อระบายน้ำส่งผลให้เกิดมลพิษ เพราะเหตุนี้น้ำมันที่เหลือใช้จากการประกอบอาหารจึงเหมาะสำหรับการนำมาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อแก้ปัญหามลพิษ [1] การผลิตไบโอดีเซลโดยการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 – 65 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยา 45 นาที โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification) จะได้สารเอสเทอร์ที่เรียกว่า ไบโอดีเซล ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ซึ่งสามารถหาได้ง่ายและราคาถูก เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงต้องแยกกลีเซอรอลออกจากไบโอดีเซล แต่ในไบโอดีเซลนั้นมีตัวเร่งปฏิกิริยา และแอลกอฮอล์ปนเปื้อนอยู่จึงต้องเพิ่มการล้างเพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อนออก [2] ส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการผลิตไบโอดีเซลคือ การแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีน และขี้เถ้าโดยการแบ่งชั้นของสารนี้เกิดขึ้นภายในถังแยกชั้น ซึ่งใช้โซลินอยวาล์ว ในการถ่ายขี้เถ้า และกลีเซอรีนออกจากถังควบคุมด้วยระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับสี (Sensor color) ซึ่งมีการนำเซ็นเซอร์มาจำแนกสีของมะม่วง โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Mego 2560 ทำการควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าสี TCS 3200 และจำแนกสีของมะม่วงเป็น 3 สี ได้แก่ เกรดเอ สีเขียวเข้มเป็นมะม่วงแก่ เกรดบี สีเหลืองเป็นมะม่วงสุกงอม และเกรดซี สีเขียวอ่อนเป็นมะม่วงอ่อน ผลการทดลองพบว่าเซ็นเซอร์วัดค่าสี TCS 3200 มีการทำงานที่ถูกต้องสูงถึง 95.85 เปอร์เซ็นต์ [3] และมีการคัดแยกสีของวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเซ็นเซอร์ Arduino TCS 230 ในการคัดแยกชนิดวัตถุที่เป็นสี แดง เขียว และน้ำเงิน แล้วเคลื่อนย้ายวัตถุอัตโนมัติไปยังที่กำหนดไว้ โดยการควบคุมของ plc Board CFX1N20MT อ่านค่าปริมาณของแสงที่กระทบกับวัตถุ และสะท้อนกลับมายังเซ็นเซอร์ แปลผลเป็นสัญญานที่แตกต่างกันตามแต่ละสีของวัตถุ โดยใช้เวลาเฉลี่ยของวัตถุที่ทดลองปรากฏว่าวัตถุสีแดง 9.75 วินาที วัตถุสีเขียว 9.96 วินาที และวัตถุสีน้ำเงิน 9.95 วินาที และสามารถแยกสีวัตถุลงในตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้อง [4] จากที่กล่าวมาข้างต้นได้ว่า sensor color สามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดสีได้จริง และมีความแม่นยำค่อนข้างสูงจึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องไบโอดีเซลในส่วนของถังแยกชั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแยกไบโอดีเซลออกจากสารผสม และเพิ่มความสะดวกสบายต่อการใช้งาน

วิธีการวิจัย

ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

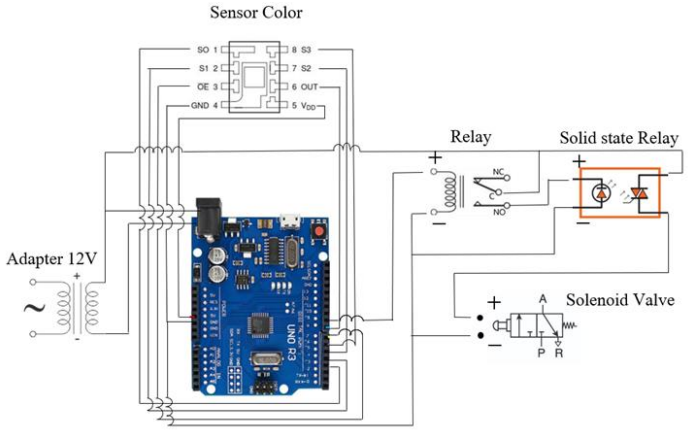
ศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เถ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการทำงานของเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล และศึกษาองค์ประกอบอุปกรณ์ ขั้นตอน กระบวนการการผลิตของเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เครื่องแยกชั้นมีองค์ประกอบดังนี้ ถังน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และผ่านการกรองตะกอนแล้ว ถังเมทานอล และขี้เถ้าในอัตราที่ต้องการ ถังผสมน้ำมันพืช เมทานอล และขี้เถ้า ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ถังน้ำอุ่นสำหรับล้างทำความสะอาดน้ำมันไบโอดีเซล ถังแยกชั้น ถังไล่ความชื้นที่เหลืออยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งไบโอดีเซลก่อนจะแยกชั้นจะผสมอยู่กับกลีเซอรีนและขี้เถ้า และในขั้นตอนการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีนและขี้เถ้านั้นมีความยากจึงใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับสีเข้ามาในกระบวนการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีนและขี้เถ้าโดยให้เซ็นเซอร์คอยค่าสีเมื่อไบโอดีเซล กลีเซอรีนและขี้เถ้าไหลผ่านหน้าเซ็นเซอร์

ศึกษาเกี่ยวกับการอ่านค่าสีของเซ็นเซอร์

ศึกษาการอ่านค่าสีของเซ็นเซอร์โดยการทดลองการอ่านค่าของแม่สีต่าง ๆ เช่น สีขาว สีดำ สีเขียวอ่อน สีเขียวเข้ม สีฟ้า สีน้ำเงิน สีแดง และสีส้ม จากนั้นทำการทดลองอ่านค่าสีของไบโอดีเซล และกลีเซอรีน แบ่งสีออกเป็น 2 เฉดสี 1. สีของไบโอดีเซล 2. สีของกลีเซอลีนซึ่งรวมไปถึงสีของขี้เถ้าด้วย โดยเซ็นเซอร์จะอ่านค่าสีออกมาเป็นค่า RGB ถ้าอ่านค่า B ได้มากที่สุดจะแสดงผลเป็น ไบโอดีเซล ถ้าอ่านค่า G ได้มากที่สุดจะแสดงผลเป็น กลีเซอลีน และขี้เถ้า

ศึกษาการศึกษาการต่อวงจร

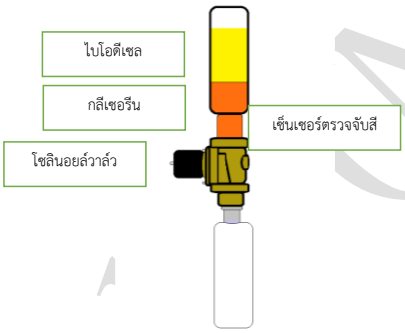
TREC-14 GMUD



ภาพที่ 1 การต่อวงจรโดยใช้โซลิดสเตทรีเลย์ กับ รีเลย์แบบปกติร่วมกัน

การวิเคราะห์ความแม่นยำ

เป็นการทดลองความแม่นยำของเซ็นเซอร์ โดยการทดลองในสเกลเล็ก



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบถังแยกชั้นในสเกลเล็ก

กระบวนการทำงานของการวิเคราะห์ความแม่นยำ โดยเริ่มโซลินอยล์วาล์วเริ่มการทำงาน ให้กลีเซอรีนไหลลงมา เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับพบไบโอดีเซล จะสั่งให้โซลินอยล์หยุดการทำงาน จากนั้นหาปริมาณที่กลีเซอรีนหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล ทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อหาค่าความแม่นยำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองความแม่นยำของเซ็นเซอร์

จากการต่อวงจรโดยใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นอะแดปเตอร์ 12 V แปลงมาจากไฟ 220 V เป็นไฟเลี้ยงให้กับอาดูโน่ และ โซลินอยวาล์ว โดยใช้อาดูโน่ควบคุมโซลินอยวาล์วผ่านการจ่ายไฟของรีเลย์ โดยใช้เซ็นเซอร์ในการอ่านค่าสีและ Arduino ในการประมวลผล ใช้รีเลย์ในการเปิดปิดโซลินอยล์วาล์ว ใช้โซลินอยล์วาล์วในการหยุด และจ่ายน้ำมัน หลังจากผ่านกระบวนการทำงานแล้ว เมื่อต่อวงจรทั้งหมดเกิดปัญหาการไม่เสถียรของวงจรเนื่องจากมีการรบกวนกันระหว่างอาดูโน่กับโซลินอยวาล์ว

การทดลองวิจัยครั้งที่ 1 ด้วยการเพิ่มอุปกรณ์ คาปาซิเตอร์ ขนาด 3000 ไมโครฟารัด 16 โวลต์ ในการกรองสัญญานรบกวน โดยการต่อคร่อมขนานกับโซลินอยล์วาล์ว ที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบสนามไฟฟ้าที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวนโดยมีค่าประจุไฟฟ้าฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน ทำให้กระแสเรียบและปัญหาสัญญาณรบกวนหายไป [5] แต่ยังคงพบปัญหาเกี่ยวกับการไม่เสถียรของวงจรอยู่เหมือนเดิม

การทดลองวิจัยครั้งที่ 2 ได้มีการเพิ่มอุปกรณ์ คาปาซิเตอร์ ขนาด 103 K 630 โวลต์ ในการกรองสัญญานรบกวน [6] ทำการต่อ คาปาซิเตอร์ ทั้งหมด 3 จุดด้วยกันดังนี้ จุดที่ 1 ต่อ คาปาซิเตอร์ ขนานกับ รีเลย์ ตรงทางด้าน output ของ รีเลย์ จุดที่ 2 ต่อ คาปาซิเตอร์ ขนานกับ อาดูโน่ ทางด้านที่จ่ายไฟให้กับ รีเลย์ จุดที่ 3 ต่อ คาปาซิเตอร์ ขนานกับ โซลินอยล์วาล์ว ซึ่งตัวอุปกรณ์ คาปาซิเตอร์ ในทั้งทั้ง 3 จุดนั้นจะทำหน้าที่ในการกรองสัญญาณรบกวน เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้ามาให้กับตัวอุปกรณ์ [7] แต่พบว่าเมื่อทำการต่อขนาน คาปาซิเตอร์ ของอุปกรณ์ทั้ง 3 จุดแล้วยังคงพบปัญหาการรบกวนสัญญาณอยู่

การทดลองวิจัยครั้งที่ 3 ได้มีการปรับการใช้อุปกรณ์จาก รีเลย์แบบปกติปรับเป็นโซลิดสเตทรีเลย์ ซึ่งทำให้ปัญหาสัญญาณรบกวนหายไป [5] แต่ยังคงพบปัญหาเกี่ยวกับการทำงานของโซลินอยล์วาล์วที่เปิดแล้วไม่สามารถปิดโดยอัตโนมัติ เนื่องจากเมื่ออาดูโน่ตัดกระแสไฟที่จ่ายไปยังโซลิดสเตทรีเลย์แต่ยังคงมีกระแสไฟหลงเหลืออยู่ในวงจร จึงไม่สามารถปิดโดยอัตโนมัติได้ถ้าต้องการให้ปิดอัตโนมัติจำเป็นต้องตัดกระแสที่ไหลถายในวงจรให้หมดเสียก่อน ความแตกต่างของโซลิดสเตทรีเลย์และรีเลย์ปกติคือ โซลิดสเตทรีเลย์ไม่มีหน้าสัมผัสทำให้สามารถป้องกันสัญญานรบกวนได้ [7] แต่รีเลย์แบบปกติไม่สามารถป้องกันได้เพราะมีหน้าสัมผัส

การทดลองวิจัยครั้งที่ 4 ได้มีการปรับการใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตัดต่อวงจรโดยใช้โซลิดสเตทรีเลย์ กับรีเลย์แบบปกติในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากโซลินอยล์วาล์วซึ่งทำให้ปัญหาสัญญาณรบกวนหายไปเพราะว่าตัวอุปกรณ์โซลิดสเตทรีเลย์นั้นไม่มีหน้าสัมผัสจึงทำให้ไม่มีการรบกวนระหว่างตัวอุปกรณ์ [7] และใช้รีเลย์แบบปกติในการช่วยตัดกระแสไฟฟ้าที่หลงเหลืออยู่ในระบบวงจรของโซลิตสเตทรีเลย์โดยการนำโซลิดสเตทรีเลย์ มาต่อแบบอนุกรมรีเลย์จึงสามารถทำให้โซลินอยล์วาล์วทำการเปิด และปิดแบบอัตโนมัติได้

ความแม่นยำ เกี่ยวข้องกับการวัดได้ใกล้เคียงกับ ค่าการตรวจมาตรฐานสูงสุด (Gold Standard) หรือค่าที่ตั้งใจจะวัดหรือค่าจริงหรือไม่ อีกนัยหนึ่งกล่าวได้ว่า ความแม่นยำ คือความถูกต้องของค่าที่วัดได้ เป็นความใกล้เคียงกับค่าจริงหรือใกล้เคียงกับค่าจากเครื่องมือมาตรฐาน [8] จึงนำมาใช้กับเซ็นเซอร์เพื่อทดสอบว่าเซ็นเซอร์มีความแม่นยำในการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีน โดยการทดลองความแม่นยำ ให้เซ็นเซอร์อ่านค่าขณะที่น้ำมันเคลื่อนที่ โดยทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำ

ตารางที่ 3 ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีน

ครั้งที่	มีกลีเซอรีนผสมอยู่ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ร้อยละกลีเซอรีนที่ผสมอยู่ในโอดีเซล	ร้อยละไบโอดีเซลที่ถูกต้อง	ร้อยละความแม่นยำ
1	23.84	16.48	83.52	83.52
2	17.49	12.65	87.35	87.35
3	22.25	15.55	84.45	84.45
4	25.43	17.39	82.61	82.61
5	22.25	15.55	84.45	84.45
6	36.56	23.23	76.77	76.77
7	33.38	21.65	78.35	78.35
8	31.79	20.83	79.17	79.17
9	20.66	14.60	85.40	85.40
10	22.25	15.55	84.45	84.45
เฉลี่ย	25.59	17.48	82.52	82.52

จากการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ได้ร้อยละความแม่นยำที่มากกว่า 80 จำนวน 7 ครั้ง ได้ร้อยละความแม่นยำที่น้อยกว่า 80 จำนวน 3 ครั้ง เหตุผลที่ได้ร้อยละความแม่นยำที่น้อยกว่า 80 อาจเกิดจากความผิดพลาดของเซ็นเซอร์ในการอ่านค่าสีโซลินอยล์วาล์วปิดเร็วกว่าปกติ ทำให้เหลือกลีเซอรีนอยู่มาก ร้อยละความแม่นยำที่ได้จึงน้อย ได้ค่าร้อยละความแม่นยำที่ดีที่สุดเท่ากับ 87.35 และได้ค่าเฉลี่ยร้อยละความแม่นยำเท่ากับ 82.52 ถือเป็นค่าความแม่นยำที่เชื่อถือได้ [8]

ผลการทดลองกระบวนการของการทำงานของเครื่องแยกชั้น

การทดลองกระบวนการของการทำงานของเครื่องแยกชั้น โดยการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน จนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการทำงานถือว่าสมบูรณ์ หากขัดข้องขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งถือว่าไม่สมบูรณ์ ทั้งหมด 20 ครั้ง

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 4 การทดลองกระบวนการของการทำงานของเครื่องแยกชั้น

ครั้งที่	การทำงาน	ครั้งที่	การทำงาน
1	สมบูรณ์	11	สมบูรณ์
2	สมบูรณ์	12	ไม่สมบูรณ์
3	สมบูรณ์	13	สมบูรณ์
4	สมบูรณ์	14	สมบูรณ์
5	สมบูรณ์	15	สมบูรณ์
6	สมบูรณ์	16	สมบูรณ์
7	สมบูรณ์	17	สมบูรณ์
8	สมบูรณ์	18	สมบูรณ์
9	สมบูรณ์	19	ไม่สมบูรณ์
10	สมบูรณ์	20	สมบูรณ์

จากการทดลองการทำงานเครื่องแยกชั้นทั้งหมด 20 ครั้ง พบว่าเครื่องแยกชั้นสามารถทำงานได้แบบสมบูรณ์ 18 ครั้ง และไม่สมบูรณ์ 2 ครั้ง ได้เป็นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกชั้นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยการทำงานที่สมบูรณ์เป็นการทำงานที่เครื่องแยกชั้นสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานจนเสร็จสิ้นการทำงานโดยไม่มีข้อผิดพลาดประการใด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสามารถใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับสีในการสร้างชุดอุปกรณ์การแยกชั้นผลิตไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีนและตัวเร่งปฏิกิริยาจากเถ้าไม้ลำไยในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เซ็นเซอร์สามารถแยกสีของไบโอดีเซลและกลีเซอรีนออกจากกันได้แม้จะมีสีที่คล้ายคลึงกัน โดยการต่อวงจรแบบการทดลองวิจัยครั้งที่ 4 จากการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่ามีร้อยละประสิทธิภาพของเครื่องแยกชั้นอยู่ที่ 90 และได้ค่าร้อยละความแม่นยำที่ดีที่สุดอยู่ที่ 87.35 ถือเป็นค่าความแม่นยำที่เชื่อถือได้ สามารถสร้างชุดอุปกรณ์การแยกชั้นผลิตไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรีนและตัวเร่งปฏิกิริยาจากเถ้าไม้ลำไยในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในการสร้างระบบผลิตไบโอดีเซลแบบอัตโนมัติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้จากโครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีรวมถึงอนุเคราะห์สถานที่ในการที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ตอฮีเราะห์ สะแต และคณะ. (2561). “สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเหลือทิ้ง” , ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 3.** กรุงเทพฯ.

[2] สมสุข ไตรศุภกิตติ. (2559). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันกรดดำโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**. (มกราคม - เมษายน 2559): 62-69.

[3] บพิตร ไชยนอก และคณะ. (2562). **การจำแนกสีมะม่วงด้วยเซ็นเซอร์ TCS 3200.** สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

[4] สุนทร ก้อนสินธุ ,และคณะ. (2561). **การออกแบบชุดทดลองคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเรียง โดยโมดูลแยกสีอาดูโน.** สถาบันการอาชีพศึกษากรุงเทพมหานคร, 1(2). 56-68.

[5] ศศิภา ฉัตรพงศ์พร, สัณฐิติ อยู่มาก, และคณะ. (2563). **การศึกษาพฤติกรรมสัญญาณทรานเซี้ยนต์จากชุดทดสอบสัญญาณรานเซี้ยนต์ในระบบคาปาซิเตอร์แบงค์.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์หอสมุดกลางพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

TREC-IA (MJU)

[6] ทวีศักดิ์ ขัตติยวรรณ. (2559) การเปรียบเทียบและปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว (กรณีศึกษาชุมชนบางนาค). **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.** (มกราคม – เมษายน 2559): 70 – 78.

[7] **หนังสือคู่มือพื้นฐานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.** (2021). สถาบัน Phissineeyakorn Sirison. วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2564.

[8] กิตติคุณ แสงนิล และคณะ. (2561). **ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำและความเที่ยงตรง ความสอดคล้องในวิธีการและความคลาดเคลื่อนจากการวัด ของการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย.** สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พฤศจิกายน – ธันวาคม 2561), 5(6), 1-19.

TREC-14 (MJU)

ระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ

Automatic bio-liquid fertilizer mixing system from biogas fermentation process

เมธาวัฒน์ วิชารักษ์[1] ธนาคม โพธิ[1] และรจพรรณ นิรัญศิลป์[1*]
Methawat Wicharak [1] Thanakom Poeth[1] and Rotjapun Nirunsin[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

One of the advantages of biogas production (composting of manure and food waste) is the use of the biogas. sludge or overflow as an organic fertilizer that can be used to feed vegetables or improve the soil. Therefore, the objective of this research was to design, build and test an automatic bio-fertilizer mixing system for a 1,000-L biogas reactor. The intelligent system was designed and built by controlling the system (consisting of the main electronic devices, namely a solenoid valve, a clock module, and an operation display) using an Arduino UNO R3 microcontroller. The workflow of the system started by automatically fetching the sludge from the digester and then mixing it with clean water at a ratio of 1:20 every 3 days to produce the biofertilizer. Thereafter, the fertilizer was distributed to the vegetable beds at 5 pm. The results of the operational study of the system showed that the system could operate with a high accuracy of 97% and the performance of the system was 90%. Therefore, it could be concluded that this biofertilizer mixing system worked and it can be also applied to use at community usage.

Keywords: Biogas, Microcontroller, Bio-fertilizer, Food waste

บทคัดย่อ

ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลสัตว์และเศษอาหารก่อให้เกิดกากและน้ำล้นที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยอินทรีย์บำรุงพืชผักและดินได้อย่างดี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติที่ได้จากกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพในระบบขนาด 1,000 ลิตร โดยทำการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เขียนคำสั่งควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการจัดทำระบบอัตโนมัติข้างต้น ได้แก่ รีเลย์ โซลินอยด์วาล์ว โมดูลนาฬิกา และจอแสดงผลการทำงานของระบบ ขั้นตอนการทำงานกำหนดให้ระบบมีการนำน้ำล้นจากถังหมักก๊าซชีวภาพมาผสมกับน้ำสะอาดเพื่อให้ได้เป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตราส่วน 1:20 โดยทำการตั้งเวลาให้ทำการผสมอัตโนมัติทุก 3 วัน ซึ่งจะมีการจ่าย
ปุ๋ยน้ำชีวภาพดังกล่าวออกสู่แปลงพืชผักผ่านมินิสปริงเกอร์ที่เวลา 17.00 น. โดยอัตโนมัติเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่าระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีการทำงานที่แม่นยำคิดเป็นค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการทำงานของระบบอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ จึงเห็นได้ว่าระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพนี้สามารถทำงานได้จริง มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในชุมชนได้

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ปุ๋ยน้ำชีวภาพ, เศษอาหาร

บทนำ

กากที่ได้จากการหมักมูลสัตว์ และเศษอาหารในบ่อก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยในการปรับปรุงบำรุงดินได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการหมักมูลสัตว์ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนจะทำให้สารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในมูลสัตว์ถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในภาพที่พืชนำไปใช้ ได้ง่ายส่วนธาตุอาหารหลักได้แก่ ฟอสฟอรัส รวมถึงธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชก็ยังคงมีอยู่ในกากที่ย่อยแล้ว[1] กากบ่อล้นที่ได้จากการหมักบ่อก๊าซชีวภาพจึงสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีแล้ว ก็จะทำให้โครงการสร้างของดินดีขึ้นหรือดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นผลของการใช้น้ำล้นจากบ่อก๊าซ

IREC-14 (MJU)

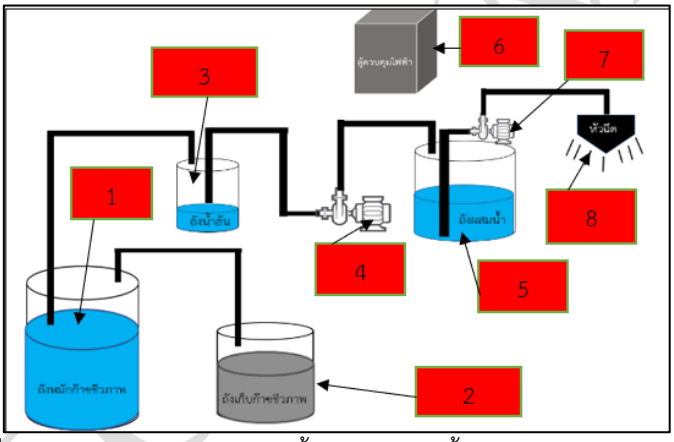
ชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลสุกรสามารถนำมาใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับพืชได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกในดิน โดยไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหารและโรคแก่พืชที่ปลูกแต่อย่างใด [2]

ในชีวิตประจำวัน ระบบอัตโนมัติ biogas system ได้เข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก และยังเป็นระบบการทำงานที่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาและเติบโตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ จึงมีประโยชน์ในการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ สาธารณะ ลดกลิ่นเหม็น ได้ปุ๋ยชีวภาพไปใช้ในการเกษตร ได้พลังงานทดแทน และยังช่วยลดภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำเศษอาหารที่ได้จากการหมักก๊าซชีภาพโดยการใช้น้ำล้นจากการหมักก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นปุ๋ยน้ำ ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ มาเป็นตัวควบคุมอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ เนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลายโดยวงจรที่ใช้คือการเขียนคำสั่งให้มีการทำงานในระบบควบคุมการทำงาน 3 วันต่อ 1 ครั้ง ในเวลา 17.00 น.

วิธีการวิจัย

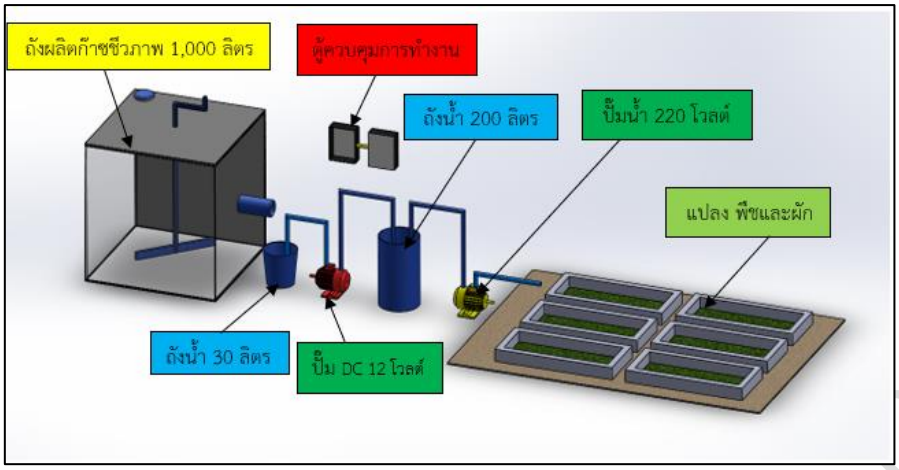
ระบบการให้ปุ๋ยอัตโนมัติจากน้ำล้นของการหมักก๊าซชีวภาพทำการออกแบบระบบการให้ปุ๋ยอัตโนมัติจากน้ำล้นเพื่อเป็นการนำน้ำล้นที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ (1) ถังหมักก๊าซชีวภาพ 1,000 ลิตร (2) ถังเก็บก๊าซชีวภาพ (3) ถังเก็บน้ำล้น 30 ลิตร (4) ปั๊มน้ำ DC 12 โวลต์ (5) ถังผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพ 200 ลิตร (6) ตู้ควบคุมระบบการทำงาน (7) ปั๊มน้ำ AC 1 แรงม้า (8) มินิสปริงเกอร์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 3 การออกแบบระบบผสมปุ๋ยน้ำอัตโนมัติจากน้ำล้นของการหมักก๊าซชีวภาพ

การออกแบบและสร้างระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติ

การออกแบบและสร้างระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ โดยการศึกษาแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำการออกแบบและสร้างระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อการให้ปุ๋ยแก่พืชและผัก ให้มีประสิทธิภาพและอัตราการให้ปุ๋ยที่เหมาะสม ส่วนที่ 2 ปุ๋ยน้ำล้นชีวภาพได้มาจากการนำเศษอาหารที่เหลือในครัวเรือนนำมาหมักในถังผลิตก๊าซชีวภาพ 1,000 ลิตร และกลั่นออกมาเป็นน้ำหมักลงในถัง 30 ลิตร ส่วนที่ 3 [4] ทดสอบระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพโดยการผสมน้ำล้นที่มาจากกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพอัตราส่วน 1:20 จำนวน 10 ลิตร และ น้ำสะอาด จำนวน 200 ลิตร ในการผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อให้ปุ๋ยน้ำแก่ พืช ผัก และทำการให้น้ำโดยการทำงานอัตโนมัติ เวลาทำงาน 17.00 น. ทำงาน 3 วัน/1 ครั้ง [5] ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 4 โมเดลการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ

การทำงานของระบบจะเริ่มจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวสั่งการทำงานของระบบ จากนั้นปั๊มน้ำ DC จะเริ่มทำการดูดน้ำหมักจากถัง 30 ลิตร จำนวน 10 ลิตร เข้าสู่ถังน้ำ 200 ลิตร ในเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นโซลินอยล์วาล์วจะทำการปล่อยน้ำเข้าถัง 200 ลิตร เพื่อทำการผสมปุ๋ยน้ำ 1:20 พอน้ำขึ้นถึงระดับลูกลอย high ที่ตั้งไว้ รีเลย์จะตัดการทำงานของโซลินอยล์วาล์วหลังจากน้ำปั๊มน้ำ AC 1 แรงม้า จะดูดน้ำที่ผสมแล้วจากถัง 200 ลิตร ไปยังมินิสปริงเกอร์จำนวน 48 ตัว เพื่อรดน้ำพืชและผักจนกว่าน้ำจะถึงลูกลอย Low ที่ตั้งไว้ปั๊มน้ำ AC 1 แรงม้า จะตัดการทำงานทำให้สิ้นสุดกระบวนการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ

ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคุมควบการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่มีความสามารถในการประมวลผลและตัดสินใจต่าง ๆ สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี เหมาะกับการนำไปใช้ในงานควบคุมต่าง ๆ ซึ่งภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต และวงจรสัญญาณนาฬิกา เหมือนกับนำระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กบรรจุไว้ในไอซีตัวเดียว ทำให้สามารถที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ รีเลย์ โซลินอยวาล์ว เปิด-ปิดปั๊มน้ำ และไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำงานตามคำสั่งเงื่อนไขตัวแปรตามลำดับขั้นตอนที่เขียนโปรแกรมไว้เสมอ การใช้งานตัวแปรให้ถูกประเภทนั้นมีความสำคัญต่อความถูกต้องและความรวดเร็วในการประมวลผลมาก โดยสัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นแบบ Analog ป้อนไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผล เมื่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ทำการวัดตรงตามเงื่อนไข ก็จะทำการส่ง Logic ไปยัง รีเลย์ เพื่อทำการเปิดการทำงานของระบบที่ทำการป้อนคำสั่งไว้ [6]

ผลการวิจัยและอภิปลายผลการวิจัย

ผลการทดลองกระบวนการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติ

การทดลองกระบวนการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพโดยการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน จนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการทำงานถือว่าสมบูรณ์ หากขัดข้องขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งถือว่าไม่สมบูรณ์ ทดลองทั้งหมด 20 ครั้ง [7]

ตารางที่ 5 การทดลองการทำงานของระบบ

ครั้งที่	การทำงาน	ครั้งที่	การทำงาน
1	สมบูรณ์	11	สมบูรณ์
2	สมบูรณ์	12	ไม่สมบูรณ์
3	สมบูรณ์	13	สมบูรณ์
4	สมบูรณ์	14	สมบูรณ์

5	สมบูรณ์	15	สมบูรณ์
6	สมบูรณ์	16	สมบูรณ์
7	สมบูรณ์	17	สมบูรณ์
8	สมบูรณ์	18	สมบูรณ์
9	ไม่สมบูรณ์	19	สมบูรณ์
10	สมบูรณ์	20	สมบูรณ์

จากการทดลองการทำงาน 20 ครั้ง พบว่าระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติสามารถทำงานได้แบบสมบูรณ์ 18 ครั้ง และไม่สมบูรณ์ 2 ครั้ง คิดเป็นประสิทธิภาพการทำงานของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติได้ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยการทำงานที่สมบูรณ์ ระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานจนเสร็จสิ้นการทำงานโดยไม่มีข้อผิดพลาดประการใด การทำงานที่ไม่สมบูรณ์ คือ ระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพไม่สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน จนเสร็จสิ้นการทำงาน โดยเกิดข้อผิดพลาดคือการที่ปั๊มน้ำ AC 1 แรงม้า ไม่หยุดการทำงาน

ผลการทดลองหาความแม่นยำของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติ

ความแม่นยำ ได้จากการวัดปริมาณน้ำที่ค้างอยู่ในถังและนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานจึงนำมาใช้กับระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อทดสอบว่ามีความแม่นยำในการให้อัตราน้ำและปุ๋ยได้ตามต้องการโดยทำการทดลอง 10 ครั้งแล้วนำมาหาค่าความแม่นยำ [8]

ตารางที่ 6 ผลการทดลองความแม่นยำของระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติ

ครั้งที่	น้ำค้างในถัง (เปอร์เซ็นต์)	ความแม่นนยำ (เปอร์เซ็นต์)
1	5	97.52
2	5	97.52
3	6	97.02
4	5	97.52
5	5	97.52
6	6	97.02
7	5	97.52
8	7	96.02
9	6	97.02
10	5	97.52

จากการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ในแต่ละครั้งมีปุ๋ยน้ำชีวภาพค้างอยู่ในถัง 200 ลิตร ประมาณ 5% ได้ร้อยละความแม่นยำที่มากกว่า 97.52 จำนวน 6 ครั้ง น้ำค้างในถัง 6% ได้ร้อยละความแม่นยำที่ 97.02 และน้ำค้างในถัง 7% ได้ร้อยละความแม่นยำที่ 96.02 เหตุผลที่มีน้ำขังในถัง เพราะปั๊มน้ำไม่สามารถดูดปุ๋ยน้ำที่ต่ำกว่าท่อดูดน้ำได้ ทำให้เหลือน้ำในถังประมาณ 5% ได้ค่าร้อยละความแม่นยำที่ดีที่สุดเท่ากับ 97.52 และค่าร้อยละความแม่นยำที่แย่ที่สุดเท่ากับ 96.02 ได้ค่าร้อยละความแม่นยำเท่ากับ 97.22 ถือเป็นค่าความแม่นยำที่เชื่อถือได้ [9]

ผลการทดลองความแม่นยำของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผสมในถัง 200 L

ทดลองนำน้ำล้น 10 ลิตร ไปผสมน้ำในถัง 200 ลิตร เพื่อหาความแม่นยำของปุ๋ยน้ำชีวภาพ

$$\% \text{ ความแม่นยำ } \frac{(200-10)}{200} \times 100 = 95 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

TREC-14 (MJU)

ความแม่นยำที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ได้จากทำงานไม่เสถียรเนื่องจากตอนปั๊มน้ำ DC ทำงาน เกิดไฟกระชากทำให้กระแสไฟฟ้าไปควบคุมรีเลย์ไม่เพียงพอทำให้การทำงานของระบบไม่สมบูรณ์ และได้ค่าความแม่นยำน้อย จึงเพิ่ม Switching Power Supply 12 โวลต์ 16.5 แอมป์ แบ่งแยก Power Supply โดยเอาปั๊ม DC ไปแยกไว้กับ Power Supply 12 โวลต์ 16.5 แอมป์ เพื่อให้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับปั๊มน้ำ DC จึงสามารถทำให้ระบบทำงานได้ และได้ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุด บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผล เมื่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ทำการวัดตรงตามเงื่อนไข ก็จะทำการส่ง Logic ไปยัง รีเลย์ เพื่อทำการเปิดการทำงานของระบบที่ทำการป้อนคำสั่งไว้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ เป็นระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติจากน้ำล้นของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากถังหมัก 1,000 ลิตร โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 โซลินอยด์วาล์ว รีเลย์ และปั๊มน้ำ จากการทดลองจำนวน 10 ครั้ง พบว่าระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพอัตโนมัติที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีการทำงานที่แม่นยำคิดเป็นค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการทำงานของระบบอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ จึงเห็นได้ว่าระบบผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพนี้สามารถทำงานได้จริง มีความแม่นยำ สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบขึ้นมาใช้งานจริงในการผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีศักยภาพสูงที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแปลงพืชผัก และเพิ่มความสะดวกแก่การนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ได้ในการปลูกพืช

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนโครงงานจาก โครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี และขอขอบคุณ โคกหนองนาโมเดล ต.ป่าไผ่ ที่ให้สถานที่ในการวิจัย สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] นางสาวขวัญฤทัย ตรังคสัญชัย. (2558). **Biogas**. สืบค้นวันที่ 30 กันยายน 2563. จาก https://energyvision.co.th.

[2] นายสมเกียรติ สุวรรณคีรี. (2547). **ปุ๋ยน้ำชีวภาพ Bio-Extract / Bio-fertilizer**. ข่าวสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 8, 5.

[3] บริษัท ไชยเจริญเทค. (2560). **ระบบอัตโนมัติ เครื่องจักรอัตโนมัติ กับการใช้ชีวิตของมนุษย์ปัจจุบัน**. สืบค้นวันที่ 30 กันยายน 2563. จาก https://www.chi.co.th/article/article-1148/.

[4] สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2557). **การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ . กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

[5] อัฉริยมนตรี, อัตถ์. (2561). **การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเศษวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

[6] วิโรจน์ กิตติวรปรีดา. (2556). **เอกสารประกอบการสอน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์**, ราชบุรี : วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี.

[7] อลงกต กองมณี และพัชรี ยางยืน. (2558). **การผสมผสานการให้ปุ๋ยในระบบน้ำและภูมิอากาศเฉพาะแห่ง(รายงานผลการวิจัย)**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[8] S. Hong, L. Haojie, et al. (2018). **Performance test and parameter optimization of variable spraying liquid fertilizer machine**, 51(17), 118-123.

[9] กิตติคุณ แสงนิล และคณะ. (2561). **ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำและความเที่ยงตรง ความสอดคล้องในวิธีการและความคลาดเคลื่อนจากการวัด ของการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย**. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(พฤศจิกายน – ธันวาคม 2561), 5(6), 1-19.

IREC-14 (MJU)

การพัฒนาใบกวนและประยุกต์ใช้สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น

Stirrer development and application for heterogeneous catalyst in trans-esterification tank

เอกราช ขอบขันคำ[1] สิทธิชัย ดีจันทร์[1] และรจพรรณ นิรัญศิลป์[1*]
Aekkarach Khopkhankham[1] Sittichai Deechan[1] Rotjapun Nirunsin[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

Stirring rate is one of the most important production parameters affecting the biodiesel production process because if the transesterification reaction is stirred at a high and thorough rate, it will result in high yield and quality. Therefore, the aim of this study was to increase the efficiency of a 30-L biodiesel reactor by using agitators (PROPELLER 2 BLADE and 4 BLADE TURBINE) in the reaction tank. The experiments were carried out under the same conditions, i.e., methanol to oil molar ratio of 9:10, reaction temperature of 65 °C, stirring speed of 288 rpm, and reaction time of 2 h. The results showed that using a PROPELLER 2 BLADE as an agitator in the reaction tank was more efficient than using a 4 BLADE TURBINE as it gave a higher biodiesel yield of 65.23% with better properties (within standard ranges), namely pH 7, viscosity 5.8 cSt, density 880 kg/m^3 and acid value 0.50 mg KOH/g oil, while the 4 BLADE TURBINE agitator only gave a biodiesel yield of 54.40% with some qualities that exceeded the standard (pH 7, viscosity 28.8 cSt, density 910 kg/m^3 and acid value 1.50 mg KOH/g oil). Thus, this study has shown that the use of PROPELLER 2 BLADE agitator could increase the efficiency of biodiesel production due to its high yield and good properties. Moreover, this work can be further developed for use in other biodiesel machines.

Keyword: Transesterification, Biodiesel, yield, Agitators

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล อัตราส่วนการกวนผสมสารถือว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยามีความสมบูรณ์มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสูงและมีคุณภาพดี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำใบกวนมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในขั้นตอนการผสมสารไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเถ้าไม้ลำไย โดยทำการติดตั้งใบกวน 2 รูปแบบ คือ แบบ Propeller 2 blade และ 4 blade turbine ในถังทำปฏิกิริยาเครื่องต้นแบบผลิตไบโอดีเซลขนาด 30 L ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น ภายใต้เงื่อนไขการใช้อัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:10 อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 65 °C

ใช้อัตราการกวนผสม 288 rpm และระยะเวลาการผลิต 2 hr ผลพบว่าการผลิตไบโอดีเซลที่มีการใช้ใบกวนแบบ Propeller 2 blade มีประสิทธิภาพมากกว่า 4 blade turbine เนื่องจากให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกรมธุรกิจพลังงานกำหนด โดยทำให้เกิดผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด 65.23% มีค่าpH 7 ค่าความหนืด 5.8 cSt ค่าความหนาแน่น 880 kg/m^3 และค่าความเป็นกรด 0.50 mg KOH/g oil ในขณะที่การใช้ใบกวนแบบ 4 blade turbine ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด 54.40% มีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ค่าความหนืด 28.8 cSt ค่าความหนาแน่น 910 kg/m^3 และค่าความเป็นกรด 1.50 mg KOH/g oil ซึ่งเห็นได้ว่าให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่มีค่าคุณสมบัติเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ข้อสรุปว่าการประยุกต์ใช้ใบกวนแบบ Propeller 2 blade และ ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอดีเซลได้เพราะให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงและมีคุณสมบัติที่ดี สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดใช้ในเครื่องผลิตไบโอดีเซลอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: ใบกวน, เถ้าไม้ลำไย, ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น, ผลผลิตไบโอดีเซล

บทนำ

TREC-14 (MJU)

ในปัจจุบันในประเทศไทยได้ให้หันมาให้ความสำคัญในเรื่องการสนับสนุน ให้คนหันมาใช้ไบโอดีเซล เพราะไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกและเป็นพลังงานที่สะอาด ซึ่งไบโอดีเซลสามารถช่วยลดปัญหาเรื่องมลพิษได้ อย่างเช่นฝุ่นละออง PM 2.5 ฝุ่นละอองจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่เป็นควันพิษเข้าสู่ร่างกาย เช่น แคดเมียม ปรอท โลหะหนัก และสารก่อมะเร็งอื่น ๆ และประเด็นสำคัญคือ ราคาของไบโอดีเซลนั้นมีราคาที่ถูกกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ผู้ใช้รถสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย [1]

ในกลุ่มพลังงานทดแทน ไบโอดีเซลได้เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซลที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ลดการปล่อยมลพิษของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหามลพิษทางอากาศ อีกทั้งยังสามารถผลิตจากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันใช้แล้วจากภาคครัวเรือนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและเป็นการกำจัดของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่สิ่งของเหลือทิ้ง ในขณะเดียวกันกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอก (NaOH) ที่ให้ผลผลิตสูงและมีราคาถูก ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาเบสนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธุ์ (Homogeneous catalyst) หรือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารตั้งต้น จึงมักประสบปัญหาในการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ โดยต้องใช้น้ำล้างปริมาณมากส่งผลให้เกิดน้ำเสีย อีกทั้งไม่สามารถนำกลับมาผลิตในครั้งต่อไปได้ [1] มีคนวิจัยที่ประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสของแข็ง สำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยจะเป็นอีก แนวทางหนึ่งเพื่อลดปัญหาน้ำเสียที่,เกิดจากขั้นตอน การล้างตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยา ของแข็งสามารถกำจัดออกจากผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ได้ง่ายโดยการกรอง ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสของแข็ง สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่มคือตัวเร่งปฏิกิริยาเบส ของแข็ง และตัวเร่งปฏิกิริยาเบสบนตัวรองรับของแข็ง สำหรับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสของแข็งที่นิยมเป็นโลหะออกไซด์ [2]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาใบกวนให้มีขนาดเหมาะสมกับถังปฏิกิริยา 30 l ให้มีการกวนทั่วถึงเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพไบโอดีเซลโดยใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์กับน้ำมันพืชที่ใช้แล้วทำปฏิกิริยากันได้ดีเพื่อลดการกวนที่ไม่สม่ำเสมออีกทั้งยังสามารถทำให้ไบโอดีเซลมีประสิทธิภาพและมีสารเจือปนน้อย

วิธีการวิจัย

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วในชุมชนโดยใช้ขี้เถ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับเมทานอลในการผลิตด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น ทำให้ได้เงื่อนไขที่ดีที่สุดทั้งความร้อนที่ใช้ในการแคลไซน์หรือให้ความร้อนซ้ำกับเถ้าและอัตราส่วนโดยโมล เมทานอลต่อน้ำมัน รวมถึงปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม โดยจะมีกระบวนการผลิตดังนี้

ขั้นตอนแรกนำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมากรองเศษตะกอนจากนั้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก 10 kg และนำไปไล่ความชื้นก่อนที่จะนำไปทำปฏิกิริยา โดยจะไล่ความพืชในน้ำมันที่อุณหภูมิ 120 °C โดยการทดลองใบกวนทั้ง 2 รูปแบบ Propeller 2 blade และ4 blade turbine จะใช้การทดลองแบบเงื่อนไขเดียวกันคือ อัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:10 อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 65 °C ใช้อัตราการกวนผสม 288 rpm จากนั้นเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ เถ้าไม้ เผาที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 4 hr จะให้เถ้า 1 kg ในการทำปฏิกิริยา และใช้เมทานอล 10.373 kg เมทานอล และเถ้าจะชั่งน้ำหนัก ก่อนปล่อยลงสู่ถังถังปฏิกิริยา เนื่องจากเถ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ดังนั้นในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการสัมผัสอย่างทั่วถึงจึงจะใช้ใบพัดที่ผลิตขึ้นมาใหม่เพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาให้ดียิ่งขึ้น หลังจากที่มีการทำปฏิกิริยาเรียบร้อยแล้ว เมื่อถึงขั้นตอนของการแยกชั้นเถ้าจะเร่งกลีเซอรีนเกิดการตกตะกอนได้ดีและไวขึ้น เมื่อปล่อยกลีเซอรีนออกจากระบบแล้ว จะมีการส่งน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปยังถังล้าง โดยจะล้าง 1 ครั้ง โดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 40 °C ก่อนจะถูกส่งไปยังถังเก็บไบโอดีเซล จากนั้นจึงทำการวัดค่า Yield biodiesel ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเตอร์ (%Yield) ที่ได้จากกระบวนการการผลิตไบโอดีเซลโดยสามารถคำนวณจากสมการที่ 1[3] เพื่อต้องการหาข้อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade และใบกวนแบบกังหัน 4 blade turbine ว่าแตกต่างกันอย่างไร

สมการที่ 1 สมาการคำนวณหาค่า Yield biodiesel

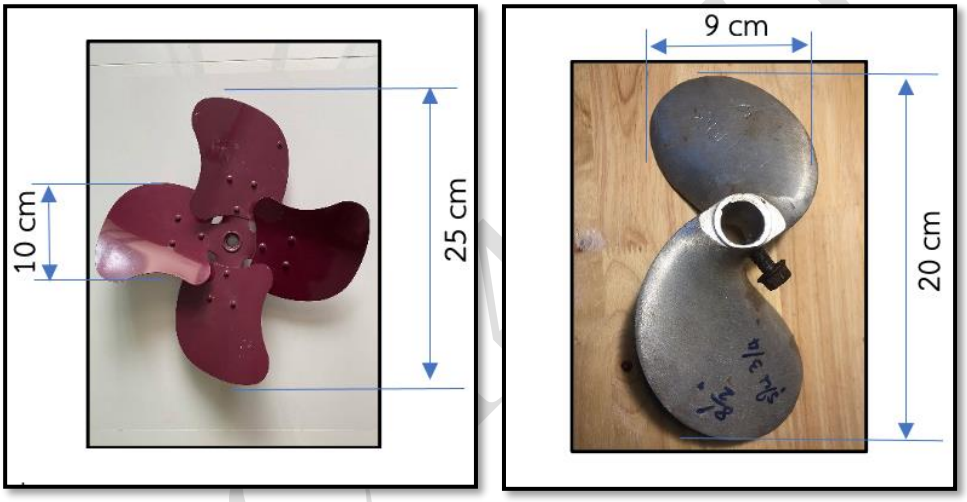
$$\text{ร้อยละผลผลิต}(\%) = \frac{\text{น้ำหนักของไบโอดีเซลที่ผลิตได้}(\text{g})}{\text{น้ำหนักของน้ำมันวัตถุดิบเริ่มต้น}(\text{g})} \text{x } 100$$

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานคุณสมบัติของไบโอดีเซล

คุณสมบัติ	หน่วย	อัตราสูง-ต่ำ	วิธีทดสอบคุณสมบัติ
ความเป็นกรด (Acid Number)	(mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า 0.50	ASTM D664
ความหนืด ที่ 40°C	(cSt)	ไม่ต่ำกว่า 3.5-5.0	ASTM D445
ความหนาแน่น ที่ 15 °C	(kg/m^3)	ไม่ต่ำกว่า 860-900	ASTM D1298

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์ผลการทดลองจากงานวิจัยเรื่องการพัฒนาใบกวนและประยุกต์ใช้สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นเข้าสู่กระบวนการผลิตไบโอดีเซล ได้ทำการพัฒนาใบพัด 2 รูปแบบ ภาย คือ ใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade และใบกวนแบบกังหัน 4 blade turbine จะเป็นการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นภายใต้ถังปฏิกิริยา 30 L โดยใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เมทานอล เถ้าไม้ลำไยที่ผ่านการเผาแล้ว 900 °C โดยที่จะใช้เงื่อนไขที่เหมือนกัน ในการผลิตไบโอดีเซล



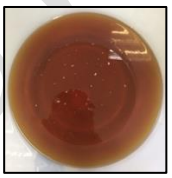
ภาพที่ 1 ใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade ใบกวนแบบกังหัน 4 blade turbine

การปรับแต่งใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade เข้ากับการผลิตไบโอดีเซลในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น 30 L โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm โดยต้องคำนึงถึงขนาดของใบพัดท้ายเรือให้เหมาะสมกับถังปฏิกิริยา 30 L โดยจะมีขนาดความยาว 20 cm หน้าตัดกว้าง 9 cm ซึ่งใบพัดจะต้องมีขนาด 40-70% ของเส้นผ่าศูนย์กลางภาชนะ จะทำให้การหมุนของใบพัดท้ายเรือสนับสนุนการกวนของเหลวที่มีลักษณะหนืดให้มีประสิทธิภาพ ใบพัดท้ายมีลักษณะการหมุนทำให้ของเหลวกระจายตัวจากข้างบนลงข้างล่างถังแล้วจะวนขึ้นจากขอบถังขึ้นมาข้างบนขอบถัง โดยใช้ความเร็วรอบ 288 rpm ซึ่งรูปแบบและหลักการหมุนเหมาะสมสำหรับนำใบพัดมาใช้มากวนภายในถังปฏิกิริยาสอดคล้องกับงานวิจัยเครื่องกวนสารที่มีความหนืดสูง ของนายวรวิทย์ วรนาวิน ซึ่งใช้ใบพัดแบบ 2 แฉกกวนสารที่มีความหนืดอย่างน้ำมะขามเปียกและส่งผลให้มีปฏิกิริยาดีขึ้น โดยใช้ความเร็วรอบที่ 30-500 rpm [4] และใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade

การปรับแต่งใบพัดดูดอากาศให้เข้ากับการผลิตไบโอดีเซลในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น 30 L โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm โดยต้องคำนึงถึงขนาดของใบกวนแบบกังหัน 4 blade turbine ให้เหมาะสมกับถังปฏิกิริยา 30 L โดยจะมีขนาดความยาว 41 cm ปรับแต่งให้ได้ 25 cm หน้าตัดกว้าง 14 cm ปรับแต่งให้ได้ 10 cm ซึ่งใบพัดจะต้องมีขนาด 40-70% ของเส้นผ่าศูนย์กลางภาชนะ จะทำให้การหมุนของใบพัดดูดอากาศส่งเสริมการกวนของเหลวที่มีลักษณะหนืดให้มีประสิทธิภาพ ใบพัดท้ายมีลักษณะการหมุนทำให้ของเหลวกระจายตัวจากข้างบนลงข้างล่างถังแล้วจะวนขึ้นจากขอบถังขึ้นมาข้างบนขอบถัง โดยใช้ความเร็วรอบ 288 rpm ซึ่งรูปแบบและหลักการหมุนเหมาะสมสำหรับนำใบพัดมาใช้มากวนภายในถัง

ปฏิกิริยาสอดคล้องกับงานวิจัยเครื่องกวนน้ำมะขามเปียก ของนายวรวิทย์ วรนาวิน ซึ่งใช้ใบพัด 4 แฉกแบบ Axial flow กวนสารที่มีความหนืดอย่างน้ำมะขามเปียกและส่งผลให้มีปฏิกิริยาดีขึ้น โดยใช้ความเร็วรอบที่ 30-500 rpm [4] และใบกวนแบบกังหัน 4 blade turbine

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของใบกวน Propeller 2 blade และใบกวนแบบ 4 blade turbine

รูปแบบใบพัด	อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน	เถ้าไม้ลำไย + เมทานอล						
		ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	ผลผลิตไบโอดีเซล	pH	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g)	ค่าความหนืด(cSt)	ลักษณะน้ำมันไบโอดีเซล
Propeller 2 blade	9:10	10%	65.23%	7	880	0.5	5.8	
4 Blade turbine	9:10	10%	54.40%	7	910	1.50	28.8	

ผลการวิเคราะห์ค่า %Yield ของน้ำมันไบโอดีเซล

พบว่าผลผลิตของน้ำมันไบโอดีเซลทั้งหมดที่ผลิตได้เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นภายในถังปฏิกิริยา ซึ่งจะใช้ใบกวนทั้ง 2 รูปแบบ Propeller 2 blade และ 4 Blade turbine ได้ผลผลิตไบโอดีเซล 65.23% และ 54.40% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการติดตั้งใบกวนทั้ง 2 แบบ ส่งผลดีในการกระจายตัวเพื่อเร่งปฏิกิริยาภายในถังปฏิกรณ์แต่การมีใบพัดเยอะจะส่งผลดีในการผลิตไบโอดีเซลในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จึงไม่เหมาะสมกับถังปฏิกิริยาขนาดเล็กซึ่งจะทำให้สารเคมีทะลักหรือระเหยออกได้ [6] สอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ลักษณะใบกวนแบบ 45^0 Two-blade Paddle ร่วมกับ 6 - Blade disc turbine

ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซล

ผลพบว่าจากงานวิจัยใบกวนทั้ง 2 แบบ ได้ค่า pH 7 ทั้ง 2 แบบ ซึ่งค่า pH ของใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade และ ใบกวนแบบกังหัน 4 Blade turbine อยู่ในค่ามาตรฐานไบโอดีเซล [7] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมธุรกิจพลังงานที่ได้ทดสอบคุณสมบัติไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อทดสอบค่า pH ที่เหมาะสมต่อเครื่องยนต์ของไบโอดีเซล และพบว่าค่า pH ของไบโอดีเซลอยู่ที่ 7 ซึ่งมีสถานะเป็นกลาง เป็นมาตรฐานที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซล

ผลพบว่าจากงานวิจัยใบกวนทั้ง 2 รูปแบบ ได้ค่าความหนาแน่น 880 kg/m3 และ 910 kg/m3 ตามลำดับซึ่งค่าความหนาแน่น 880 kg/m^3 ของใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade อยู่ในค่ามาตรฐานไบโอดีเซล ส่วนใบกวนแบบกังหัน 4 Blade turbine ได้ค่าความหนาแน่น 910 kg/m3 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อยแต่ยังอยู่ใกล้ค่ามาตรฐานซึ่งอยู่ในช่วงที่นำมาต่อยอดได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำมันไบโอดีเซล

ผลที่ได้ต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.5 mg KOH/g [7] ดังนั้นจากตารางที่ 1.1 ผลพบว่าจากงานวิจัยใบกวนทั้ง 2 รูปแบบ ให้ค่าความเป็นกรด 0.5 mg KOH/g และ 1.496 mg KOH/g ตามลำดับซึ่งค่าความเป็นกรด 0.5 mg KOH/g ของใบกวนแบบ

TREC-14 (MJU)

ใบพัด Propeller 2 blade อยู่ในค่ามาตรฐานไบโอดีเซล [7] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมธุรกิจพลังงานที่ได้ทดสอบคุณสมบัติไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อทดสอบความเป็นกรดที่เหมาะสมต่อเครื่องยนต์ของไบโอดีเซลและพบว่าค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลอยู่ที่ 0.5 mg KOH/g เป็นช่วงมาตรฐานที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี ส่วนใบกวนแบบกังหัน 4 Blade turbine ได้ค่าความเป็นกรด 1.496 mg KOH/g เกินค่ามาตรฐานมากซึ่งจะส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์จึงไม่สามารถนำมาต่อยอดได้ แสดงว่าใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade (แบบเดิม) ส่งผลดีต่อการเร่งปฏิกิริยาทำให้ค่าความเป็นกรดของน้ำมันไบโอดีเซลทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล

ซึ่งผลที่ได้ต้องให้ค่าในช่วง 3.5 – 5.0 cSt. [7] ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C ดังนั้นจากตารางที่ 4.1 ผลพบว่าจากงานวิจัยใบกวนทั้ง 2 รูปแบบ ให้ค่าความหนืด 5.8 cSt. และ 28.8 cSt. ตามลำดับซึ่งค่าความหนืด 3.5 – 5.0 cSt. ของใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade เกินค่ามาตฐานไบโอดีเซลเล็กน้อยแต่สามารถนำไปต่อยอดได้ [7] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมธุรกิจพลังงานที่ได้ทดสอบคุณสมบัติไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อทดสอบความเป็นกรดที่เหมาะสมต่อเครื่องยนต์ของไบโอดีเซล ส่วนใบกวนแบบกังหัน 4 Blade turbine ได้ค่าความเป็นกรด 28.8 cSt. เกินค่ามาตรฐานมากซึ่งจะส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์จึงไม่สามารถนำมาต่อยอดได้ แสดงว่าใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade ส่งผลดีต่อการเร่งปฏิกิริยาทำให้ค่าความเป็นกรดของน้ำมันไบโอดีเซลทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน [6] สอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ลักษณะใบกวนแบบ 45^{0} Two-blade Paddle ร่วมกับ 6-Blade disc turbine

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบและทดลองการเปลี่ยนใบพัดภายในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นขนาด 30 L โดยใช้เถ้าไม้ลำไยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การวิเคราะห์และทดสอบใบกวนแบบกังหัน 4 Blade turbine ถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นขนาด 30 L โดยใช้เถ้าไม้ลำไยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ตามลำดับ คือ ผลผลิตไบโอดีเซล 54.40%, pH 7, ความหนาแน่น 910 kg/m^3, ความเป็นกรด 1.50 mg KOH/g และ ค่าความหนืด 28.8 cSt ตามลำดับ ซึ่งค่าที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ASTM จึงไม่เหมาะกับการใช้ในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

การวิเคราะห์และทดสอบใบกวนแบบใบพัด Propeller 2 blade ภายในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น ขนาด 30 L โดยใช้เถ้าไม้ลำไยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ซึ่งวัดได้ตามมาตรฐาน ASTM ตามลำดับ คือ ผลผลิตไบโอดีเซล 65.23%, pH 7, ความหนาแน่น 880 kg/m^3, ค่าความเป็นกรด 0.5 mg KOH/g และ ค่าความหนืด 5.8 cSt. ตามลำดับ ซึ่งค่าที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ASTM จึงเหมาะกับการใช้ในถังปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้จากโครงการผลิตบัณฑิต และพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีรวมถึงอนุเคราะห์สถานที่ในการที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[8] ขจรศักดิ์ แก้วขจร. **“การพิทักษ์สุขภาพประชาชนจากฝุ่น PM2.5: ความร่วมมือของเครือข่าย.”** ทางออกร่วมกันในการ ลดฝุ่นละออง PM2.5 ใน กทม., กรมควบคุมมลพิษ, 23 มีนาคม 2561

[9] Mohadi R, Sueb A, Anggraini K, Lesbani A. (2018). **Calcium oxide catalyst based on quail eggshell for biodiesel synthesis from waste palm oil**. Chemical Research 2018. 7, pp.130-139.

[10] ภัทรติกรณ์ รักษ์ศักดิ์ศรี. (2558). **การผลิตและตรวจสอบคุณภาพของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มใช้แล้วที่มีกรดไขมันอิสระแตกต่างกัน**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์.

[11] วรวิทย์ วรนาวิน. (2560). **เครื่องกวนน้ำมะขามเปียกและหลักการการหมุนของใบพัดและการกระจายตัว**.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมเครื่องกล.

IRES-14 (MJU)

[12] สุห์ดี นิเซ็ง. (2562). **การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำ มันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ใบกวนแบบ 45° two-blade Paddle ร่วมกับ 6-blade disc turbine**.สงขลา: วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร.

[13] สุห์ดี นิเซ็ง. (2562). **การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำ มันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ใบกวนแบบ 45° two-blade Paddle ร่วมกับ 6-blade disc turbine**.สงขลา: วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2560). **กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน**.กระทรวงพลังงาน.

TREC-14 (MJU)

การผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพดเมื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดเคลื่อนที่

Production and characterization of corncob bio-char with using moving bed pyrolyser

พงษ์ภิญโญ ปัญโญใหญ่[1] ชูรัตน์ ธารารักษ์[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] นำพร ปัญโญใหญ่[2] และ นิกราน หอมดวง[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2] คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

Abstract

The objective of this research was to produce and analyze the properties of corncob bio-char with using moving bed pyrolyser. with a capacity of 280 L. The LPG gas is the fuel for heating. Used motor and Reduction gear to stir the corn cobs. The outside of the reactor is insulated. It could heat to 700-800 ℃, used corncob with a moisture content of less than 20%. Biochar production 3 times, and take them for chemical analysis. The results showed that using a moving bed pyrolyser heat temperature up to 590 ℃, and average temperature 477 ℃. The yields of the process consist of Bio-Char, Wood Vinegar and pyrolysis gas accounted for 28.5%, 12.2% and 59.3%, respectively. The highest fixed carbon content 70.95%, the lowest volatile matter 22.39% and calorific value 28.55 MJ/kg. The physical characteristics were in accordance with the theory of charcoal production. In addition, biochar can be promoted to the community to produce briquettes. And in agriculture, biochar can also be produced as a soil conditioner for cultivation and reduce the acidity of the soil.

Keywords: pyrolysis process, pyrolysis reactor, bio-char

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพด ด้วยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดเคลื่อนที่ มีความจุขนาด 280 L โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการให้ความร้อน ใช้มอเตอร์และชุดเกียร์ทดในการหมุนกวนซังข้าวโพด ภายนอกเครื่องปฏิกรณ์บุด้วยฉนวนกันความร้อน สามารถสร้างอุณหภูมิได้ 700-800 ℃ ใช้ซังข้าวโพดที่มีความชื้นน้อยกว่า 20% ทำการผลิตถ่านชีวภาพ 3 ครั้ง จากนั้นนำถ่านชีวภาพที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ผลการทดสอบพบว่าการใช้เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบเบดเคลื่อนที่ สร้างอุณหภูมิสูงสุด 590 ℃ โดยให้อุณหภูมิไพโลไรซิสเฉลี่ย 477 ℃ ผลผลิตจากกระบวนการประกอบด้วย ถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ และไพโลไรซิสแก๊ส คิดเป็น 28.5%, 12.2% และ 59.3%ตามลำดับ ส่วนปริมาณคาร์บอนคงที่สูงสุด 70.95% และสารระเหยต่ำสุด 22.39% โดยมีค่าความร้อน 28.55 MJ/kg ส่วนลักษณะทางกายภาพเป็นไปตามทฤษฎีของการผลิตถ่าน นอกจากนี้ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ยังสามารถนำส่งเสริมใช้ชุมชนนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง และในภาคการเกษตรถ่านชีวภาพยังสามารถผลิตเป็นเป็นสารปรับปรุงดินในการเพาะปลูกและลดความเป็นกรดของดินได้

คำสำคัญ กระบวนการไพโรไลซิส เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ถ่านชีวภาพ

TREC-14 (MJU)

บทนำ

ข้าวโพดนับเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญของประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ พื้นที่ผลิตข้าวโพดของโลก ได้แก่ จีน บราซิล สหรัฐอเมริกา และยุโรป เป็นต้น ในขณะที่ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในจังหวัดน่าน ตาก เพชรบูรณ์ เลย และนครราชสีมา มีผลผลิตรวม 2.74 ล้านตันต่อปี โดยทั่วไปหลังจากการสีข้าวโพด ประมาณ 30% ของผลผลิตจะเป็นซังข้าวโพด ในอดีตเกษตรกรเคยเผาเพื่อทำลายซังข้าวโพดที่ไร้ประโยชน์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาเรื่องฝุ่น ปัญหาหมอกควัน และมลพิษทางอากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามซังข้าวโพดเมื่อนำเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสจะส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนคงที่และค่าความร้อนเพิ่มขึ้น สามารถนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งหรือเชื้อเพลิงอัดเม็ด นอกจากนี้ในภาคการเกษตรซังข้าวโพดยังสามารถผลิตเป็นถ่านชีวภาพเพื่อใช้เป็นสารปรับปรุงดินในการเพาะปลูก และสามารถลดความเป็นกรดของดินได้ โดยทั่วไปการผลิตถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านแบบเบดคงที่ เช่น เตาอิฐ เตาเผาโลหะที่

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่โดยใช้เทคนิคการวัดค่าความต้านทาน

Electrical Properties Test of Bamboo Activated Carbon by using the resistance measurement technique

อารียา ชาห์[1]* ปิยณัฐ หงษ์กังวาล พิสิษฎ์ มณีโชติ[1] พัชรินทร์ เยาวรัตน์ และธวัช สุริวงษ์[1]
[1] สาขาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Abstract

This research aims to study the electrical resistance of charcoal-fired from the White Dragon Charcoal Furnace. electrical resistance is an important property of semiconductor material, that must be considered when applying that material in electrical-electronic inventions. Cases that can be controlled or measured Precise surrounding factors Resistivity measurements allow easy, fast, high-precision, and non-destructive assessment of the quality of materials and artifacts. In this practice, it is quite difficult to achieve high-precision resistance measurements. Due to the impact of many aspects such as temperature, measuring instruments, and the installation of measuring tools, etc. Articles in this present resistance measurement with a multimeter, the standard method for measuring the resistance of semiconductor materials. Thus, the calculated resistance value is more accurate. Compared to the quality of activated carbon obtained from the production process of the charcoal kiln. improving the model together with the charcoal production technique the combustion of the charcoal incineration process. The preheating time is 5, 10, and 15 minutes, respectively. The maximum burning temperature of charcoal is between 800-900 degrees Celsius and it takes 5-6 hours for the entire charcoal burning process. The electrical effect will tell you whether there are more or fewer electrons in the charcoal. For comparing, the lowest value is the most efficient battery As for the resistance measurement, at 5 min, it got 2.2 ohms resistance, 10 min got 22.3 ohms, and 15 min got 3.8 ohms when the temperature of the battery in step change of quenching Will cause the resistance of the battery to change as well, so in this resistance measurement it can be concluded that During the 5 minute period, there is the best and most effective resistance.

Keywords: electronics, furnace, multimeter, activated carbon

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้านทานไฟฟ้าของถ่านที่ผ่านการเผาจากเตาเผาถ่านมังกรขาว ซึ่งความต้านทานไฟฟ้าเป็นสมบัติที่สำคัญของ วัสดุสารกึ่งตัวนำ ที่จำเป็นจะต้องพิจารณาเมื่อต้องการนำวัสดุนั้นมาใช้ในสิ่งประดิษฐ์ทางไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ กรณีที่สามารถควบคุมหรือตรวจวัด ปัจจัยรอบข้างได้อย่างแม่นยำ การวัดค่าความต้านทานช่วยให้สามารถประเมินคุณภาพของวัสดุและสิ่งประดิษฐ์ได้ง่าย รวดเร็ว มีความแม่นยำสูงและยังเป็นการวัดแบบไม่ทำลายในทางปฏิบัติ การวัดค่าความต้านทานให้มีความแม่นยำสูงทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากผลกระทบหลายด้าน เช่น อุณหภูมิ เครื่องมือวัด และการติดตั้งเครื่องมือวัด เป็นต้น บทความนี้นำเสนอการวัดค่าความต้านทานด้วยมัลติ มิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีการมาตรฐานในการวัดค่าความต้านทานของวัสดุสารกึ่งตัวนำ จึงทำให้ค่าความต้านทานที่คำนวณได้มีความถูกต้องมากขึ้น เปรียบเทียบคุณภาพถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกระบวนการผลิตของเตาเผาถ่าน โดยทำการปรับปรุงรูปแบบร่วมกับการเทคนิคการผลิตถ่าน การเผาไหม้ของกระบวนการเผาถ่านได้ ระยะเวลาในการเปิดเตาเท่ากับ 5, 10 , และ 15 นาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิในการเผาถ่านสูงสุดอยู่ระหว่าง 800 – 900 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในกระบวนการเผาถ่านทั้งหมด 5-6 ชั่วโมง ผลทางไฟฟ้าจะบอกถึงค่าอิเล็กตรอนว่ามีมากหรือน้อยในถ่าน เพื่อการเปรียบเทียบค่าที่ต่ำที่สุด นั้นคือ ถ่านที่มีประสิทธิภาพมาก

TREC-14 (MJU)

สุด ในส่วนของการวัดความต้านทานช่วงระยะเวลาที่ 5 นาที ได้ค่าความต้านทาน 5.3 โอห์ม ช่วงระยะเวลาที่ 10 นาที ได้ค่าความต้านทาน 4.1 โอห์ม และช่วงระยะเวลาที่ 15 นาที ได้ค่าความต้านทาน 3.4 โอห์ม เมื่ออุณหภูมิของถ่านในขั้นตอนการดับเปลี่ยนแปลง จะทำให้สภาพความต้านทานของถ่านเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้น ในการวัดค่าความต้านทานครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า ในช่วงระยะเวลาที่ 5 นาที มีความต้านทานที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

คำสำคัญ: อิเล็กทรอนิกส์, เตาเผา, มัลติ มิเตอร์, ถ่านกัมมันต์

บทนำ

ถ่านคุณภาพสูง หรือ หรือถ่านไร้ควัน คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปชีวมวลด้วยความร้อนในสภาพที่ไร้ออกซิเจน หรืออากาศซึ่งเรียกกันทั่วไปว่ากระบวนการไพโรไลซีส องค์ประกอบหลักของถ่านชีวภาพเต็มไปด้วยคาร์บอนจึงให้ความร้อนได้สูง ถ่านคุณภาพสูงที่ได้จะมีประจุไฟฟ้า และความพรุนสูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน ได้รับการพิจารณาจากนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายให้เป็นเสมือนทองคำสีดำของชาวเกษตรกรรม ถ่านคุณภาพสูงสามารถอุ้มน้ำและธาตุต่างๆ และทำหน้าที่เสมือนกับอ่างคาร์บอนธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยในการทำความสะอาดอากาศได้ 2 ทาง คือ การป้องกันการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสารชีวภาพขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศและการช่วยให้พืชดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างช้า ๆ ในขณะที่พืชสังเคราะห์แสง การผลิตถ่านมีการพัฒนาหลายรูปแบบมาเป็นระยะเวลา ยาวนาน มีทั้งระบบประหยัดและมีประสิทธิภาพและการเผาตามที่เคยทำมาในอดีตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจุบันได้พยายามที่จะพัฒนาให้มีการใช้เตาที่มีประสิทธิภาพเพื่อผลิตถ่านคุณภาพสูง สำหรับการหุงหาอาหารและสำหรับใช้ในทางเกษตรกรรมของประชาชนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในพื้นที่ห่างไกล และจากที่ได้มีการศึกษาวิจัยพบว่าถ้ามีการควบคุมระบบการเผาไม้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้เทคโนโลยีเตาผลิตถ่านคุณภาพสูง

ถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ได้อย่างมากมาย ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง เนื่องจากนวัตกรรมในการผลิตเป็นสิ่งที่ตลาดมีความต้องการเพิ่มขึ้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบคือถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ตลาดจึงมีความต้องการอย่างมากเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ต้องทำการผลิตให้ได้คุณภาพตามความต้องการของตลาด หากสามารถผลิตได้คุณภาพสูง จึงส่งออกสร้างรายได้อย่างไม่มีขีดจำกัด

ความต้านทานไฟฟ้าเป็นสมบัติที่สำคัญของ วัสดุสารกึ่งตัวนำที่จำเป็นจะต้องพิจารณาเมื่อ ต้องการนำวัสดุนั้นมาใช้ในสิ่งประดิษฐ์ทางไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ กรณีที่สามารถควบคุมหรือตรวจวัด พารามิเตอร์รอบข้างได้อย่างแม่นยำ การวัดค่าความ ต้านทานช่วยให้สามารถประเมินคุณภาพของวัสดุและสิ่งประดิษฐ์ได้ง่าย รวดเร็ว มีความแม่นยำสูงและยังเป็นการวัดแบบไม่ทำลาย ในทางปฏิบัติการวัดค่าความต้านทานให้มีความแม่นยำสูงทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากผลกระทบหลายด้าน เช่น อุณหภูมิ เครื่องมือวัด และการติดตั้งเครื่องมือวัด เป็นต้น งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาค่าความต้านทาน ซึ่งเป็นวิธีการมาตรฐานใน การวัดค่าความต้านทานของวัสดุสารกึ่งตัวนำของถ่านกัมมันต์จากเตาเผามังกรไฟ เพื่อยืนยังคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของถ่านที่เผาได้จากเทคโนโลยีนี้

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้มีการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากเตาเผาถ่านมังกรขาว โดยใช้ไม้ไผ่โดยใช้เทคนิคการวัดค่าความต้านทาน ซึ่งเป็นการกระตุ้นตัวถ่านที่เผาให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น โดยมีรายละเอียดของการดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่

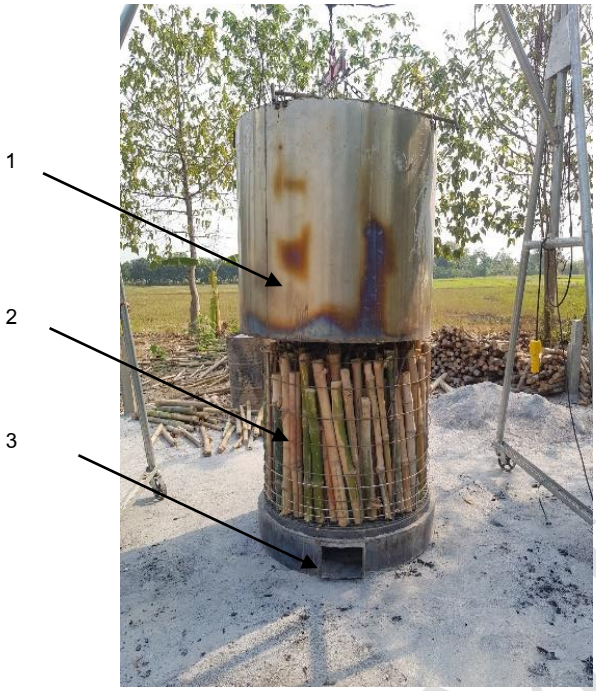
1. การเตรียมไผ่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเผา
2. ทดสอบกระบวนการเผาถ่านและการกระตุ้นด้วยอากาศ
3. วิเคราะห์คุณภาพถ่านที่ได้จากกระบวนการเผา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) พร้อมสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple type K เครื่องบันทึกข้อมูล (Graphtec midi Logger GL840)

2. เตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 ที่ทำการปรับปรุงรูปแบบของตัวเตาเผา

TREC-14 (MSU)



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดสอบ

องค์ประกอบ	รูปแบบ
1. ตัวเตาเผาถ่าน	ป้องกันการสูญเสียความร้อน
2. ตะแกรงกันถ่าน	เพื่อรองรับไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบและถ่านที่ได้
3. ช่องป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตา	ใช้สำหรับป้อนเชื้อเพลิงในการเผาถ่าน

3.มัลติ มิเตอร์

ภาพที่ 2 แสดงรูปมัลติ มิเตอร์ ที่ใช้วัดความต้านทาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมวัตถุดิบ โดยการนำไม้ไผ่มาตัดให้ได้ขนาด 80 เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกับความสูงของเตาเผาถ่าน ในการเผาถ่านใช้ไม้ไผ่สดทั้งหมดเฉลี่ย 300 กิโลกรัม

2. การเผาถ่านสามารถทำได้โดยการจุดไฟหน้าเตา และอบไม้ให้เกิดการสะสมความร้อนและเกิดการติดไฟด้วยตัวเอง โดยไม้จะไม่ถูกไฟโดยตรง กระบวนการนี้เรียกว่า การคาร์บอนไนเซชั่น คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดถ่าน

3. กำหนดระยะเวลาในการทดสอบที่ 5 10 และ 15 นาทีตามลำดับ

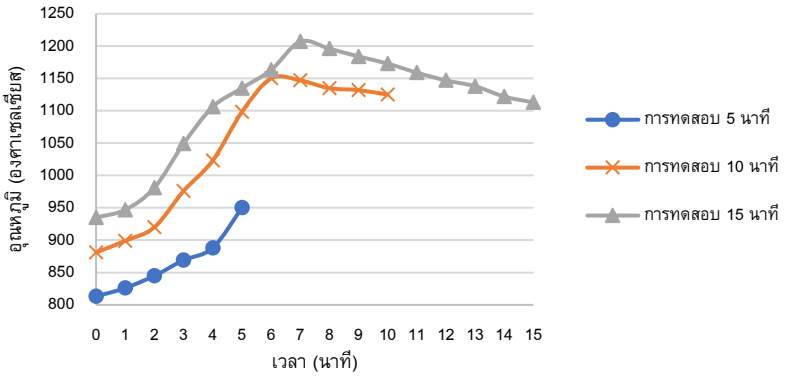
4. ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในเตาเผาตำแหน่งต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการเผาตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

5.นำตัวอย่างมาวัดความต้านทาน

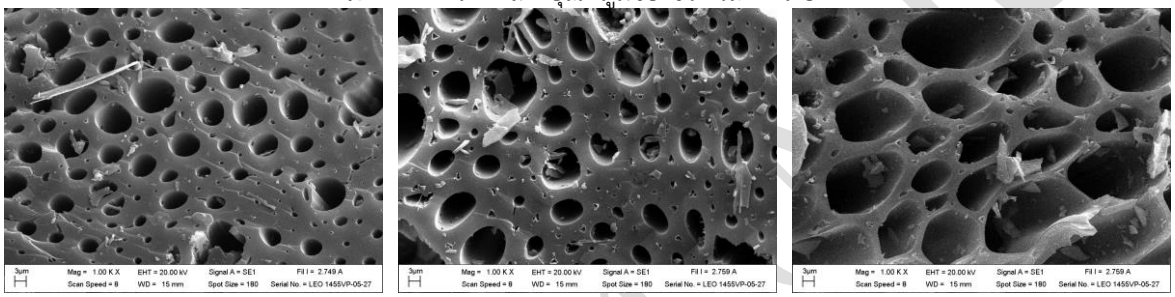
TREC 14 (NJU)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า เตาเผาถ่านนั้นสามารถเผาถ่านได้อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในกระบวนการการเผาถ่านประมาณ 5 - 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 กราฟแสดงอุณหภูมิของช่วงเวลาการเปิดเตา



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า
(ก) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 5 นาที
(ข) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 10 นาที
(ค) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 15 นาที

ตารางที่ 2 แสดงค่าความต้านทานของตัวอย่าง

เวลา	ค่าความต้านทาน(โอห์ม)	ค่าความร้อน(Cal/g)
5 นาที	5.3	6511.894
10 นาที	4.1	7515.763
15 นาที	3.4	7528.900

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างของถ่านกัมมันต์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการวัดค่าความต้านทานด้วยมัลติ มิเตอร์ เป็นวิธีการมาตรฐานในการวัดค่าความต้านทานของ วัสดุสารกึ่งตัวนำ ที่สามารถตัดผลกระทบจากความ ต้านทานของสายไฟที่ใช้วัด และแรงดันไฟฟ้าตก คร่อมจุดวัดออกไปได้ จึงทำให้ค่าความต้านทานที่ คำนวณได้มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น รวมไปถึง สามารถวัดได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและรูปร่างของวัสดุ วิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ประเมิน คุณภาพของวัสดุ หรือสิ่งประดิษฐ์ทางไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ อย่างรวดเร็ว ทั้งยังเป็นการทดสอบ แบบไม่ทำลายอีกด้วยเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ พบว่า ระยะเวลาในการเปิดเตานั้นมีผลต่อคุณภาพของถ่าน และปริมาณถ่านที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน โดยการเปิดเตาในระยะเวลา 5 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 950 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านเท่ากับ 727.26 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณถ่านที่ได้เท่ากับ 30.4 กิโลกรัม และโครงสร้างรูพรุนที่มีขนาดเล็กและปริมาณน้อยที่สุด และระยะเวลาในการเปิดเตา 15 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 1,207 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านเท่ากับ 911.34 มิลิกรัมต่อกรัม ปริมาณถ่านที่ได้เท่ากับ 25 กิโลกรัม และโครงสร้างรูพรุนมีขนาดใหญ่มากกว่า ซึ่งมีลักษณะของรูพรุนเป็นวงกลมเหมือนกัน เนื่องจากเป็นไม้ไผ่ชนิดเดียวกัน จากผลการเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่กล่าวมา การเปิดเตาเผาถ่านที่ระยะเวลา 15 นาที ให้คุณภาพถ่านที่ดีที่สุดและมีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 235.19 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนของถ่านเท่ากับ 0.17 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม เนื่องการเปิดเตาเผาถ่านที่ระยะเวลา 15 นาที อุณหภูมิในช่วงเวลาการกระตุ้นสูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิดเตาเท่ากับ 10 นาที เนื่องจากอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเผาถ่านกัมมันต์ ในส่วนของการวัดความต้านทานช่วงระยะเวลาที่ 5 นาที ได้ค่าความต้านทาน 5.3 โอห์ม ช่วงระยะเวลาที่ 10 นาที ได้ค่าความต้านทาน 4.1 โอห์ม และช่วงระยะเวลาที่ 15 นาที ได้ค่าความต้านทาน 3.4 โอห์ม เมื่ออุณหภูมิของถ่านในขั้นตอนการดับเปลี่ยนแปลง จะทำให้สภาพความต้านทานของถ่านเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้น ในการวัดค่าความต้านทานครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า ในช่วงระยะเวลาที่ 5 นาที มีความต้านทานที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ธวัช สุริวงษ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา แนะนำในการดำเนินงานในการทำวิจัย และคุณประวิทย์ นิลวิเชียร ผู้เป็นต้นแบบแนวคิดเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 คุณชาติ ไชยสิทธิ์ ที่ได้ให้ความรู้ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัสดุอุปกรณ์และพื้นที่ในการติดตั้งและทดสอบเตาเผาถ่าน และขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัยที่ได้รับ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมไปถึงวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ธราพงษ์ วิทิตศานต์ (2011), **ถ่านกัมมันต์ : การผลิตและการนำไปใช้** พิมพ์ครั้งที่ *2.* ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร

[2] ลุตฟี สือนิ และพิสิษฐ์ มณีโชติ (2018.). **การปรับปรุงรูปแบบและเทคนิคการผลิตถ่านด้วยเตาขนาด *200* ลิตร.** วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 ,สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา

[3] เฉลียว วัชรพุกก์. **ไผ่:ความรู้ทั่วไปของไม้ไผ่**. https://sites.google.com/site/bamjitra761/thin-ka-he-nid, 2012.

[4] สัมฤทธิ์ โม้พวง. (2558). **คาร์บอนกัมมันต์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[5] กิตติธัช สัจจากุล และคณะ. (2559). **การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงเพื่อพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์โดยใช้เตาเผาถ่านดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร.** การประชุมการป่าไม้ ประจำปี พ.ศ. 2559 “เศรษฐกิจเชิงนิเวศบนฐานการป่าไม้”(116 - 123), คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษต

[6] ASTM Designation: F43-93, “Standard Test Methods for Resistivity of Semiconductor Materials”, ASTM, 1993

[7] S.M.Sze, “Physics of Semiconductor Devices”, JOHN WILEY & SONS ,New York, 1981

EM : การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (Community Energy Management by Digital Technology)

การลดใช้พลังงานของระบบปรับอากาศที่มีการควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อน เพื่ออนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา: อาคารโรงแรมพาเลซ อันดามัน บีชรีสอร์ท

Energy Reduction of Air Conditioning System with Cooled Water Chiller Control to Conserve Energy Efficiently, Case Study: Palace Adaman Resort Hotel Building

สัญชัยยะ ผสมกุศลศีล[1] และ ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[2*]
Sanchaiya Pasomkusolsil[1] and Chamni Jaipradidtham[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ 10250
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ 10250

Abstract

This research paper presents the objectives to study energy consumption and analyze energy reduction in indoor air conditioning system installation. A survey to examine the loss of air conditioning in the energy use, case study: Palace Adaman Beach Resort Hotel Building, Chumphon Province. If can control the operation of the air conditioning system to have good efficiency, it can reduced the use of electricity. Therefore, this research is study of energy efficiency to energy conservation by controlling of using air-cooled and water-cooled water chiller. Adjust the temperature to suit the maximum power demand. Measure the building's peak demand and control the system with collect data to analyze the results. The results show that it was necessary to control, check the cool and air conditioning system by reducing the refrigerant condenser temperature. Comparative results evaluation of the water chiller control before and after the improvement found that the electricity cost was reduced by 10 %, which can reduce the electricity of 15,249.78 kWh/year, and the cost of energy is reduced by approximately 106,748.46 baht/year, thus results in a reduction for use to help reduce the cost of electricity.

Keywords: air conditioning, adjust temperature, energy conservation, water chiller, energy reduce

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานและวิเคราะห์การลดใช้พลังงานในการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร ทำการสำรวจตรวจสอบความสูญเสียของระบบปรับอากาศในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น กรณีศึกษา: อาคารโรงแรมพาเลซ อันดามัน บีชรีสอร์ท จังหวัดชุมพร ถ้าสามารถควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพที่ดีก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่ออนุรักษ์พลังงานโดยการควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และทำการปรับลดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ทำการตรวจวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคารและควบคุมระบบพร้อมทั้งเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล ผลการวิจัยพบว่าจำเป็นจะต้องทำการควบคุม ตรวจสอบระบบทำความเย็นและปรับอากาศด้วยการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็น ทำการประเมินผลเปรียบเทียบผลจากการควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นก่อนที่จะทำการปรับปรุงกับหลังทำการปรับปรุงจึงพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าลดลงประมาณ 10 % สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 15,249.78 kWh และคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าประหยัดเงินได้ประมาณ 106,748.46 บาท/ปี ดังนั้นส่งผลช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้

คำสำคัญ: ระบบปรับอากาศ ปรับลดอุณหภูมิ การอนุรักษ์พลังงาน เครื่องทำน้ำเย็น ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันนี้รูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นมูลเหตุให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปีค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เป็นค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่ทางผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้า

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์ว

A Study of Energy Saving in Chiller, Water Pump Systems by Dimmer Valve Method.

ปรัชพงศ์ นับถือตรง[1] โชคดี ปัดนา1 และ ธวัช กองสี[1]
Pruschapong Nupteotrong[1*] Chokdee Patna[1] and Thawach kongsee[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48110

Abstract

In a large building chilled water system are often used in air conditioning. In designing the system, it is designed to be sufficient for use in all air-conditioned areas. However, some buildings do not use all the air-conditioned areas as designed. Affect to the energy consumption of various devices which are large and consumes a lot of energy. Therefore, this research is aimed at studying energy saves in chiller water pump systems by the dimmer valve method. To study the operation of the water chiller system and assess the effect of energy savings in pumping systems by the dimmer valve method. The results showed that there are 3 chillers in the system. Consist of a water chiller size 400 Ton, amount 1 unit. 2 units of 250 Ton water chiller. 2 pumps of 30 kW. There is a selection to enable the water chiller according to the needs of use in the area as appropriate. By using with a water pump of 30 kW, amount 1 unit. The water flow rate is 1,028 GPM. Use the power of about 27.89 kW. When dimmer the valve during the use of a 250 Ton chiller the water flow rate is 684 GPM. Use the power of about 22.61 kW. The effect of dimmer the valve can reduce the power of the water pump, about 5.28 kW. It can reduce energy consumption 11,405 kWh/y. In amount 46,189 Baht/y.

Keywords: Water chiller, water pump motor, energy saving

บทคัดย่อ

ในอาคารขนาดใหญ่มักมีการนำระบบเครื่องทำน้ำเย็นมาใช้ในการปรับอากาศ ในการออกแบบระบบนั้นจะทำการออกแบบเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด แต่อาคารบางแห่งไม่ได้มีการใช้พื้นที่ปรับอากาศทั้งหมดตามที่ได้ออกแบบไว้ ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอุปกณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดใหญ่ และใช้พลังงานมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์ว เพื่อศึกษาการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็น และเพื่อประเมินผลการประหยัดพลังงานในระบบปั๊มน้ำโดยวิธีหรี่วาล์ว ผลการศึกษา พบว่าในระบบมีเครื่องทำน้ำเย็นจำนวน 3 เครื่อง ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 400 Ton จำนวน 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton จำนวน 2 เครื่อง ปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 2 เครื่อง มีการเลือกเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มน้ำตามความต้องการใช้งานในพื้นที่ตามความเหมาะสม โดยใช้ร่วมกับปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 1 เครื่อง อัตราการไหลของน้ำมีค่า 1,028 GPM ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 27.89 kW เมื่อทำการหรี่วาล์วในช่วงที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton อัตราการไหลของน้ำมีค่า 684 GPM ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 22.61 kW ผลของการหรี่วาล์วสามารถลดกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำลงได้ 5.28 kW สามารถลดการใช้พลังงานได้ 11,405 kWh/y คิดเป็นเงิน 46,189 Baht/y

คำสำคัญ: เครื่องทำน้ำเย็น, มอเตอร์ปั๊มน้ำ, การประหยัดพลังงาน

บทนำ

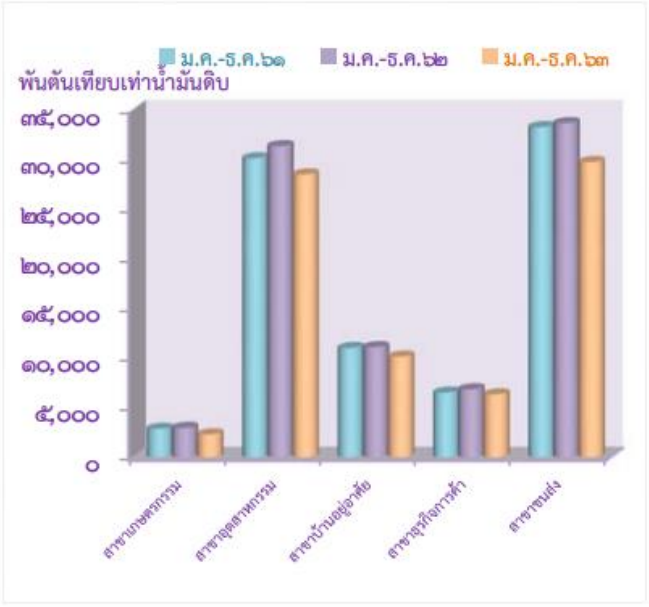
จากข้อมูลสรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม–ธันวาคม 2563 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในช่วงปี 2563 มีปริมาณ 76,928 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 10.2 คิดเป็นมูลค่ากว่า 718,614 ล้านบาท โดยที่น้ำมันสำเร็จรูป ยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.3 ของการใช้

TREC-14 (MJU)

พลังงานขั้นสุดท้าย รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน ถ่านหิน/ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 21.8 8.2 10.4 6.4 และ 4.9

ภาพที่ 1 การใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ [1]

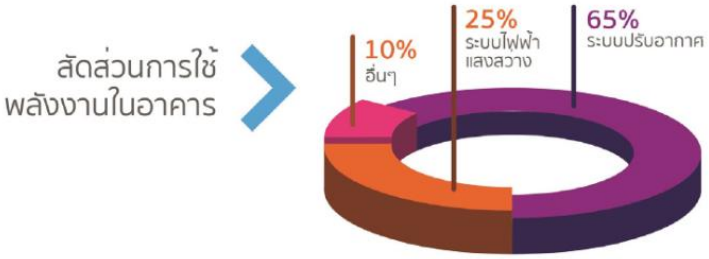
จากรายงานภาวะเศรษฐกิจไทยในเดือนธันวาคม 2563 ของธนาคารแห่งประเทศไทย พบว่า ยังทยอยฟื้นตัวได้แต่การฟื้นตัวยังไม่ทั่วถึง และเริ่มเห็นผลกระทบของการแพร่ระบาดของ COVID-19 ระลอกใหม่ ซึ่งมีผลกระทบต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจบางภาคส่วน โดยเครื่องชี้การบริโภคภาคเอกชนแม้ยังขยายตัว แต่การระบาดระลอกใหม่เริ่มส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการเดินทางและความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ด้านการส่งออกสินค้ากลับมาขยายตัวได้ตามอุปสงค์ ประเทศคู่ค้าที่ดีขึ้น เครื่องชี้การลงทุนภาคเอกชนขยายตัวสูงขึ้นตามการลงทุนด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ สำหรับการใช้จ่ายภาครัฐยังขยายตัวตามรายจ่ายลงทุน ภาคการท่องเที่ยวยังหดตัวสูงจากมาตรการจำกัดการเดินทางระหว่างประเทศที่ยังมีอยู่ ด้านเสถียรภาพเศรษฐกิจ อัตราเงินเฟ้อทั่วไปติดลบน้อยลงตามอัตราเงินเฟ้อหมวดพลังงาน ด้านตลาดแรงงาน อัตราการว่างงานปรับลดลงเล็กน้อยตามจำนวนผู้มีงานทำที่เพิ่มขึ้น รายได้ภาคเกษตรปรับลดลง สำหรับดุลบัญชีเดินสะพัดขาดดุลลดลงจากดุลการค้าที่เกินดุลมากขึ้น [1]



ภาพที่ 2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสาขาต่าง ๆ [1]

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการแพร่ระบาดของ COVID-19 ส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก อาคาร ห้างร้าน โรงแรม สถานที่ท่องเที่ยว ต่าง ๆ ก็ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของ COVID-19 ข้อมูลสถานการณ์พลังงานในภาคอาคาร พบว่า สัดส่วนการใช้พลังงาน เป็นของระบบปรับอากาศ 65% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25%

และระบบอื่น ๆ 10% ดังนั้น การประหยัดพลังงานในอาคารส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การลดใช้พลังงาน ในการดำเนินกิจกรรมในอาคาร การออกแบบระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพ [2]



ภาพที่ 3 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสาขาต่าง ๆ [2]

ดังนั้นหากพิจารณาในส่วนของอาคารขนาดใหญ่ที่มีการใช้พลังงานสูง เช่น ห้างสรรพสินค้าแล้ว ในช่วงนี้อาจจะมีการเปิดใช้พื้นที่ปรับอากาศเป็นบางส่วน เนื่องจากมีผู้ใช้บริการลดน้อยลง และต้องปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและควบคุมการระบาดของ COVID-19 เพื่อเป็นการป้องกันการใกล้ชิดกันของผู้ใช้บริการซึ่งเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในอาคารประเภทห้างสรรพสินค้านั้น มีความจำเป็นที่จะต้องใช้งานเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เพื่อปรับอากาศในพื้นที่ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า ดังนั้นในช่วงที่มีความจำเป็นต้องงดการใช้งานในบางพื้นที่ จึงส่งผลต่อการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น ต้องลดภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็นลง เช่น ระบบปั๊มน้ำ เป็นระบบหนึ่งที่มีการใช้พลังงานสูง และในช่วงที่ภาระปรับอากาศลดลง ก็จะมีการลดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น เช่น ลดจากการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นจาก 2 เครื่อง เหลือพียง 1 เครื่อง ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้งานของปั๊มน้ำ โดยต้องทำการลดอัตราการไหลของน้ำลงให้เหมาะสม ซึ่งอัตราการไหลของน้ำเย็นที่เหมาะสมนั้นมีค่าประมาณ 2.4 GPM/Ton [3,4] ในการลดอัตราการไหลของน้ำนั้น หากระบบปั๊มน้ำไม่มีระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (VSD) ก็มีความจำเป็นต้องใช้วิธีหรี่วาล์วเพื่อให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการ

ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์ว เพื่อศึกษาการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็น และเพื่อประเมินผลการประหยัดพลังงานในระบบปั๊มน้ำโดยวิธีหรี่วาล์ว โดยทำการศึกษาในอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์วนั้น ได้ทำการวัดกำลังไฟฟ้าฟ้าของมอเตอร์ปั๊มน้ำ และอัตราการไหลของน้ำเย็น ทั้งก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โดยใช้เครื่องมือวัด และวิธีการวัดดังต่อไปนี้

เครื่องมือวัด

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

ใช้สำหรับวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์ปั๊มน้ำ โดยทำการวัดแบบชั่วขณะ เนื่องจากกำลังไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เครื่องวัดที่ใช้สามารถตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้เลย โดยไม่ต้องนำค่ามาคำนวณ และใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องเดียวกัน เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ทั้งก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

TREC-14(EM)

ภาพที่ 4 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

เครื่องวัดอัตราการไหล (Ultrasonic flow meter)

ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำ โดยทำการวัดอัตราการไหลของน้ำก่อนปรับปรุง แล้วทำการปรับวาล์วให้ได้ค่าอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ในขณะนั้น การวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิค มีหลักการคืออาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียง โดยการสะท้อนกลับของคลื่นความถี่เมื่อส่งไปกระทบกับอนุภาคของสารที่ปะปนมากับของเหลว เนื่องจากอนุภาคของสารมีความเร็วเท่ากับของไหล ดังนั้น ความเร็วในการสะท้อนกลับจะต่างไปจากค่าที่ส่งออกไป ค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้จะแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลของของไหล เราจึงสามารถทราบค่าอัตรา การไหลของของไหลได้ [5]

ภาพที่ 5 เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลว

ตารางที่ 1 การตั้งค่าการวัด และความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด	การตั้งค่าการวัด	ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด
1. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า	วัดชั่วขณะ	2 %
2. เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลว	วัดชั่วขณะ	1 %

การคำนวณผลการประหยัดพลังงานในการประเมินผลการประหยัดพลังงานนั้นใช้สมการดังนี้

$$EPRE = PPRE \times h \times d \quad (1)$$

$$EPOST = PPOST \times h \times d \quad (2)$$

$$ESAVE = EPRE - EP0ST \quad (3)$$

$$CSAVE = ESAVE \times C \quad (4)$$

เมื่อ PPRE = กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง (kW)

PPOST = กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง (kW)

EPRE = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (kWh)

EPOST = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง (kWh)

H = ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (h/day)

d = วันทำงานต่อปี (day/y)

C = อัตราค่าไฟฟ้า (Baht/kWh)

ESAVE = ผลการประหยัดพลังงาน (kWh/y)

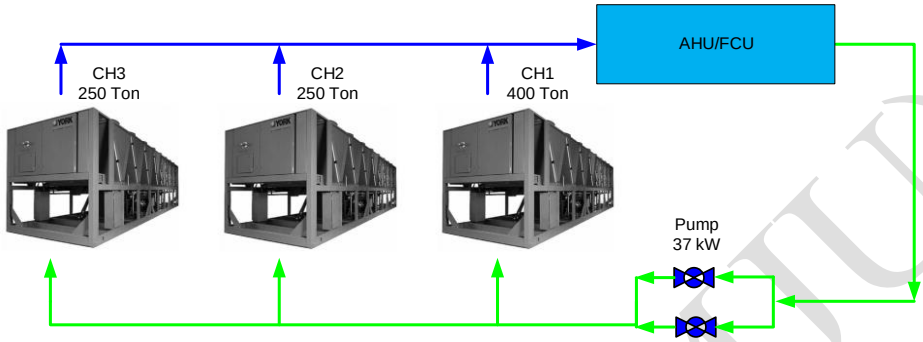
CSAVE = ผลการประหยัดค่าใช้จ่าย (Baht/y)

TREC-1 (MED)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็น

จากการศึกษา พบว่า ในระบบมีเครื่องทำน้ำเย็นจำนวน 3 เครื่อง ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 400 Ton จำนวน 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton จำนวน 2 เครื่อง ปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 2 เครื่อง มีการเลือกเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น และปั๊มน้ำตามความต้องการใช้งานในพื้นที่ตามความเหมาะสม โดยใช้ร่วมกับปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 1 เครื่อง อัตราการไหลของน้ำมีค่า 1,028 GPM แผนผังของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 6 แผนผังของระบบเครื่องทำน้ำเย็น

จากการสอบถามข้อมูลผู้ใช้งาน พบว่า ในเวลาที่ภาระการปรับอากาศน้อย หรือใช้งานพื้นที่ปรับอากาศเพียงบางส่วน จะใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton และในเวลาที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton ก็ยังมีความจำเป็น ต้องใช้ร่วมกับปั๊มน้ำ ขนาด 37 kW ที่อัตราการไหลของน้ำ 1,028 GPM ซึ่งอัตราการไหลของน้ำเย็นที่เหมาะสมมีค่า ประมาณ 2.4 GPM/Ton ดังนั้นหากปรับอัตราการไหลของน้ำให้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานการออกแบบที่ 600 GPM จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มน้ำลดลง สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นดีขึ้น และในการปรับลดอัตราการไหลนั้นในกรณีนี้จะใช้วิธีการหรี่วาล์ว เนื่องจากมอเตอร์ปั๊มน้ำไม่มีระบบควบคุมความเร็วรอบ (VSD)

การประหยัดพลังงานในระบบปั๊มน้ำโดยวิธีหรี่วาล์ว

สำหรับการทดลองนั้น ได้ทำการวัดกำลังไฟฟ้า และอัตราการไหลของน้ำทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยค่ากำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุงมีค่าประมาณ 27.89 kW ที่อัตราการไหลของน้ำ 1,028 GPM และค่ากำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุงมีค่าประมาณ 22.61 kW ที่อัตราการไหลของน้ำ 684 GPM และได้ประเมินผลการประหยัดพลังงานดังนี้

ตารางที่ 2 ข้อมูลประกอบการคำนวณ

ตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
1. กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	PPRE	27.89	kW
2. กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	PPOST	22.61	kW
3. ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	H	12	h/day
4. วันทำงานต่อปี	D	180	h/day
5. อัตราค่าไฟฟ้า	C	4.05	Baht/kWh
6. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง	EPRE	60,242	kWh/y
7. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง	EPOST	48,838	kWh/y
8. ผลการประหยัดพลังงาน	ESAVE	11,405	kWh/y
9. ผลการประหยัดค่าใช้จ่าย	CSAVE	46,189	Baht/y

TREC-14(MJU)

ภาพที่ 7 มอเตอร์ปั๊มน้ำ ขนาด 37 kW ภาพที่ 8 กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง ภาพที่ 9 กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษา พบว่า ในระบบมีเครื่องทำน้ำเย็นจำนวน 3 เครื่อง ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 400 Ton จำนวน 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton จำนวน 2 เครื่อง ปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 2 เครื่อง มีการเลือกเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มน้ำตามความต้องการใช้งานในพื้นที่ตามความเหมาะสม โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 250 Ton ร่วมกับปั๊มน้ำขนาด 37 kW จำนวน 1 เครื่อง อัตราการไหลของน้ำมีค่า 1,028 GPM ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 27.89 kW เมื่อทำการหรี่วาล์ว อัตราการไหลของน้ำมีค่า 684 GPM ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 22.61 kW ผลของการหรี่วาล์วสามารถลดกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำลงได้ 5.28 kW สามารถลดการใช้พลังงานได้ 11,405 kWh/y คิดเป็นเงิน 46,189 Baht/y

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีหรี่วาล์ว นั้น คณะผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ประกอบการห้างสรรพสินค้า ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอำนวยความสะดวกในกาศึกษา ขอขอบคุณคณะครู อาจารย์ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ และเสียสละเวลาเพื่อมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). (2563). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2563 สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2564, จาก https://www.dede.go.th.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2560). แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2564 จาก http://webkc.dede.go.th.

[3] บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซอร์เวชั่น เทคโนโลยี จำกัด. (2558). การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านระบบปรับอากาศ 2558, กรุงเทพฯ:โครงการพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ตามเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศระยะที่4, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[4] เกียรติศักดิ์ วงษ์ขันธ์1 วุฒิศักดิ์ ทะนวนรัมย์ และนลินี หมู่หมื่นศรี. (2561). “การศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ กรณีศึกษาโรงแรม”, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 ประจำปี 2561, วันที่ 13-15 มิถุนายน 2561 ณ โรงแรมโนโวเทล จังหวัดระยอง. ระยอง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[5] อรรถวิทย์ ดีนาง และ ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร. (2557). การประหยัดพลังงานโดยเครื่องทำน้ำเย็นชนิด Oil-Free Magnetic Bearing VSD Centrifugal Chiller ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์. วารสารวิจัย มข. 14, 17 – 28.

TREC-14(MJU)

การประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์และการศึกษาการกระจายตัวของแหล่งวัตถุดิบในจังหวัดนครพนม

Assessment of the potential of biogas production from animal dung and raw materials distribution study in Nakhon Phanom Province

ณรงค์ฤทธิ์ อุปพงษ์[1*] กุ้งนาง ศรีแนนบาล[1] และอภิชญา แสงศิลา[1]
Narongrit Auppapong[1*] Kungnang Srinanban[1] and Apichaya Sangsila[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยธาตุพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48110

Abstract

This research focused on the potential of biogas produce from animal dung, consist of cattle, buffalo and pigs where are distributed in Nakhon Phanom province, Thailand for assess the potential of biogas production. The animal husbandry data arrived from 12 district livestock office. The potential of biogas production assesses and animal dung density analysis in different districts to study of the suitรางที่ areas for collecting raw materials for biogas production. From the study we found that Nakhon Phanom province have the potential of biogas production from cattle, buffalo and pig's dung about 9,452,671.52 m^3/year or 197,844,414.86 MJ/year. The suitรางที่ area for collecting raw materials consist of Wangyang district, Nakae district, Renunakhon district, Thatphanom district and Muang Nakhon phanom district, all of them are 55.65% of biogas production potential in Nakhon Phanom province or 5,260,418.59 m^3/year.
Keywords: biogas, animal dung, potential of energy base on area

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพในการการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ประเภท มูลโค, มูลกระบือ และมูลสุกร ที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดนครพนม เพื่อนำมาประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยการขอข้อมูลจากปศุสัตว์อำเภอทั้ง 12 แห่งในจังหวัดนครพนม จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ในภาพรวมของจังหวัด แล้ววิเคราะห์ความหนาแน่นในการกระจายตัวของมูลสัตว์ในเขตพื้นที่อำเภอต่าง ๆ เพื่อศึกษาเขตพื้นที่ที่เหมาะสมในการรวบรวมวัตถุดิบเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าจังหวัดนครพนม มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ประเภทโค กระบือและสุกรประมาณ 9,452,671.52 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็น 197,844,414.86 MJ/ปี พื้นที่ที่เหมาะสมในการรวบรวมวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตแก๊สชีวภาพคือ บริเวณอำเภอวังยาง อำเภอนาแก อำเภอเรณูนคร อำเภอธาตุพนม และอำเภอเมืองนครพนม โดยรวมทั้ง 5 อำเภอ มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ประมาณร้อยละ 55.65 เมื่อเทียบกับทั้งจังหวัด โดยมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ 5,260,418.59 ลูกบาศก์เมตร/ปี
คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, มูลสัตว์, ศักยภาพพลังงานตามพื้นที่

บทนำ

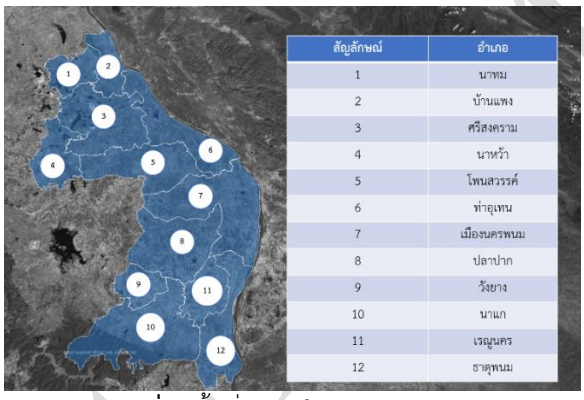
ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาความมั่นคงทางด้านพลังงาน โดยจากข้อมูลสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี 2562 พบว่า ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 85,708 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 2.1 คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวมกว่า 1,245 ล้านบาท[1] และจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan; PDP) จะมีการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมถึงปริมาณวัตถุดิบที่จะสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะพบว่าปริมาณวัตถุดิบจากชีว

TREC-14 (MJU)

มวล และแก๊สชีวภาพมีปริมาณที่น่าจะเพียงพอต่อความต้องการในการผลิตไฟฟ้า และเมื่อพิจารณาในพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่ามีโรงไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพจำนวน 9 โรง[2] แต่ส่วนใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานจากของเสียในอุตสาหกรรมเนื่องจากไม่มีข้อกังวลเรื่องวัตถุดิบที่จะนำมาป้อนให้กับกระบวนการผลิต แต่วัตถุดิบที่น่าสนใจอีกอย่างคือ มูลสัตว์ เนื่องจากประเทศไทยได้มีการทำปศุสัตว์และมีปริมาณสัตว์ที่สามารถให้มูลเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพได้อย่างมีนัยสำคัญจำนวนมาก อาทิ โค กระบือ สุกร เป็นต้น แต่เนื่องด้วยการกระจายของแหล่งวัตถุดิบและปัญหาในการเก็บรวบรวมและขนส่งวัตถุดิบ จึงส่งผลให้โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ไม่เป็นที่นิยม ดังนั้นหากมีการศึกษาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ในเชิงพื้นที่และการกระจายตัวของแหล่งวัตถุดิบ จะส่งผลให้มีข้อมูลสนับสนุนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการสนับสนุนให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์เพิ่มมากขึ้น

วิธีการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำแผนภูมิในรูปของภูมิสารสนเทศ เพื่อศึกษาการกระจายตัวของแหล่งวัตถุดิบในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดนครพนมเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการรวบรวมวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ โดยมีการพิจารณาข้อมูลในระดับตำบลและอำเภอของจังหวัดนครพนม โดยแบ่งเขตการพิจารณาตามเขตการปกครองเป็น 12 เขตอำเภอ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่อำเภอในจังหวัดนครพนม

ในการประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ จะใช้วิธีการประเมินโดยอ้างอิงการประเมินศักยภาพจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน[3] ซึ่งจะมีการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์

ชนิดสัตว์	หัวข้อ	ค่า	หน่วย
โคเนื้อ	ปริมาณมูลสด	5	กก./ตัว/วัน
	อัตราส่วนมูลที่เก็บได้	0.50	-
	อัตราส่วนของแข็งระเหยได้	13.37	%
	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้	0.307	ลบ.ม./กก.ของแข็งระเหยได้
กระบือ	ปริมาณมูลสด	8	กก./ตัว/วัน
	อัตราส่วนมูลที่เก็บได้	0.50	-
	อัตราส่วนของแข็งระเหยได้	13.64	%
	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้	0.286	ลบ.ม./กก.ของแข็งระเหยได้
สุกรพื้นเมืองและสุกรขุน	ปริมาณมูลสด	1.2	กก./ตัว/วัน
	อัตราส่วนมูลที่เก็บได้	0.8	-
	อัตราส่วนของแข็งระเหยได้	24.84	%
	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้	0.217	ลบ.ม./กก.ของแข็งระเหยได้

TREC-EMJD

สุกรพันธุ์	ปริมาณมูลสด	2	กก./ตัว/วัน
	อัตราส่วนมูลที่เก็บได้	0.8	-
	อัตราส่วนของแข็งระเหยได้	24.84	%
	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้	0.217	ลบ.ม./กก.ของแข็งระเหยได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากปศุสัตว์อำเภอทั้ง 12 แห่ง ในจังหวัดนครพนม พบว่าข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2563 และ 2564 ของจังหวัดนครพนม มีจำนวนประชากรโคเนื้อและโคนม รวมจำนวน 110,563 ตัว(โคนมมีเพียง 36 ตัว), กระบือจำนวน 56,916 ตัว และมีจำนวนสุกร 99,573 ตัว(สุกรพันธุ์ 14,623 ตัว, สุกรขุนและสุกรพื้นเมือง 84,950 ตัว)[4] ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าจำนวนการทำปศุสัตว์ประเภทโค กระบือ และสุกรมีอัตราการเลี้ยงที่เพิ่มสูงขึ้นโดยเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 จำนวนประชากรโค กระบือ และสุกรมีอัตราเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 33.38, 12.60 และ 9.47 ตามลำดับ[5-8] โดยสามารถประเมินเป็นศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ได้ประมาณ 9,452,672 ลูกบาศก์เมตร/ปี และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ในภาพรวมของจังหวัดนครพนมพบว่า มูลโคมีศักยภาพในการนำมาผลิตแก๊สชีวภาพมากที่สุดคือร้อยละ 44 ตามด้วยมูลกระบือร้อยละ 34 และมูลสุกร ร้อยละ 22 ตามลำดับ เนื่องจากประชากรโคมีสัดส่วนมากที่สุด และถึงแม้จำนวนของกระบือจะน้อยกว่าจำนวนสุกร คือ 56,916 ตัวและ 99,573 ตัว แต่ด้วยปริมาณมูลและอัตราส่วนการผลิตแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลกระบือเมื่อเทียบกับแก๊สชีวภาพที่ผลิตจากจำนวนมูลของสุกร ส่งผลให้มูลกระบือสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้มากกว่ามูลสุกร โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 อำเภอนาแกมีจำนวนประชากรโคมากที่สุด คือ 21,619 ตัว คิดเป็นร้อยละ 19.55 ของทั้งจังหวัด ส่วนกระบือจะนิยมเลี้ยงมากที่อำเภอศรีสงคราม 7,839 ตัว และอำเภอนาแก 7,028 ตัว ทั้งสองอำเภอนี้คิดเป็นร้อยละ 26.12 ของทั้งจังหวัด ส่วนสุกรนิยมเลี้ยงมากที่สุดที่อำเภอเมืองนครพนมจำนวน 48,611 ตัว คิดเป็นร้อยละ 48.82 ของทั้งจังหวัด

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรสัตว์และศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพในแต่ละตำบล

อำเภอ	จำนวนประชากรสัตว์ (ตัว)			แก๊สชีวภาพ	เทียบเท่าพลังงาน
	โค	กระบือ	สุกร	(m^3/ปี)	(MJ/ปี)
อำเภอนาทม	3,081	2,226	4,982	342,749.06	7,173,737.75
อำเภอบ้านแพง	4,409	2,461	6,976	441,897.78	9,248,920.60
อำเภอศรีสงคราม	7,996	7,839	4,471	836,092.71	17,499,420.46
อำเภอนาหว้า	6,543	5,428	13,832	832,783.63	17,430,161.38
อำเภอโพนสวรรค์	11,221	5,198	3,430	790,884.11	16,553,204.36
อำเภอท่าอุเทน	3,161	3,966	1,833	385,786.09	8,074,502.79
อำเภอเมืองนครพนม	14,676	5,111	48,611	1,870,596.48	39,151,584.27
อำเภอปลาปาก	7,665	3,811	2,699	562,059.55	11,763,906.48
อำเภอวังยาง	9,737	4,090	4,334	686,172.24	14,361,584.95
อำเภอนาแก	21,619	7,028	3,329	1,279,406.48	26,777,977.57
อำเภอเรณูนคร	12,471	6,254	351	830,399.35	17,380,258.43
อำเภอธาตุพนม	7,984	3,504	4,725	593,844.04	12,429,155.82
ผลรวมทั้งหมด	**110,563**	**56,916**	**99,573**	**9,452,671.52**	**197,844,414.86**

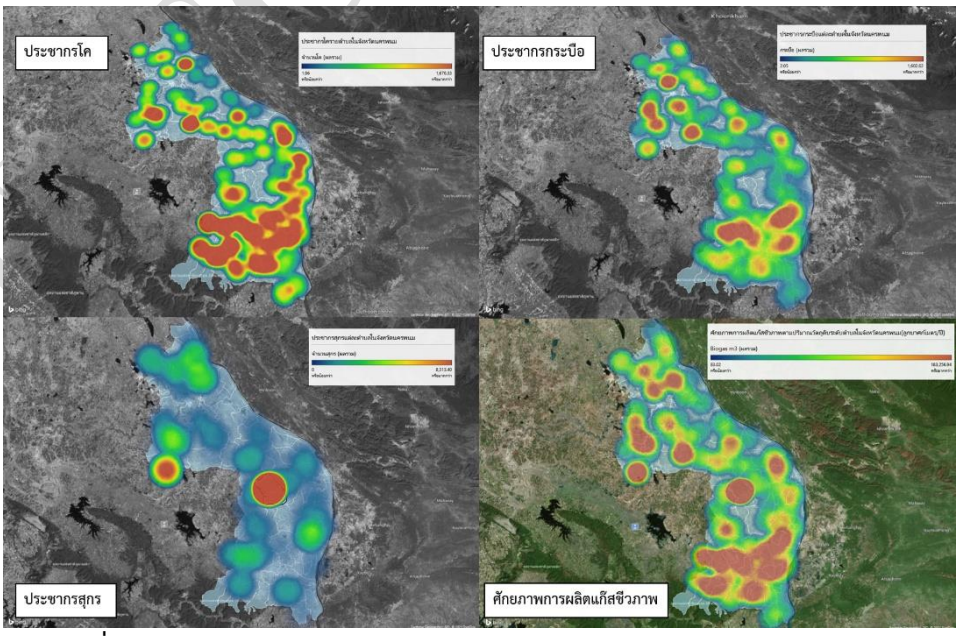
เมื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า อำเภอที่มีศักยภาพมากที่สุดคืออำเภอเมืองนครพนมและอำเภอนาแก โดยทั้งสองอำเภอมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโค กระบือและสุกร รวม 3,150,003 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 33.32 ของทั้งจังหวัด

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นของประชากรสัตว์และศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพต่อพื้นที่

อำเภอ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความหนาแน่นประชากรสัตว์ (ตัว/km^2)			ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพต่อพื้นที่ (m^3/km^2)
		โค	กระบือ	สุกร	
อำเภอนาทม	398.129	7.74	5.59	12.51	860.90
อำเภอบ้านแพง	284.731	15.48	8.64	24.50	1,551.98
อำเภอศรีสงคราม	671.371	11.91	11.68	6.66	1,245.35
อำเภอนาหว้า	288.448	22.68	18.82	47.95	2,887.12
อำเภอโพนสวรรค์	718.835	15.61	7.23	4.77	1,100.23
อำเภอท่าอุเทน	467.983	6.75	8.47	3.92	824.36
อำเภอเมืองนครพนม	853.306	17.20	5.99	56.97	2,192.18
อำเภอปลาปาก	547.096	14.01	6.97	4.93	1,027.35
อำเภอวังยาง	137.931	70.59	29.65	31.42	4,974.75
อำเภอนาแก	539.217	40.09	13.03	6.17	2,372.71
อำเภอเรณูนคร	253.952	49.11	24.63	1.38	3,269.91
อำเภอธาตุพนม	367.884	21.70	9.52	12.84	1,614.22

เนื่องด้วยขนาดพื้นที่ของแต่ละอำเภอมีขนาดไม่เท่ากัน จึงควรพิจารณาทางด้านความหนาแน่นต่อพื้นที่อำเภอเป้าหมายด้วย จึงจะสามารถบอกได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความน่าสนใจและมีศักยภาพในการรวบรวมมูลสัตว์ดังกล่าวมาผลิตแก๊สชีวภาพ ดังนั้นเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของโค กระบือ และสุกร รวมถึงศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพต่อขนาดของพื้นที่แต่ละอำเภอ จากตารางที่ 3 พบว่าประชากรโค มีความหนาแน่นมากที่สุดบริเวณอำเภอวังยาง อำเภอเรณูนครและอำเภอนาแก ซึ่งมีพื้นที่ติดต่อกันส่งผลให้หากมีรวบรวมมูลโคเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพบริเวณพื้นที่ในเขตอำเภอดังกล่าวมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ประชากรกระบือจะมีความหนาแน่นมากที่สุดบริเวณอำเภอวังยางและอำเภอเรณูนคร ส่วนความหนาแน่นของสุกรจะอยู่บริเวณอำเภอเมืองนครพนม และเมื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ทั้ง 3 ประเภท อำเภอวังยางและอำเภอเรณูนครมีความเหมาะสมเชิงพื้นที่ค่อนข้างมากเนื่องจากมีพื้นที่ชิดติดกัน



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของโค กระบือ สุกร และศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของประชากรโค กระบือ และสุกร โดยในภาพรวมของจังหวัดนั้น ประชากรโคจะมีความหนาแน่นอยู่บริเวณส่วนกลางและล่างของจังหวัด สอดคล้องกับประชากรกระบือที่จะมีความหนาแน่นอยู่บริเวณอำเภอวังยางและอำเภอเรณูนคร ส่วนกระบือนั้นจะหนาแน่นเพียงที่ตำบลกุรุคุ อำเภอเมืองนครพนมและที่ตำบลนางัว อำเภอนาหว้า ส่งผลให้ภาพรวมของศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ จะอยู่บริเวณตอนกลางถึงตอนล่างของจังหวัด ดังนั้นเมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นของประชากรสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพและพื้นที่ที่มีความต่อเนื่องกัน อันจะส่งผลต่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมมูลสัตว์วัตถุดิบ พบว่าในเขตอำเภอวังยาง อำเภอนาแก อำเภอเรณูนคร อำเภอธาตุพนม และอำเภอเมืองนครพนม โดยพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพรวมกันประมาณ5,260,418.59 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น ร้อยละ 55.65 ของทั้งจังหวัด

แต่หากไม่นับรวมในส่วนของอำเภอเมือง จะมีศักยภาพ 3,389,822.11 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 35.86 แต่หากพิจารณาภาพที่ 2 พบว่าพื้นที่ที่น่าสนใจคือ บริเวณตำบลกุรุคุ ของพื้นที่อำเภอเมืองนครพนม ซึ่งเฉพาะตำบลนี้มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพถึง 916, 284.66ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น ร้อยละ 9.70 ของทั้งจังหวัด อันเนื่องมาจากความหนาแน่นของประชากรสุกรที่มากถึง 41,567 ตัว ดังนั้นหากคิดเฉพาะพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของมูลโค กระบือและสุกร ที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกันคือ อำเภอวังยาง อำเภอนาแก อำเภอเรณูนคร และอำเภอธาตุพนม เพียง 4 อำเภอและรวมเฉพาะพื้นที่ตำบลกุรุคุที่อยู่ในเขตของอำเภอเมือง จะมีศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพถึง 4,306,106.77 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น ร้อยละ 45.55 ของทั้งจังหวัด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ.2564 จังหวัดนครพนมมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ประเภทโค กระบือและสุกรประมาณ 9,452,671.52 ลูกบาศก์เมตร/ปี หรือ 197,844,414.86 MJ/ปี พื้นที่ที่มีความน่าสนใจในการรวบรวมมูลสัตว์ดังกล่าวเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพคือ บริเวณอำเภอวังยาง อำเภอนาแก อำเภอเรณูนคร อำเภอธาตุพนม และอำเภอเมืองนครพนม เนื่องจากมีความหนาแน่นของมูลสัตว์ที่มีพื้นที่ติดต่อกันมากที่สุด โดยพื้นที่ทั้ง 5 อำเภอดังกล่าวมีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ประมาณร้อยละ 55.65 เมื่อเทียบกับทั้งจังหวัด เมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของประชากรโคกระบือพบว่าพื้นที่อำเภอวังยางมีประชากรของโคและกระบือมากที่สุดคือ 70.59 และ 29.65 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนสุกรมีความหนาแน่นมากที่สุดที่อำเภอเมืองนครพนม ประมาณ 56.97 ตัวต่อตารางกิโลเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยแผนงานวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นการสนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) รวมถึงข้อมูลในการศึกษาวิจัยจากปศุสัตว์อำเภอในจังหวัดนครพนมทั้ง 12 แห่ง คณะทีมงานวิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). **รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย 2562**. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2564, จาก https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47340

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). **“แผนที่ตั้งแสดงโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในประเทศไทย”**. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2564, จาก http://biogas.dede.go.th/download/dede/filemap_re/2556/biogas13.png

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2543). การประเมินศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์. **พลังงานชีวมวล**. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2564, จากhttp://www2.dede.go.th/dede/renew/bio_p.htm?fbclid=IwAR36I6BYNXtVLTWzBB_FPyWirrXBTugXGCd1V5_YWf628DcjgzdAjn5b_bo

[4] ปศุสัตว์อำเภอในพื้นที่จังหวัดนครพนม. (2564). **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ 2563**. ข้อมูลทุติยภูมิ. หนังสือวิทยาลัยธาตุพนม ที่ อว.0609.7/ว.253 ลว. 21 พฤษภาคม 2564 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูล

[5] สำนักงานจังหวัดนครพนม. **“ข้อมูลจังหวัดนครพนม 2558”**. บรรยายสรุปจังหวัด [ระบบออนไลน์] http://www2.nakhonphanom.go.th/files/com_news_devpro1/2018-10_f88425a19c5682a.pdf

TREC-14(MJD)

[6] สำนักงานปศุสัตว์นครพนม. **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ปี 2559**. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2564, จาก http://pvlo-kop.dld.go.th/webnew/index.php/en/service-menu/stat-report/206-2014-02-28-16-47-63
[7] สำนักงานปศุสัตว์นครพนม. **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ปี 2560**. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2564, จาก http://pvlo-kop.dld.go.th/webnew/index.php/en/service-menu/stat-report/207-2014-02-28-16-47-64
[8] สำนักงานปศุสัตว์นครพนม. **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ปี 2561**. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2564, จาก http://pvlo-kop.dld.go.th/webnew/index.php/en/service-menu/stat-report/208-2014-02-28-16-47-65

TREC-14 (MJU)

การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi เพื่อการบันทึกข้อมูลและเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

Development of Energy Monitoring System with the Application of Embedded Raspberry Pi to Record Data and Link to Server

วันวิเศษ อภิชาติ[1] นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์[1] พันธ์ลพ สินธุยา[2] วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1]
หทัยทิพย์ สินธุยา[1] และ อำนาจ โกวรรณ[3*]
Wanwiset Aphichat[1] Narakorn Songkittirote[1] Panlop Sintuya[2] Worajit Setthapun[1]
Hathaithip Sintuya and Umnaj Kowan [1]

[1]สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน คณะวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180
[2] สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180
[3] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

Abstract

Nowadays, the energy consumption monitoring system is very important because the monitoring system can track and collect energy consumption data for energy management analysis and increase energy efficiency. This research developed a power tracking system for homes and buildings. The PZEM-016 energy monitoring module is used in conjunction with the embedded Raspberry Pi to measure the electrical consumption data for homes and buildings. There is a backup memory storage system that can store data if the data cannot be sent to the host computer system. The web application was also developed over the local network by collecting data using Influx DB and MySQL databases to optimize the performance of the system. The web application can display real-time and historical energy consumption data. The test result of the measuring device accuracy revealed that the reading error of the voltage is 1.28% and the current is 0.16%. The performance of the backup database is 100% and the average historical data transmission is at 97%. Therefore, this research had Development of Energy Monitoring System with the Application of Embedded Raspberry Pi to Record Data and Link to Server. The system will increase the efficiency of energy data storage capability with the ease of user through the web application.

Keywords: electric energy tracking system, electric energy tracking and storage system, IoT electric energy tracking system

บทคัดย่อ

ระบบติดตามการใช้พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากระบบติดตามสามารถจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์เพื่อบริหารจัดการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบติดตามพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านและอาคาร โดยใช้งานโมดูลตรวจวัดพลังงาน PZEM-016 ร่วมกับสมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการตรวจวัดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าของบ้านและอาคาร โดยมีระบบเก็บข้อมูลหน่วยความจำสำรองที่สามารถเก็บข้อมูลในกรณีที่ไม่สามารถส่งข้อมูลภาระทางไฟฟ้าไปยังระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่าย อีกทั้งระบบนี้มีเว็บแอปพลิเคชันผ่านเครือข่าย Local network โดยใช้ระบบฐานข้อมูล Influx DB และ MySQL ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลข้อมูลการบริโภคพลังงานไฟฟ้าแบบ Real-Time และข้อมูลย้อนหลัง โดยผลการทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 1.28 % และกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 0.16 % โดยมีประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลสำรองที่สามารถเก็บข้อมูลได้ 100 % และการส่งข้อมูลย้อนหลังเฉลี่ยอยู่ที่ 97 % งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบติดตามพลังงานไฟฟ้าด้วยการประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi เพื่อการบันทึกข้อมูลและ

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

EI: นวัตกรรมด้านพลังงาน (Energy Innovation)

การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงด้วยเตากลองเพลขนาด 200 ลิตร

ฤทธิไกร ไชยงาม[1*] และ ไพรัตน์ ธรรมแสง[1]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

Abstract

The Glong Pain charcoal kiln is fabricated from a 200-liter tank placed horizontally. The kiln is ignited with LPG gas through a heat inlet made of steel elbows with a diameter of 10 cm. The chimney is made of steel pipe with a diameter of 7.5 cm. The chimney's top is 15 centimeters higher than the back of the kiln. In the experiment, the temperature was measured at 4 different locations, including the point near the ceiling of the kiln, the point in the middle of the kiln, and the point at the bottom of the kiln near the chimney, and at the chimney's top. The data was collected every 1 minute. The experiment of producing bamboo charcoal (Bamboo Multiplex) with a 7-step charcoal burning process according to the method of Mr. Kitti Lertlum included, 1) wood selection, 2) wood sorting, 3) wood drying, 4) stimulation, 5) charcoal burning, 6) charcoal purification, and 7) kiln shutdown. The Glong Pain charcoal kiln can produce a maximum temperature of 975˚C to 1,023˚C, when the flue is mounted to 1.20 m. It can produce bamboo charcoal with high carbon purity. The electrical resistance measured from both ends of a 40 cm long bamboo charcoal stick was less than 10 Ω. The charcoal stick is strong. When knocking on each other, there is a loud sound similar to knocking on a glass.

Keywords: bamboo charcoal, High quality charcoal, Glong Pain charcoal kiln, 200-litter charcoal kiln

บทคัดย่อ

เตาเผาถ่านกลองเพลประดิษฐ์ขึ้นจากถังขนาด 200 ลิตร วางในแนวนอน จุดเตาด้วยก๊าซแอลพีจีผ่านช่องรับความร้อนที่ทำจากข้องอเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ปล่องควันทำจากท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm ปากปล่องอยู่สูงกว่าหลังเตา 15 cm ในการทดลองเผาได้วัดอุณหภูมิตำแหน่งต่าง ๆ 4 จุด ได้แก่ จุดใกล้เพดานเตา จุดกลางเตา จุดล่างเตาใกล้ปล่องควัน และจุดปากปล่องควัน โดยเก็บบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที การทดลองการผลิตถ่านไม้ไผ่สร้างไพร (Bamboo Multiplex) ด้วยกระบวนการเผาถ่าน 7 ขั้นตอน ตามกรรมวิธีของนายกิตติ เลิศล้ำ ได้แก่ การคัดเลือกไม้ การเรียงไม้ใส่เตา การอบไม้ การโหมกระตุ้น การเผาถ่าน การทำถ่านให้บริสุทธ์ และการปิดเตา ผลการทดลองพบว่า เตาเผาถ่านแบบกลองเพลสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดที่ 975 ˚C ถึง 1,023 ˚C เมื่อต่อปล่องควันขึ้น 1.20 m สามารถผลิตถ่านไม้ไผ่ที่มีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูง ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดจากปลายทั้งสองข้างของแท่งถ่านไม้ไผ่ยาว 40 cm มีค่าต่ำกว่า 10 Ω มีเนื้อถ่านแกร่ง เมื่อเคาะกันมีเสียงดังคล้ายเคาะแก้ว

คำสำคัญ : ถ่านไม้ไผ่ ถ่านคุณภาพสูง เตาเผ่าถ่านกลองเพล เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตถ่านในระดับครัวเรือนด้วยถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ได้รับความนิยมมาก เพราะสามารถทำได้ง่าย หาซื้อวัสดุทำเตาได้ทั่วไปในราคาถูก ใช้เวลาตลอดกระบวนการผลิตเพียง 1-2 วัน ได้ปริมาณถ่านเพิ่มขึ้นจาก 15% เป็น 25% โดยน้ำหนักไม้วัตถุดิบ และสามารถผลิตถ่านได้จากเศษไม้หรือวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการเผยแพร่ให้ประชาชนนำไปใช้ในระดับครัวเรือนอย่างเป็นนทางการ [1] แต่ผู้วิจัยพบว่า เตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร แบบวางนอน ยังไม่มีการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตามากนัก ตรงข้ามกับเตาเผาถ่านแบบวางตั้ง ที่มีการศึกษาค้นคว้าและเผยแพร่

TREC-14 (MJU)

หลายผลงาน [2,3] นอกจากนั้นแล้ว กระบวนการเผาถ่านด้วยเตาแบบถังนอนโดยทั่วไป ยังปิดเตาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 ˚C ซึ่งยังมีสารระเหยคงเหลือ (volatile matter) และน้ำมันดิน (tar) เหลืออยู่จึงไม่ปลอดภัยต่อการใช้เป็นถ่านปิ้งย่าง และการเก็บน้ำส้มควันไม้ การศึกษาวิจัยนี้ ได้วิจัยและพัฒนาเตาเผาถ่านด้วยถังขนาด 200 ลิตร แบบถังนอน ให้สามารถผลิตถ่านคุณภาพสูง มีสารระเหยคงเหลือน้อยในระดับมาตรฐานปลอดภัย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประดิษฐ์เพื่อพัฒนาเตาเผาถ่านให้ดีขึ้น ผู้วิจัยออกแบบเตาเผาถ่านขึ้นใหม่ โดยปรับปรุงจากเตาเผาถ่านขนาดถัง 200 ลิตรแบบถังนอนที่ใช้กันทั่วไป เรียกว่า “เตาเผาถ่านกลองเพล” และพัฒนาชุดวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (thermocouple type-K) เพื่อวัดอุณหภูมิทุก ๆ 1 วินาที และบันทึกข้อมูลเฉลี่ยด้วยทุก ๆ 1 นาที ผู้วิจัยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตำแหน่งต่าง ๆ 4 จุด ได้แก่ จุดเพดานเตา จุดกลางเตา จุดใกล้พื้นเตา และจุดปากปล่องควัน ผู้วิจัยทดลองการผลิตถ่านไม้ไผ่สร้างไพร (Bamboo Multiplex) ทั้งหมด 16 ครั้ง ด้วยกระบวนการเผาถ่าน 7 ขั้นตอน ตามกรรมวิธีของนายกิตติ เลิศล้ำ ได้แก่ การคัดเลือกไม้ การเรียงไม้ใส่เตา การอบไม้ การโหมกระตุ้น การเผาถ่าน การทำถ่านให้บริสุทธ์ และการปิดเตา โดยใช้เวลาประมาณ 15-20 ชั่วโมงตลอดกระบวนการ ก่อนจะทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเปิดเตานำถ่านออกมาวัดค่าความนำไฟฟ้าและสังเกตลักษณะทางกายภาพของถ่าน

เตาเผาถ่านกลองเพล

เตาเผาถ่านกลองเพล เป็นเตาเผาถ่านรูปทรงกระบอกขนาด 200 ลิตร วางตัวตามแนวนอน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อาจทำจากถังเหล็ก 200 ลิตร ที่หาซื้อได้ทั่วไป หรือทำขึ้นจากแผ่นเหล็ก เตาเผาถ่านกลองเพลมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ ตัวเตา ช่องรับความร้อน และปล่องควัน ตัวเตามีลักษณะคล้ายกลองเพลที่มีอยู่เกือบจะทุกวัดในชนบทของภาคอีสาน ตัวเตา หุ้มผนังเตาด้านนอกด้วยเซรามิกไฟเบอร์และโอบหุ้มด้วยดินผสมขี้เถ้าแกลบซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายราคาถูก ช่องรับความร้อนทำจากข้องอเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ออกแบบสำหรับจุดด้วยก๊าซแอลพีจี ปากปล่องควันอยู่สูงเหนือหลังเตาเพียง 15 cm และช่องหรี่ (ช่องเดียวกับช่องรับความร้อน) อยู่สูงเกือบกึ่งกลางของตัวเตา ความต่างระหว่างช่องหรี่และปากปล่องน้อย ทำให้สามารถผลิตถ่านด้วยอัตราการให้ความร้อนต่ำลง รายละเอียดการออกแบบเตาแสดงดังภาพที่ 1-4

กระบวนการเผาถ่าน

กระบวนการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดลองมี 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคัดเลือกไม้ ไม้ไผ่ที่ควรนำมาเป็นวัตถุดิบในการเผาถ่านควรจะมีอายุไม่น้อยกว่า 2 ปี ไผ่แต่ละชนิดมีปริมาณแป้ง น้ำตาล หรือลิกนินต่อน้ำหนักแตกต่างกัน ทำให้ถ่านที่ได้มีคุณลักษณะแตกต่างกันส่วนโคนต้นจะมีความหนาแน่นของเนื้อไม้มากกว่าแต่จะมีน้ำตาลและแป้งมากกว่า ส่วนกลางของลำไม้ไผ่จะมีปริมาณลิกนินมากกว่าจึงจะให้ถ่านที่มีคุณภาพมากกว่า

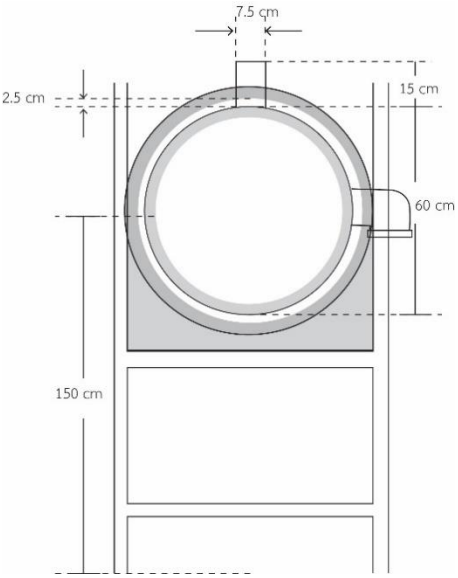
ขั้นที่ 2 การเรียงไม้เข้าเตา การเรียงไม้แบบตั้งจะทำให้อุณหภูมิกระจายจากด้านบนลงด้านล่างได้ดีกว่าการเรียงตามแนวนอน การเรียงไม้แบบแนวตั้งไม่จำเป็นต้องมีตะแกรงที่พื้นเตา ควรเรียงไม้สดกว่าไว้ด้านบน เรียงไม้ท่อนใหญ่กว่าไว้ด้านบน ควรเรียงไม้หวังผลหรือไม้ไผ่ที่ต้องการให้เป็นถ่านรูปพรรณดีไว้ด้านใน และให้จัดเรียงไม้เข้าในเตาให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ จัดเรียงให้แน่นที่สุดเท่าที่ทำได้ น้ำหนักเนื้อไม้ที่มากกว่าจะทำให้ได้ถ่านมากกว่าและอุณหภูมิสูงกว่า

ขั้นที่ 3 การอบไม้ ให้ทำการอบไม้ก่อนเผาให้กลายเป็นถ่าน โดยการปิดปากปล่องควันไว้ ความร้อนที่ได้รับจากช่องรับความร้อน จะค่อย ๆ สะสมและกระจายไปทั่วเตา ทำให้น้ำออกจากไม้ส่วนหนึ่งและส่วนหนึ่งก็พร้อมจะถูกขับออก ในกรณีที่เป็นไม้แห้งควรอบ 4 – 6 ชั่วโมง ในกรณีไม้สดควรอบ 8 – 10 ชั่วโมง

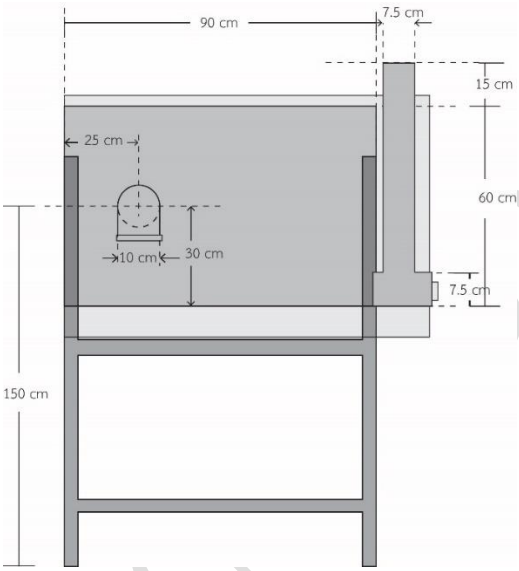
ขั้นที่ 4 การโหมกระตุ้นให้เตาติดไฟโหมกระตุ้นให้เตาติดไฟเพื่อทำให้กระบวนการดำเนินไปได้โดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงจากภายนอกด้วยการเปิดปล่องควัน แล้วเพิ่มไฟในช่องรับความร้อนให้เต็มที่ รอจนอุณหภูมิควันที่ปากปล่องสูงขึ้นถึง 80˚C

TREC-KMUTT (MJU)

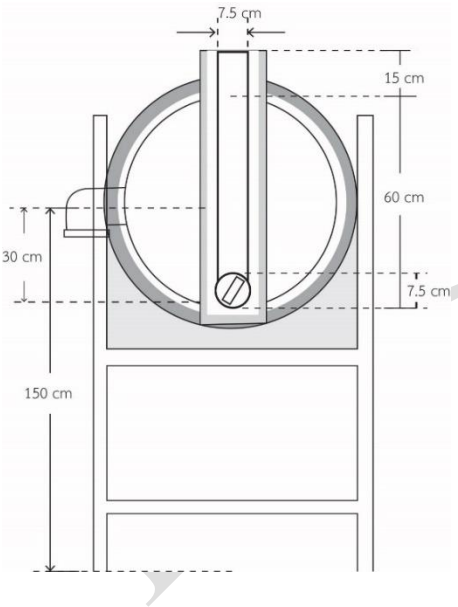
จึงหยุดให้เชื้อเพลิง แล้วสังเกตว่ากระบวนการเผาดำเนินไปได้เองหรือไม่ โดยสังเกตจากอุณหภูมิควันว่าลดลงหรือไม่ หากลดลงเรื่อย ๆ จนต่ำกว่า 75˚C แสดงว่าเตาไม่ติดไฟ ต้องให้เชื้อเพลิงอีกครั้ง



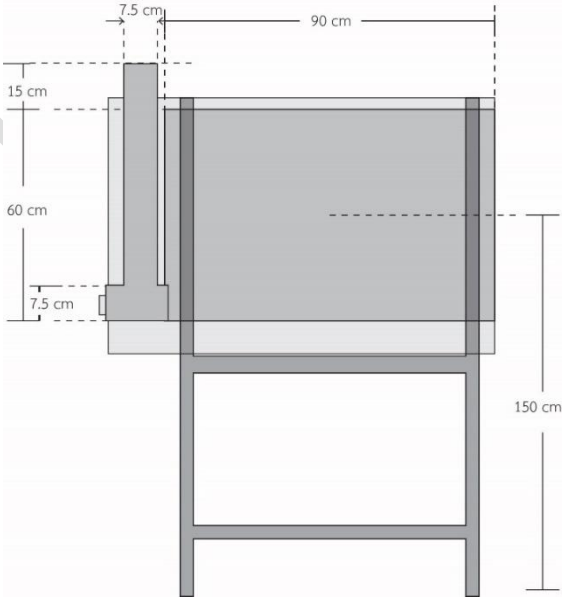
ภาพที่ 1 ด้านหน้าเตา



ภาพที่ 2 ข้างเตาด้านขวา (หันหน้าเข้าหาเตา)



ภาพที่ 3 ด้านหลังเตา



ภาพที่ 4 ข้างเตาด้านซ้าย (หันหน้าเข้าหาเตา)

ขั้นที่ 5 การเผาให้ไม้กลายเป็นถ่านและเก็บน้ำส้มควันไม้ เมื่อเตาติดไฟแล้ว ปิดก๊าซหยุดให้ความร้อน แล้วปรับลดพื้นที่หน้าตัดของช่องรับความร้อน หรี่ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าในเตา เพื่อควบคุมควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 85˚C หรืออยู่ในช่วง 80˚C - 85˚C เป็นการควบคุมอัตราการให้ความร้อนต่ำที่สุดเท่าที่กระบวนการเผาจะดำเนินไปได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้ได้ถ่านที่เนื้อแกร่ง ความหนาแน่นสูง แล้วเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้จนกว่าอุณหภูมิควันปากปล่องจะถึง 150˚C จึงหยุดเก็บ

ขั้นที่ 6 การทำถ่านให้บริสุทธิ์ เปิดช่องรับความร้อนเต็มที่ ให้อากาศไหลเข้าเตาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิในเตาให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการเผาถ่านหุงต้มหรือถ่านชีวภาพ (biochar) สามารถปิดเตาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 700˚C ถ้าต้องการผลิตถ่านปิ้งย่างที่ไม่มีน้ำมันดิน มีสารระเหยคงเหลือน้อย จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 700˚C - 800˚C ถ้าต้องการเผาถ่านคุณภาพสูงที่มีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูง (ความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 10 Ω) สามารถนำไปใช้ในกรองน้ำหรือแช่น้ำดื่มได้ จะต้องเผาในช่วง 800 - 900˚C ถ้าต้องการเผาถ่านคุณภาพสูงที่มีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูงมาก มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 5 Ω จะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 900˚C

ขั้นที่ 7 การปิดเตา เมื่ออุณหภูมิภายในเตาสูงตามต้องการแล้ว ปิดช่องหรืออากาศด้วยฝาปิดเกลียวเหล็กรอให้ความร้อนระบายออกทางปากปล่องประมาณ 30 นาที จึงปิดปล่องควันด้วยการใส่ดินทรายลงในปล่องควันจนเกือบเต็ม แล้วรอให้อุณหภูมิในเตาลดลงต่ำกว่า 50˚C ในการเก็บถ่านจะต้องเอาถ่านออกมาวางเรียงไว้นอกเตาจนมั่นใจว่าถ่านจะไม่ลุกติดไฟ จึงเก็บใส่ภาชนะต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

เตาเผาถ่านกลองเพล

ผลการพัฒนาเตาเผาถ่านกลองเพลแสดงดังภาพที่ 5 บรรจุฟืนจากด้านหน้าเตา ฝาปิดเตาบุด้วยเซรามิกเฟอร์เป็นฉนวนความร้อนเช่นเดียวกับผนังเตา เพื่อให้การปิดเตาง่ายขึ้นและแน่นหนามากขึ้น ผู้วิจัยได้ติดฝาปิดเตากับบานพับเหล็ก ทำให้สามารถปิด-เปิดได้สะดวก และใช้สกรูเหล็กหมุนดันปิดล็อค อย่างไรก็ตาม เพื่อจะปิดสนิท ในกระบวนการเผาจำเป็นต้องใช้ดินผสมแกลบดิบปิดรอบ ๆ ฝาปิดเตาทุกครั้ง

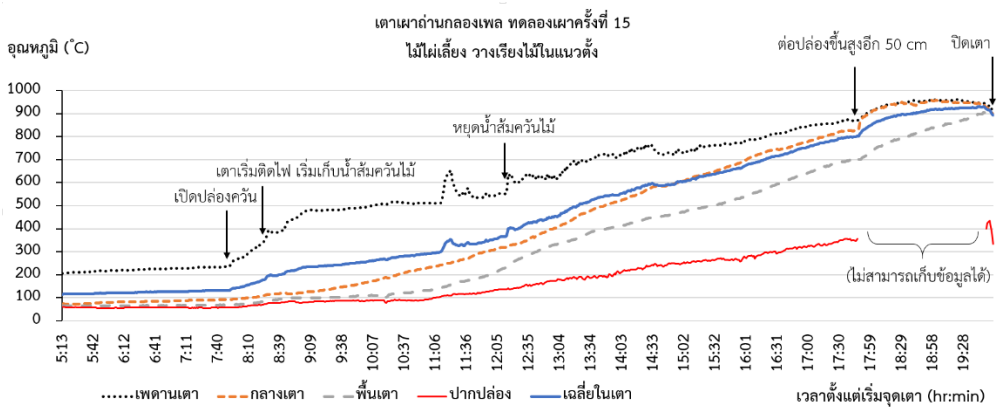
ภาพที่ 5 เตาเผาถ่านกลองเพลด้านหน้าเตา ด้านข้างเตา และด้านหลังเตา

การทดลองเผาถ่าน

การทดลองเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านกลองเพล 16 ครั้ง โดยใช้ไม้ไผ่สร้างไพร (Bamboo Multiplex) พบว่า เตาเผาถ่านกลองเพลสามารถบรรจุไม้ได้ประมาณ 70 – 90 kg ขึ้นอยู่กลับลักษณะของไม้และการเรียงไม้ สามารถเพิ่มอุณหภูมิสูงสุดภายในเตาได้มากกว่า 1,023˚C เมื่อต่อปล่องควันให้สูงเพิ่ม 1.20 m เพื่อเพิ่มแรงดูดอากาศเข้าเตาในขั้นตอนการทำถ่านให้บริสุทธิ์ อุณหภูมิภายในเตาเฉลี่ย 850˚C – 950˚C ขึ้นอยู่กับปริมาณไม้ ลักษณะไม้ และความชื้นรอบ ๆ เตา กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่แสดงดัง4 ภาพที่ 6

จากการทดสอบทั้งหมด 16 ครั้ง ระยะเวลาตลอดกระบวนการตั้งแต่เริ่มจุดเตาจนถึงปิดเตา เฉลี่ยประมาณ 20 ชั่วโมง หลังจากปิดเตาต้องรอให้เตาเย็นประมาณ 20 ชั่วโมง จึงเปิดได้ อัตราการให้ความร้อนเฉลี่ยหลังจากเปิดปล่องควันจนถึงปิดเตาเท่ากับ 1˚C/min อุณหภูมิปากปล่องหรืออุณหภูมิควันที่เก็บน้ำส้มควันไม้อยู่ในช่วง 80˚C – 150˚C หลังจากหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ ผู้วิจัยค่อย ๆ ขยายช่องหรีรับอากาศให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น พบว่าอุณภูมิเฉลี่ยภายในเตาเริ่มคงที่ที่ 800˚C จึงต่อความสูงของปล่องขึ้น 50 cm ความแตกต่างระหว่างระดับปากปล่องกับช่องรับอากาศที่มากขึ้น ทำให้แรงดูดอากาศเข้าเตาเพิ่มขึ้น จึงเกิดการเผาไหม้ อุณหภูมิในเตาจึงเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเริ่มคงที่อีกครั้งหนึ่งจึงปิดเตา ในการทดลองเผาหลายครั้ง ผู้วิจัยทดลองต่อปล่องขึ้นสูง 1.20 m พบว่า อุณหภูมิในเตาสูงขึ้นมากกว่า 1,000˚C

IREC 4 (MUU)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทั้ง 4 จุด กับระยะเวลาตั้งแต่จุดเตา

กราฟแสดงอุณหภูมิทั้ง 4 จุด คือ เพดานเตา กลางเตา ใกล้พื้นเตา และจุดปากปล่อง แสดงในภาพที่ 6 หลังจากกระบวนการอบไม้เป็นเวลาประมาณ 8 ชั่วโมง อุณหภูมิจุดเพดานเตาประมาณ 235˚C ในขณะที่อุณหภูมิกลางเตาและใกล้พื้นเตาอยู่ที่ประมาณ 60˚C ผู้วิจัยเริ่มเปิดปล่องควันให้ควันสามารถไหลเวียนผ่านออกทางปากปล่อง ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณ 350˚C เตาจึงเริ่มติดไฟ เมื่ออุณหภูมิควันที่ปากปล่องถึง 80˚C จึงปิดก๊าซหยุดให้เชื้อเพลิงแล้วปล่อยให้กระบวนการดำเนินต่อไปและเริ่มจัดเก็บน้ำส้มควันไม้

อุณหภูมิที่เพดานเตาสูงกว่ากลางเตาและพื้นเตาในช่วงแรก ๆ ก่อนที่อุณหภูมิกลางเตาจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากัน เช่นเดียวกับอุณหภูมิด้านล่างเตา ซึ่งค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเท่ากันก่อนจะปิดเตา กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นในลักษณะนี้แสดงว่ากระบวนการที่ไม้กลายเป็นถ่านเริ่มจากด้านบนลงด้านล่าง ในขณะเดียวกันก็เริ่มจากด้านหน้าเตาไปด้านหลังเตา

ถ่านไม้ไผ่จากเตาเผาถ่านกลองเพล

จากการทดลองเผาทั้งหมด 16 ครั้ง ที่อุณหภูมิสูงสุดในเตาตั้งแต่ 850˚C – 1,023˚C พบว่าปริมาณถ่านที่ได้ต่อเตาคิดเป็น 8% – 15% โดยน้ำหนัก ยิ่งเผาที่อุณหภูมิสูงปริมาณถ่านยิ่งเหลือน้อย และแม้จะใช้กรรมวิธีเดียวกันในการเผาถ่าน แต่ผู้วิจัยพบว่า อุณหภูมิภายในเตาแต่ละจุดจะมีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับหลายเหตุปัจจัย เช่น ชนิดของไม้ ความสดแห้งของไม้ ปริมาณไม้ ลักษณะการจัดเรียงไม้ หรือแม้แต่ความชื้นของอากาศภายนอกเตา ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุดภายในเตาและทำให้คุณสมบัติของถ่านที่ได้แตกต่างไปในแต่ละเตา ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อสังเกตคุณลักษณะของถ่าน จากการทดลองเผาทั้งหมด 16 ครั้ง พบว่า ถ่านที่เผาที่อุณหภูมิเฉลี่ยในเตา 850˚C - 900˚C จะมีความต้านทานไฟฟ้าไม่เกิน 10 Ω ถ่านที่เผาที่อุณหภูมิเฉลี่ยในเตา 900˚C – 1,000˚C จะมีความต้านทานไฟฟ้าไม่เกิน 5 Ω (วัดจากปลายทั้งสองข้างของถ่านที่ยาวประมาณ 40 cm) และถ่านที่เผาด้วยอัตราการให้ความร้อนที่ช้ากว่า ด้วยการหรี่ช่องอากาศขนาดเล็กกว่า ทำให้ใช้ระยะเวลาตั้งแต่เปิดปล่องจนถึงปิดเตามากกว่า จะมีความแกร่งของเนื้อถ่านมากกว่า เมื่อนำมาเคาะกันจะมีเสียงดังกังวานคล้ายเคาะแก้วมากกว่า ลักษณะของถ่านที่ได้จากเตาเผาถ่านกลองเพล ทดลองเผาครั้งที่ 15 แสดงดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ลักษณะของถ่านไม้ไผ่จากเตาเผาถ่านกลองเพล ทดลองเผาครั้งที่ 15

TREC-14 (MJU)

จากการสุ่มถ่านตัวอย่างจำนวน 1 kg ที่ได้จากการทดลองเผาเตาที่ 1 – 8 ซึ่งเผาด้วยอุณหภูมิสูงสุดในเตา 900˚C - 975˚C นำไปตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น (proximity analysis) พบว่า ค่าคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) เท่ากับ 84.61% ค่าสารระเหยคงเหลือ 8.46% ปริมาณขี้เถ้า 6.94% แสดงว่าถ่านมีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูงถึง 85% จัดเป็นถ่านคุณภาพสูง ที่สามารถนำไปใช้เกี่ยวกับการบริโภคได้ เช่น การแช่น้ำดื่ม ใช้ในเครื่องกรองน้ำ ใช้เป็นยาดูดกลืนสารพิษในร่างกาย

สรุปผลการวิจัย

เตาเผาถ่านกลองเพลที่ผู้วิจัยพัฒนาต่อยอดจากเตาเผาถ่านแบบถังนอนขนาด 200 ลิตร ที่ใช้กันทั่วไป เมื่อใช้ผลิตถ่านไม้ไผ่ตามกรรมวิธี 7 ขั้นตอน ตามคำแนะนำของนายกิตติ เลิศล้ำ พบว่า สามารถผลิตถ่านไม้ไผ่ที่มีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูง สามารถสร้างขึ้นเองได้ในระดับครัวเรือน ใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น ราคาไม่แพง ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ กับระยะเวลาตั้งแต่จุดเตาที่นำเสนอไว้ในผลการวิจัยนี้ จะทำให้เกษตรกรในชุมชนสามารถจะผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงด้วยตนเองได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาวิจัยต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นนี้ บูรณาการเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน ขอขอบคุณสาโนนนาขวัญข้าวที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองเผาถ่าน และขอขอบคุณนายกิตติ เลิศล้ำ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมถึงการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการผลิตถ่านด้วยเตาเผาถ่านนากาโกะยากิ (Nakago Yaki) ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนามาเป็นเตาเผาถ่านกลองเพลซึ่งมีราคาถูกและทำเองได้ในครัวเรือน

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักนวัตกรรมแห่งชาติ. **คู่มือการสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร.** URL: https://social.nia.or.th/wp-content/uploads/2019/12/05-การสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด-200-ลิตร.pdf สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2564.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **คู่มือการผลิตและการใช้งานเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร.** URL: https://www.dede.go.th/article_attach/200lits.pdf สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2564.

[3] พิสิษฐ์ มณีโชติ และคณะ. (2558). การพัฒนาเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคแก๊สซิฟิเคชั่น. **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8**, 114-117.

TREC-14 (MJU)

น้ำด่างจากถ่านไม้ไผ่ที่ผลิตด้วยเตากลองเพลขนาด 200 ลิตร

จารุพร ไสยสุภีย์[1] และ ฤทธิไกร ไชยงาม[1*]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

Abstract

This research aims to study the physical change of drinking water when soaking bamboo charcoal produced with 200-liter Glong Pain charcoal kiln. The production processes are according to Mr. Kitti Lertlum's method. The charcoal is purified at temperatures above 900˚C for more than 1 hour. Proximate analysis shows the volatile matter value of the charcoal remaining at 8.41 %. The sample of 120 g was immersed in 0.5 l of drinking water and then measured pH and electric conductivity (EC). A drinking water samples that are commercially available in the market are used. The results showed that bamboo charcoal makes drinking water became alkaline within 120 s, with pH increased from 6.8 to 8.0 – 8.5. Mean EC value changed from 600 to 800 µS/cm, indicating the release of soluble bamboo minerals. The experiment of immersing different amounts of charcoal per 500 ml of water found that the amount of the charcoal suitรางที่ for use as alkaline drinking water was 120 g/l. The most economical and cost-effective interval time the charcoal immersed in water is 2 mins. The bamboo charcoal of 60 g is able to be using for making alkaline bottled water size 500 ml, change pH from 6.8 to 8.0, continuously without resting of drying for 7 times.

Keywords: bamboo charcoal, Glong Pain charcoal kiln, 200 litter charcoal kilns

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำดื่มเมื่อแช่ถ่านไม้ไผ่ซึ่งผลิตด้วยเตาเผาถ่านแบบกลองเพล ขนาด 200 l ตามกรรมวิธีของของนายกิตติ เลิศล้ำ เป็นถ่านไม้ไผ่เลี้ยง (Bamboo Multiplex) เผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 900˚C นานกว่า 1 ชั่วโมง ถ่านมีค่าสสารระเหยได้คงเหลือ (volatile matter) อยู่ที่ 8.41% เมื่อนำไปแช่ในน้ำดื่มตัวอย่างที่มีขายทั่วไปในตลาด ในอัตราส่วน 120 g/l แล้วตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) ค่าความนำไฟฟ้า (ค่า EC) ผลการทดลองพบว่า ถ่านไม้ไผ่ทำให้น้ำดื่ม กลายเป็นน้ำด่างภายในเวลา 120 s โดยมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 6.8 เป็น 8.0 – 8.5 มีค่า EC เฉลี่ยเปลี่ยนจาก 600 เป็น 800 µS/cm แสดงถึงการปลดปล่อยเกลือแร่จากไม้ไผ่ละลายในน้ำ การทดลองแช่ถ่านปริมาณต่าง ๆ ต่อน้ำ 500 ml พบว่า ปริมาณถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นถ่านแช่น้ำดื่มอยู่ที่ 120 g/l ประหยัดและคุ้มค่าที่สุดเมื่อแช่ถ่านนาน 2 min และสามารถแช่ในน้ำขวด ขนาด 500 ml ที่มีค่า pH 6.8 ให้เป็นน้ำด่าง pH 8.0 ได้ต่อเนื่องโดยไม่พักถ่าน ได้ 7 ครั้ง

คำสำคัญ : ถ่านไม้ไผ่ เตาเผาถ่านกลองเพล เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร

บทนำ

ปัจจุบัน มีการนำถ่านไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ไม่เฉพาะการทำเป็นถ่านเชื้อเพลิงเท่านั้น ถ่านที่มีความบริสุทธิ์ของคาร์บอนสูง (ถ่านคุณภาพสูง) ที่เผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 800˚C ได้นำมาใช้เป็นถ่านดูดซับกลิ่นในครัวเรือนหรือใช้ในอุตสาหกรรมความงาม ถ่านที่เผาที่อุณหภูมิมากกว่า 900˚C นำมาใช้ในกระบวนการกรองน้ำดื่มหรือแช่น้ำดื่ม ถ่านที่เผาที่อุณหภูมิ 1,000˚C นำไปใช้เป็นถ่านดูดซับอนุมูลอิสระและใช้เป็นถ่านดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือใช้ประโยชน์จากรังสีฟาอินฟราเรดที่ปลดปล่อยออกมาจากถ่าน [1] นอกจากนี้แล้ว ยังมีการนำถ่านมาผ่านกระบวนการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ให้มีรูพรุนและพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นเพื่อประโยชน์ในการดูดซับมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังไม่

TREC-14(MUU)

มีการนำถ่านมาใช้มากนัก ยังไม่มีการจำแนกประเภทของถ่าน งานวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านคุณภาพสูงยังมีน้อย แม้จะมีการผลิตถ่านไม้ไผ่ในประเทศไทยมานานกว่า 20 ปีแล้ว การนำถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงมาทำเป็นถ่านแช่น้ำดื่ม เป็นเป้าหมายหนึ่งในการวิจัยและพัฒนาการผลิตและใช้ประโยชน์จากถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูง

ถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงที่ผลิตด้วยอุณหภูมิมากกว่า 900˚C มีค่าคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) มากกว่า 80% มีค่าสารระเหยคงเหลือ (volatile matter) น้อยกว่า 10% ขี้เถ้าน้อยกว่า 10% เปอร์เซ็นต์ ความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า 10 โอห์ม จึงจัดเป็นถ่านที่สามารถใช้แช่น้ำดื่ม หรือใช้ในการกรองน้ำได้อย่างปลอดภัย แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในถ่านไผ่ จะละลายในน้ำได้แก่ โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และโซเดียม (Na) โดยเฉพาะ K ที่มีปริมาณมาก คุณสมบัติที่มีประจุของธาตุที่เป็นอัลคาไลน์ (Alkaline) จะทำให้น้ำกลายเป็นน้ำด่าง ซึ่งในปัจจุบันการดื่มน้ำด่างเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยม มีการจำหน่ายเครื่องทำน้ำด่างในราคาแพง ตั้งแต่หลายพันบาทถึงหลายหมื่นบาท ด้วยคุณสมบัติของถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงที่สามารถเปลี่ยนน้ำให้กลายเป็นน้ำด่างได้ในราคาที่ถูกกว่ามาก และเกษตรกรสามารถผลิตถ่านคุณภาพสูงได้เองในระดับครัวเรือน ผู้วิจัยจึงริเริ่มทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำแช่ถ่านไม้ไผ่ในรายงานฉบับนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการศึกษาการเปลี่ยนแปลงควาเป็นกรด-ด่าง ของน้ำดื่มยี่ห้อต่าง ๆ ที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป เมื่อนำมาแช่ด้วยถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูง และเพื่อค้นหาอัตราส่วนของถ่านที่เหมาะสมระหว่างถ่านต่อปริมาตรของน้ำ ที่ทำให้น้ำมีค่าความเป็นด่างภายในเวลา 1 นาที

วิธีการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ตอน ได้แก่

1. การผลิตถ่านไม้ไผ่
2. การตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น (proximity analysis)
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH และความนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC) เมื่อแช่ของน้ำดื่ม ถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงที่ใช้ในการทดสอบแช่น้ำดื่ม ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านกลองเพลที่ผู้วิจัยประดิษฐ์ขึ้นเอง ไม้ไผ่วัตถุดิบ เป็นไผ่เลี้ยง (Bamboo Multiplex) อายุประมาณ 3-5 ปี เผาด้วยกระบวนการ 7 ขั้นตอน ตามแนวทางของนายกิตติ เลิศล้ำ ได้แก่ การเลือกไม้ เรียงไม้เข้าเตา การอบไม้ การเผาไม้ให้กลายเป็นถ่าน การทำถ่านให้บริสุทธิ์โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 900˚C และการปิดเตา ก่อนจะรอให้เย็นจนสามารถเปิด เอาถ่านออกมาตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 9 cm ล้างด้วยน้ำสะอาดไหลผ่าน อบให้แห้ง และแพ็คใส่ซองสุญญากาศ

ผู้วิจัยได้สุ่มอาถ่านที่ได้จากการทดลองเผาทั้งหมด 8 ครั้ง จำนวน 1 kg ส่งไปตรวจคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น ที่ห้องปฏิบัติการของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (เหมืองแม่เมาะ) เพื่อตรวจวัดค่าสารระเหยคงเหลือ (volatile matter) ค่าคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ปริมาณขี้เถ้า (ash) และปริมาณความชื้น (moisture) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่มขวดที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด น้ำดื่มยี่ห้อหนึ่งถูกเลือกเป็นตัวแปรควบคุมในการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC เมื่อแช่ถ่าน 100 g ต่อน้ำ 1 l 2) ค้นหาปริมาณถ่านในหน่วย g/l ที่เหมาะสมสำหรับการแช่น้ำดื่ม ด้วยการวัดค่า pH และ EC เมื่อใส่ถ่านไม้ไผ่ปริมาณ 20, 40, 60, 70, และ 80 g ตามลำดับ หลังจากเวลา 120 s และ 3) ค้นหาปริมาตรน้ำสูงสุดที่ถ่านสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำด่างเพื่อดื่มได้ ด้วยการวัดค่า pH และ EC ของน้ำดื่มขวดตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 l ที่แช่ถ่าน 60 g เป็นเวลา 120 s โดยแช่อย่างต่อเนื่องทีละขวด เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่า pH และค่า EC คือ YiERYi pH Meter C-600

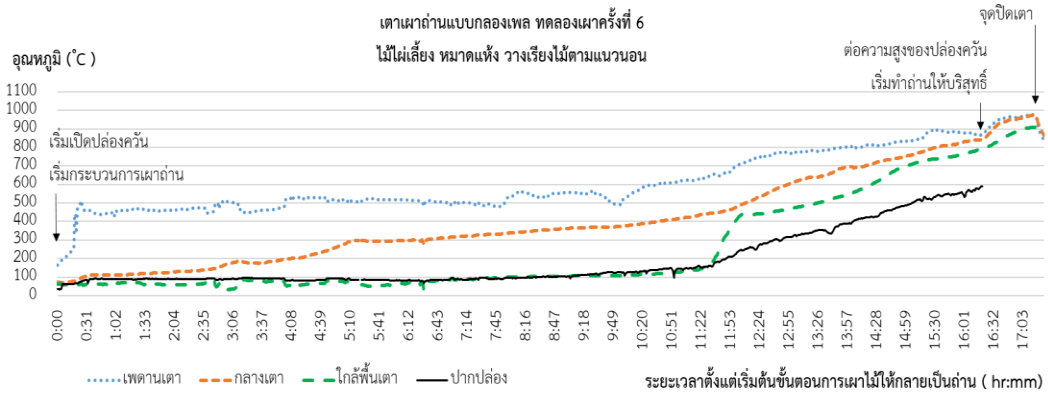
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูง

ผู้วิจัยได้ประดิษฐ์เตาเผาถ่านกลองเพล โดยพัฒนาต่อยอดจากเตาเผาถ่านแบบถังนอนที่ใช้กันทั่วไป รายละเอียดการประดิษฐ์และกรรมวิธีในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ไผ่ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ในที่อื่น [2] ผลการทดลองเผาถ่านด้วยกรรมวิธี 7 ขั้นตอน กับไม้ไผ่เลี้ยง 8 ครั้ง พบว่าเตาสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้มากกว่า 975˚C ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 4 จุด ได้แก่ จุดเพดานเตา จุดกลางเตา จุดใกล้พื้นเตา และจุดปากปล่องควัน ตั้งแต่เริ่มขั้นตอน

TREC-TA (MJU)

การเผาไม้ให้กลายเป็นถ่านจนถึงเวลาปิดเตา ถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงสำหรับแช่น้ำดื่ม จะต้องผ่านขั้นตอนการทำถ่านให้บริสุทธิ์โดยเพิ่มอุณหภูมิในเตาให้สูงกว่า 850˚C เป็นเวลานานกว่า 1 hr ในการทดลองครั้งที่ 6 อุณหภูมิในเตาสูงกกว่า 800˚C นานประมาณ 3 ชั่วโมง สูงกว่า 900˚C นาน 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ภายในเตาและอุณหภูมิควัน ตั้งแต่เริ่มกระบวนการเผาถึงขั้นปิดเตา

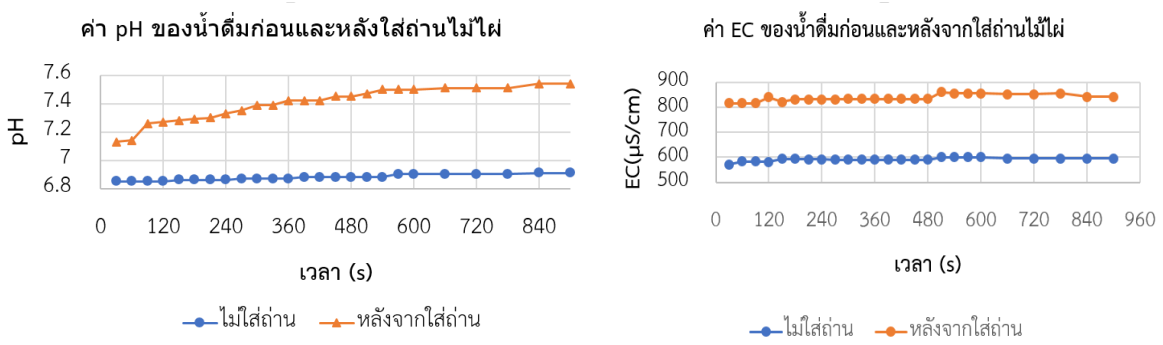
ผลการตรวจคุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านไม้ไผ่

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น พบว่า ค่าความชื้นเท่ากับ 9.40% เมื่อคำนวณเฉพาะน้ำหนักแห้ง (dry basis) พบว่า ปริมาณขี้เถ้าเท่ากับ 6.94% ปริมาณสารระเหยคงเหลือเพียง 8.46% และค่าคาร์บอนคงตัวเท่ากับ 84.61% ถ่านแต่ละแท่งที่ยาว 9 cm มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1-10 Ω จัดเป็นถ่านคุณภาพสูงที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการกรองน้ำหรือแช่น้ำดื่มได้ [3]

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงสำหรับใช้ในการทดลองแช่น้ำดื่ม

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่มแช่ถ่านไม้ไผ่

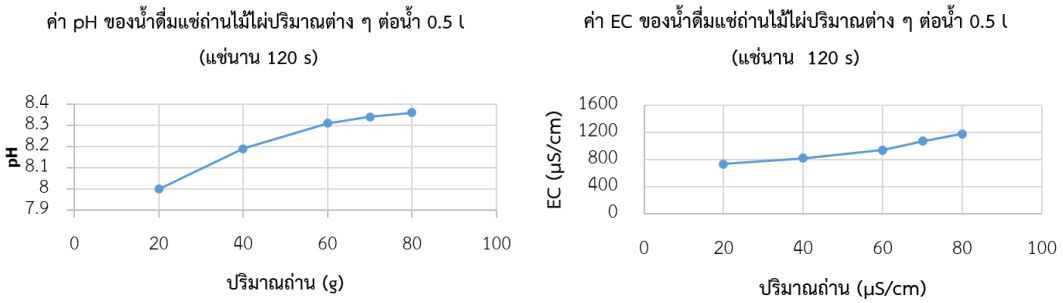
1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC เมื่อแช่ถ่าน 100 g ต่อน้ำ 1 l น้ำดื่มตัวอย่างที่ถูกเลือก มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.8 มีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ยนอยู่ที่ 600 µS/cm แสดงว่าน้ำดื่มยี่ห้อดังกล่าวเกือบจะมีค่าเป็นกลางทางกรด-ด่าง ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่เกิดขึ้นเกือบจะทันทีหลังจากใส่ถ่านไม้ไผ่ในน้ำดื่ม ค่า pH เปลี่ยนเป็น 7.1 ใน 30 วินาทีแรก และเพิ่มขึ้นเป็น 7.3 – 7.4 ซึ่งมีค่าเท่ากับความกรด-ด่างของเลือดในร่างกายมนุษย์ ในเวลา 2 – 10 นาที ตามลำดับ สอดคล้องกับค่า EC ที่เพิ่มขึ้นเป็น 800 µS/cm แสดงว่าแร่ธาตุในหมู่อัลคาไลน์ถูกปลดปล่อยละลายในน้ำ ทำให้เกิดไอออนของไฮโดรเจนออกไซด์ (-OH+) ทำให้น้ำดื่มกลายเป็นน้ำด่าง



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (ซ้าย) และ EC (ขวา) ของน้ำดื่มขวด ก่อนและหลังจากใส่ถ่าน

2. ค้นหาปริมาณถ่านในหน่วย g/l ที่เหมาะสมสำหรับการแช่น้ำดื่ม

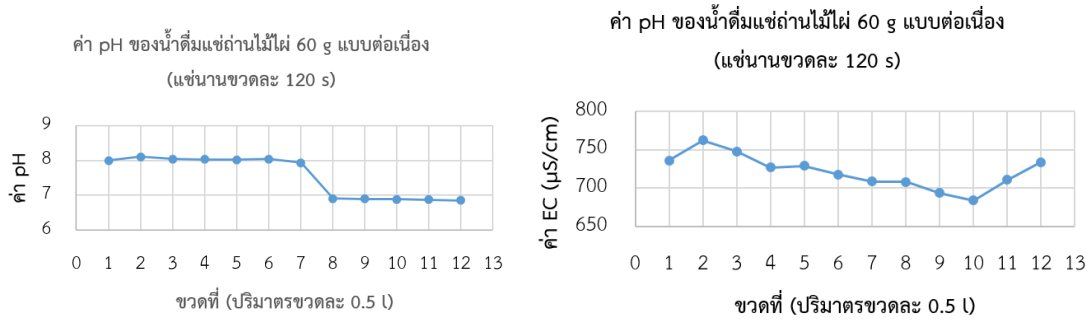
ผลการทดลองวัดค่า pH และ EC ของน้ำดื่มปริมาตร 0.5 l เมื่อแช่ด้วยถ่านไม้ไผ่ปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 2 min แสดงดัง4krที่ 4 ค่า pH เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณถ่านเพิ่มขึ้น ความเป็นด่างของน้ำแตกต่างกันน้อยมากระหว่างถ่าน 60, 70, และ 80 g เช่นเดียวกับค่า EC ที่แสดงผลสอดคล้องกัน เมื่อพิจารณาถึงความประหยัดและคุ้มค่าในการกำหนดปริมาณถ่านเพื่อให้ได้ค่า pH อยู่ในช่วง 8.0-8.5 สอดคล้องกับน้ำด่างที่ผลิตด้วยเครื่องทำน้ำด่างหรือน้ำด่างสำเร็จภาพที่มีขายกันในท้องตลาด ผู้วิจัยจึงกำหนดปริมาณถ่านไม้ไผ่ที่เหมาะสมเป็น 60 g ต่อน้ำ 0.5 l หรือคิดเป็นอัตราส่วน 120 g/l



ภาพที่ 4 แสดงค่า pH (ซ้าย) และ EC (ขวา) ของน้ำดื่มแช่ถ่านไม้ไผ่ปริมาณต่างกัน

3. ค้นหาปริมาตรน้ำสูงสุดที่ถ่านสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำด่างเพื่อดื่มได้

การทดสอบว่าถ่านไม้ไผ่ฯ สามารถแช่น้ำดื่มในอัตราส่วน 120 g/l ได้กี่ครั้ง พบว่า ค่า pH ของน้ำดื่มตัวอย่างหลังจากแช่ถ่าน 2 min มีค่าเท่ากับ 8.0 ตั้งแต่ขวดที่ 1 – 7 ขวดที่ 8 -12 ค่า pH เท่ากับ 6.8 เท่ากับน้ำที่ไม่ได้ใส่ถ่าน แสดงให้เห็นว่าถ่านไม้ไผ่ฯ ที่ผลิตขึ้น สามารถแช่น้ำดื่มให้กลายเป็นน้ำด่างได้ต่อเนื่อง 7 ขวด คิดเป็นปริมาตรน้ำทั้งหมด 3.5 l สำหรับถ่าน 60 g แสดงว่าถ่านไม้ไผ่ฯ 120 g แช่ในน้ำ 7 l เป็นเวลา 14 นาที จะทำให้น้ำดื่มที่มีค่า pH 6.8 กลายเป็นน้ำด่างค่า PH 8.0 ได้ส่วนกราฟแสดงค่า EC ช่วงขวดที่ 10 – 12 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะแร่ธาตุบางชนิดที่เริ่มละลายปลดปล่อยลงในน้ำดื่มเปลี่ยนน้ำด่างให้กลายเป็นน้ำแร่ต่อไป



ภาพที่ 5 แสดงค่า pH และ EC ของน้ำแช่ถ่านไม้ไผ่ฯ แบบต่อเนื่องจำนวน 12 ขวด โดยไม่พักถ่าน

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสามารถผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงด้วยเตาเผาถ่านกลองเพล ที่สามารถเผาถ่านได้ที่อุณหภูมิเฉลี่ยในเตาสูงกว่า 900˚C ทำให้ได้ถ่านที่มีปริมาณสสารระเหยได้คงเหลือน้อยกว่า 9.0% จัดเป็นถ่านสะอาดที่สามารถนำมาใช้ในการแช่น้ำดื่มได้ ผลการทดสอบการแช่ไม้ไผ่ฯ ในน้ำดื่มตัวอย่าง พบว่า ถ่านไม้ไผ่ปริมาณไม้ไผ่ฯ ต่อน้ำเท่ากับ 120 g/l สามารถเปลี่ยนน้ำที่มีค่า pH 6.8 เป็นน้ำด่างที่มีค่า pH 8.0 – 8.5 ภายในเวลา 2 min และสามารถแช่น้ำดื่มขวดค่า pH 6.8 ปริมาตร 500 ml ให้กลายเป็นน้ำด่าง pH 8.0 ได้ต่อเนื่อง 7 ครั้ง อย่างไรก็ตาม ยังมีปัญหาวิจัยเกี่ยวกับการนำถ่านไม้ไผ่ฯ มาใช้ในการเปลี่ยนน้ำธรรมดาให้กลายเป็นน้ำแร่ที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุ K, Mg, Ca, และ Na รวมถึงกรรมวิธีการนำมาใช้อย่างปลอดภัย คุ้มค่า เกิดประโยชน์สูงสุด และที่สำคัญคือ ต้องเป็นเทคโนโลยีที่ครัวเรือนและชุมชน สามารถผลิตและพึ่งตนเองได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและพัฒนาการผลิตและใช้ประโยชน์จากถ่าน ประจำปีการศึกษา 2564 ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ ธรรมแสง ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตถ่านและวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนายกิตติ เลิศล้ำ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และภูมิปัญญาในการเผาถ่านคุณภาพสูงหรือถ่านสะอาด

เอกสารอ้างอิง

[1] Kenji Hosokawa, (2005). Bamboo Charcoal. Internal Technical Report No. 3. URL: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2325/Technical/PD-56-99-R1-I-Bamboo Charcoal.pdf.Retrieved in Oct, 2021.

[2] ฤทธิไกร ไชยงาม และ ไพรัตน์ ธรรมแสง. การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงด้วยเตากลองเพลขนาด 200 ลิตร. ที่ประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14 (#TREC14). รอตีพิมพ์

[3] Zhang Qisheng, et al. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). URL: https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1489453723.pdf . Retrieved in Oct, 2021.

TREC-14 (MU)

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยสารเปลี่ยนสถานะ
Solar Drying of Agricultural Product using Phase Change Material (PCM)

ชนิดา ป้อมเสน[1*] และทวีวัฒน์ สุภารส[2]
Chanida Pomsen[1*] and Tavewat Suparos[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10120
[2]ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 10140

Abstract

This project is a design for comparative performance analysis of the solar dryer with the smooth plate. There are two intervals of receiver plate; in daytime and night-time. The dryer contains a phase change material for energy storage by using paraffin wax which has melting point at 63 Celsius degrees, 40 kilogram of weight, contained in one square meter. Under the sun groove through two layer glasses were set in 14 angular degrees of a ground level. The experiments of drying agricultural products are 3 kinds: Thai banana, small shining chilly and big shining chilly. The three kinds were dried through 24 hours and were recorded the weight of the products in each 1 hour. The results of the study were found that the average of temperature in dried at daytime was 60 Celsius degrees and at night-time was 40 Celsius degrees. The time for dried Thai banana was about 50 – 60 hours, for small shining chilly and big shining chilly were about 20 – 25 hours. The heat efficiency of the oven in daytime was 10% and the night-time was 5%

Keywords: phase change material, moisture, collecting heat, Dryer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยรางรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 2 ช่วง คือ ช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ตู้อบแห้งบรรจุสารเปลี่ยนสถานะเพื่อสะสมความร้อนโดยใช้พาราฟิน มีจุดหลอมละลาย 63 องศาเซลเซียส น้ำหนัก 40 กิโลกรัมบรรจุอยู่ในภาชนะขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร ด้านใต้รางรับแสงที่ส่องผ่านกระจกใส 2 ชั้นวางทำมุม 14 องศากับพื้นราบ การทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 3 ชนิด คือ กล้วยน้ำหว้า พริกสดผิวมันเม็ดเล็กและพริกสดผิวมันเม็ดใหญ่ ทำการอบแห้งตลอด 24 ชั่วโมงและทำการบันทึกค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทุก 1 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในการอบแห้งในช่วงเวลากลางวันอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส และช่วงเวลากลางคืนอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าอยู่ที่ 50-60 ชั่วโมง ระยะเวลาในการอบแห้งพริกสดเม็กเล็กและพริกสดเม็กใหญ่อยู่ที่ 20-25 ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบในช่วงเวลากลางวันคือ 10 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบในช่วงเวลากลางคืนคือ 5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: สารเปลี่ยนสถานะ, ความชื้น, การสะสมความร้อน, เครื่องอบแห้ง

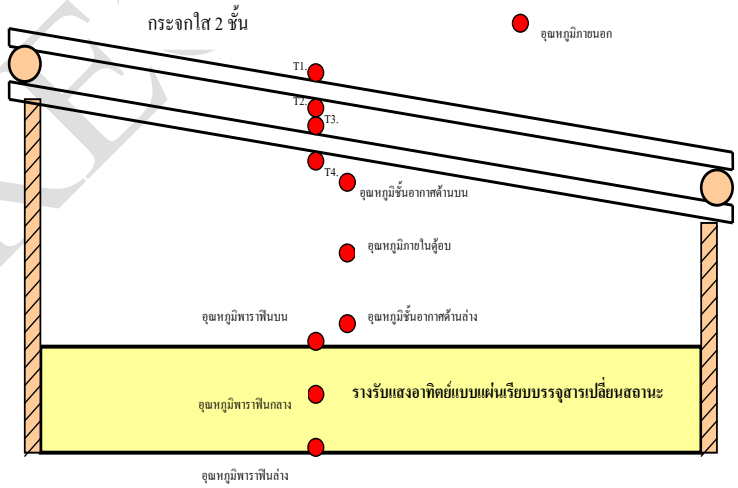
บทนำ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการลดความชื้นออกจากอาหารโดยวิธีการตากแดดกลางแจ้งนั้นมีการทำมานานแล้ว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการตากแห้งจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ปริมาณความชื้นในวัสดุที่นำมาตากแห้ง ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งองค์ประกอบภายนอกของอากาศในขณะนั้น จะเห็นได้ว่าการถนอมอาหารโดยวิธีการตากแห้งนั้นจะทำได้ในเฉพาะในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น และยังมีปัญหาอันเนื่องมาจากฝนตก และสิ่งสกปรกของสภาพแวดล้อมอีกด้วย การที่จะทำให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องต้องอาศัยระบบกักเก็บพลังงานความร้อนเข้ามาช่วย ซึ่งระบบกักเก็บความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่กักเก็บพลังงานความร้อนของ

แสงอาทิตย์ไว้ในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ เพื่อนำพลังงานความร้อนที่กักเก็บไว้ไปใช้ในช่วงเวลาที่ไม่สามารถนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้งานได้ Pablo ได้ทดลองอบปลาในเครื่องอบแห้งแบบกล่องและแบบเต็นท์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง ผลการทดลองพบว่า ปลาที่อบในเครื่องอบแห้งจะมีอัตราการอบแห้ง และสีผิวดีกว่าการตากกลางแจ้งและสามารถเก็บปลาได้นาน 4-5 สัปดาห์ ในขณะที่ปลาตากกลางแจ้งจะเก็บไว้ได้นานเพียง 1-2 สัปดาห์ D.M. Dymond and K.V. Garzolim แห่งศูนย์วิจัยพลังงานออสเตรเลีย ได้ศึกษาถึงการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันมาเก็บรักษาในถังเก็บรักษาความร้อนโดยใช้สารเปลี่ยนเฟสเป็นสารสะสมความร้อนเพื่อใช้ในเรือนเพาะชำในเวลากลางคืน โดยใช้ Calcium Chloride Hexahydrate เป็นสารเปลี่ยนเฟส ซึ่งมีอุณหภูมิที่จุดหลอมเหลวประมาณ 27 °C และใช้ High Density Polyethylene เป็นสารห่อหุ้ม โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการประจุและจ่ายความร้อนจากการวิจัยพบว่าเรือนเพาะชำควรจะมีปริมาณความต้องการความร้อนไม่ต่ำกว่า 500 (kWhrs) มีผลทำให้อัตราการคืนทุนของระบบอยู่ที่การใช้งานประมาณ 500 วัน ถึง 1,000 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของถังเก็บความร้อน ดังนั้นการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าด้วยกันได้ ก็จะทำให้การอบแห้งเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องและยังทำให้ไม่ประสบกับปัญหาด้านสภาวะอากาศและยังลดระยะเวลาในการอบแห้งได้อีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบ สร้างและศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยรางรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบบรรจุสารเปลี่ยนสถานะ

วิธีการวิจัย

การออกแบบระบบตู้อบแห้งประกอบขึ้นจากไม้อัดขนาดความหนา 5 มม. จำนวน 2 ชั้น โฟมแผ่นขนาดความหนา 1.5 นิ้ว ขั้นกลางระหว่างไม้อัดทั้ง 2 ชั้น ตู้อบมีขนาดความกว้าง 1.1 เมตร ยาว 1.2 เมตร และสูง 0.35 เมตร พื้นที่ในตู้อบในการวางผลิตภัณฑ์ 1 ตารางเมตร กระจกรับแสงแบบสองชั้นใช้กระจกใสขนาดความหนา 4 มม. ยึดติดกับโครงอะลูมิเนียม มีความกว้าง 1.1 เมตร ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ชั้น โดยทั้ง 2 ชั้น ยึดติดเป็นชุดเดียวกันและเว้นช่องว่างระหว่างชั้น 7 ซม. โดยในช่องว่างนี้บรรจุอากาศไว้เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน ชุดกระจก 2 ชั้นนี้ประกอบเข้ากับตู้อบแห้งด้านบนโดยวางทำมุม 14 องศากับพื้นระนาบ เพื่อให้แสงสามารถส่องผ่านเข้าสู่ภายในตู้อบระบบกักเก็บพลังงานความร้อนนี้ใช้พาราฟิน ค่าความจุความร้อนเท่ากับ 2 kJ/kg. °C, จุดหลอมตัวของพาราฟินอยู่ที่ 58-63 °C, ค่าความร้อนแฝงเท่ากับ 190 kJ/kg เป็นสารในการกักเก็บพลังงานความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ที่ประมาณ 50-60 °C, ดังภาพที่ 1



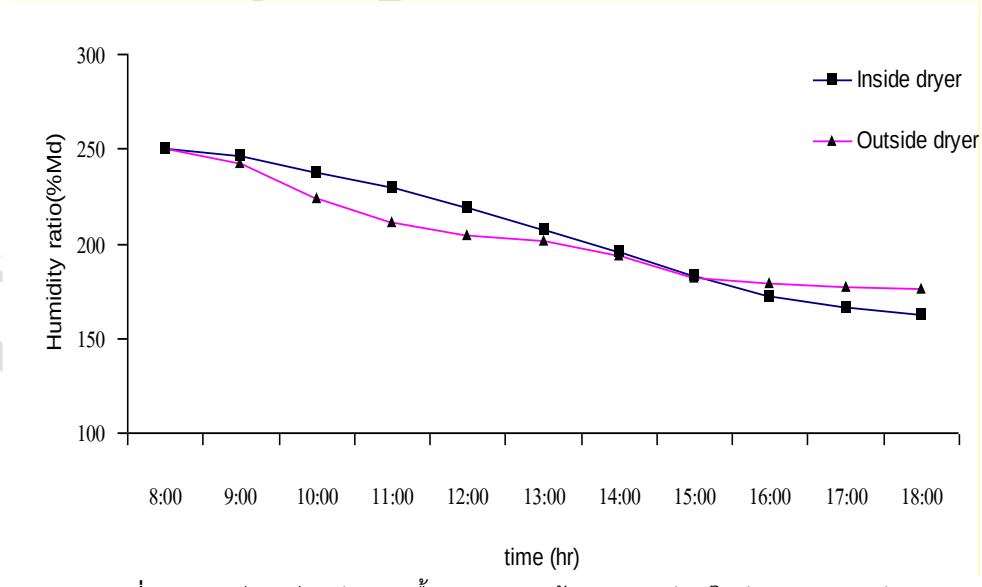
ภาพที่ 1 (ก) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยรางรับความร้อนแบบแผ่นเรียบบรรจุสารเปลี่ยนสถานะ

TRF-KMUTT

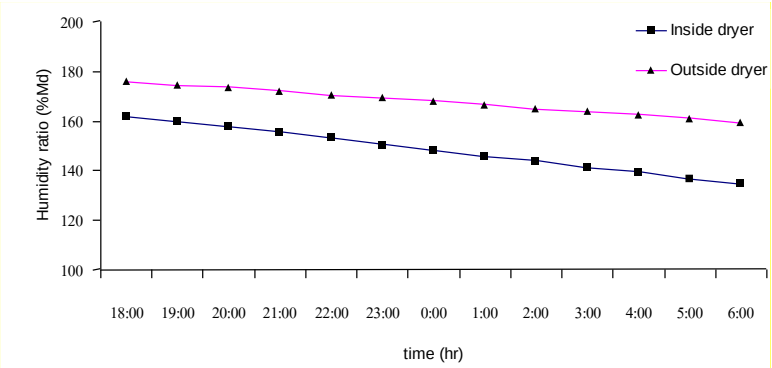
ภาพที่ 1 (ข) ภาพจริงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยรางรับความร้อนแผ่นเรียบบรรจุสารเปลี่ยนสถานะ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การเปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน พบว่า ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายนอกตู้อบแห้งในช่วงเวลากลางวัน มีค่าเริ่มต้นค่าเท่ากันคือ 250 %Md อัตราส่วนการลดลงของค่าความชื้นมาตรฐานแห้งภายนอกตู้จะน้อยกว่าภายในตู้ เนื่องมาจากความชื้นที่อยู่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีน้อยลงแต่ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบจะมีอัตราส่วนการลดของค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการสะสมความร้อนภายใน และภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐาน แห้งของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายนอกตู้อบแห้งในช่วงเวลากลางคืน ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบแห้งจะมีมากกว่าอัตราส่วนการลดลงของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายนอกตู้อบแห้ง เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบแห้งจะได้รับพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากพาราฟินที่อยู่ภายในตู้อบจึงทำให้ยังสามารถทำการอบแห้งได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งคืนต่างจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายนอกตู้อบที่ไม่ได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางคืนจึงทำให้อัตราส่วนการลดลงของค่าความชื้นมีค่าน้อย

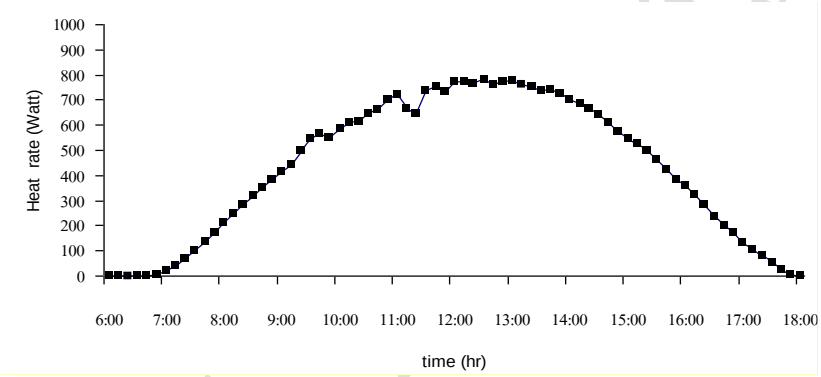


ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลากลางวัน

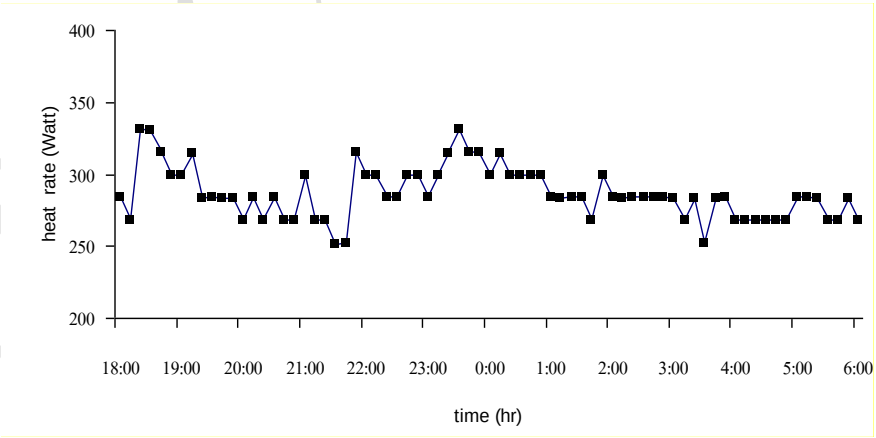


ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลากลางคืน

ค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับในช่วงเวลากลางวันเป็นการหาค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์หลังจากการสะสมค่าความร้อนของกระจกที่เวลาต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางวัน ดังภาพที่ 4



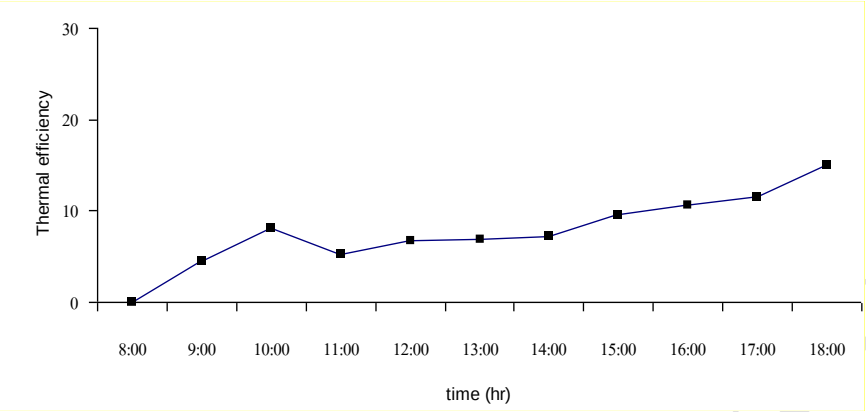
ภาพที่ 4 การแสดงค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับช่วงเวลากลางวันในช่วงเวลาต่าง ๆ



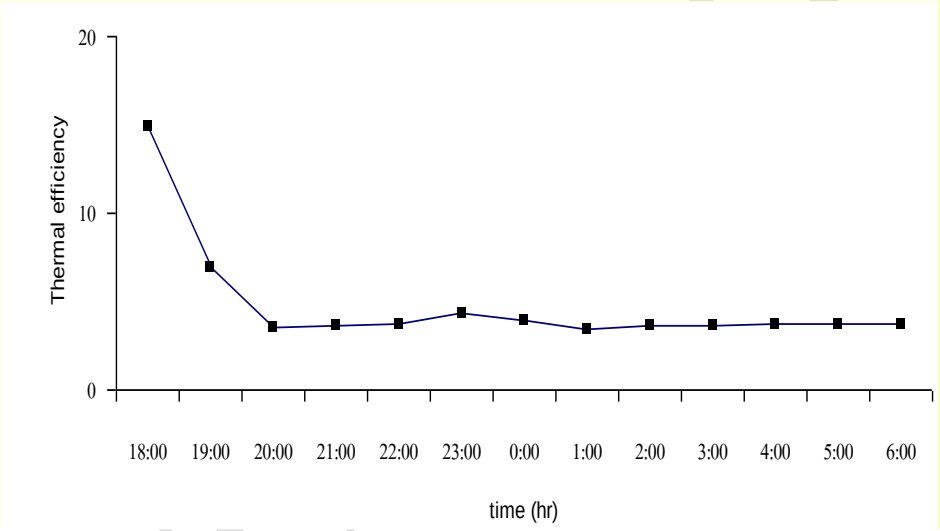
ภาพที่ 5 การแสดงค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับช่วงเวลากลางคืนในช่วงเวลาต่าง ๆ

ค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับในช่วงเวลากลางคืนเป็นการหาค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับจากพาราฟินที่เวลาต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางคืน จากพาราฟินที่สะสมค่าความร้อนเอาไว้ในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีรังสีดวงอาทิตย์ก็จะปลดปล่อยค่าความร้อนออกยังตู้อบแห้งแทนและจะมีค่าแนวโน้มลดลงตามค่าความร้อนแฝงของพาราฟิน ดังภาพที่ 5ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งช่วงเวลากลางวันเป็นการเปรียบเทียบอัตราการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อค่าความร้อนของตู้อบแห้ง

ที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งช่วงเวลากลางวันในช่วงเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งช่วงเวลากลางคืนในช่วงเวลาต่าง ๆ

ดังภาพที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบในช่วงแรกจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการระเหยของน้ำที่อยู่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์อีกทั้งค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ยังไม่สูงทำให้อัตราส่วนการลดลงของน้ำหนักกับค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับมีเปอร์เซ็นต์สูงทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าสูงตามแต่เมื่อเวลาผ่านไปการระเหยของน้ำที่อยู่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์น้อยลงอีกทั้งค่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงขึ้นจึงทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบมีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในช่วงแรกแต่เมื่อถึงช่วงเวลาเย็นอัตราส่วนการระเหยของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ยังมีแนวโน้มคงเดิมเนื่องจากการสะสมความร้อนภายในตู้อบแห้งแต่ค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับจากค่ารังสีดวงอาทิตย์ลดลงจึงทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งมีค่าสูงขึ้นกว่าในช่วงแรก สำหรับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งช่วงเวลากลางคืนเป็นการเปรียบเทียบอัตราการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อค่าความร้อนของตู้อบแห้งที่ได้รับจากพาราฟินในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังภาพที่ 7 จากกราฟจะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบจะมีค่าสูงในช่วงแรกเนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ยังมีสูงอยู่อย่างต่อเนื่องจากช่วงเวลากลางวันแต่ค่าความร้อนที่นำมาวิเคราะห์ในช่วงเวลากลางคืนเป็นค่าความร้อนที่ได้ที่ได้จากพาราฟินที่มีค่าน้อยกว่าค่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในเวลากลางวันจึงมีผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งยังมีแนวโน้มที่สูงอยู่แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการระเหยของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงอีกทั้งค่าความร้อนที่ตู้อบได้รับจากพาราฟินมีแนวโน้มที่คงที่จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งคงที่

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้ง

เมื่อทำการทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยรางรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบบรรจุสารเปลี่ยนสถานะ ทำให้สามารถเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ภาพที่ 8 กล้วยน้ำหว้าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งนาน 8 ชั่วโมงและ 24ชั่วโมง

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของพริกสดผิวมันเม็ดเล็กก่อนทำการอบแห้ง

ภาพที่ 10 ลักษณะของพริกสดผิวมันเม็ดเล็กเมื่อผ่านการอบแห้งนาน 18 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมรรถนะของตู้อบแห้งเวลากลางวันตู้อบจะได้รับค่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์โดยค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยช่วงเวลากลางวันอยู่ที่ 625 W/m^2 เป็นเวลา 8 ชั่วโมงจะมีพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์มายังตู้อบ 18 MJ

TREC-14 (MJU)

ต่อวันซึ่งเพียงพอต่อการอบแห้ง และเวลากลางคืนตู้อบแห้งจะได้รับค่าความร้อนจากพาราฟินที่อยู่ภายในตู้อบที่สะสมค่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน ซึ่งสามารถสะสมพลังงานได้สูงสุด 7600 kJ ต่อวันเป็นพลังงานในการอบแห้งในช่วงเวลากลางคืนในการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าเพื่อให้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจาก 250%Md ลดเหลือ 50%Md และค่าความชื้นมาตรฐานเปียกจาก 70%Mw ลดลงเหลือ 15%Mw จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 2-3 วัน (50-60 ชั่วโมง) ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดกลางแจ้งที่ต้องใช้เวลา 5-6 วัน (100-120 ชั่วโมง) ส่วนการอบพริกสดผิวมันเม็ดเล็กและพริกสดเม็ดใหญ่เพื่อให้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจาก 200%Md ลดเหลือ 15%Md และค่าความชื้นมาตรฐานเปียกจาก 65%Mw ลดเหลือ 5%Mw จะใช้เวลาประมาณ 1 วัน (20-25 ชั่วโมง) ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดกลางแจ้งที่ต้องใช้เวลาถึง 3 วัน(50-70 ชั่วโมง) โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นในช่วงเวลากลางวันและ 5 เปอร์เซ็นในช่วงเวลากลางคืน

เอกสารอ้างอิง

[1] จงจิตร์ หิรัญลาภ, โสรจ คีรีเลิศ, โจเซฟ เคดารี, รัตนชัย ไพรินทร์ และศิรินุช จินดารักษ์, 2541, “การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งกระเทียมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากชีวมวล”, วารสารงานวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 21 ฉบับที่ 1

[2] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, พิชัย นามประกาย, ศิริชัย เทพา, จงจิตร หิรัญลาภ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535, “การอบแห้งกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม,” การประชุมทางวิชาการเรื่องความก้าวหน้าทางวิศวกรรมเคมี วันที่ 25-26 มิถุนายน, 2535, มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, หน้า 1-12.

[3] ทวีวัฒน์ สุภารส, 2540, การพัฒนาชุดเก็บรักษาพลังงานความร้อน โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนโดยตรง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี อุณหภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 176

[4] ธงไชย ศรีนพคุณ, 2530, สมการอบแห้งแบบจำลองความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 7-10.

[5] วารุณี วาตะบุตร์, 2524, การทดสอบสมรรถนะของกล่องอบแห้งแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์รมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 85 หน้า.

[6] ศิรินุช จินดารักษ์, 2536, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบโมดุลเพื่อการอบแห้งปลาหมึก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 118 หน้า

[7] เสริม จันทร์ฉาย และ อัมพร โพธิ์ใย, 2535, “ความชื้นสมดุลของพืชและผลไม้เมืองร้อนบางชนิด.” รายงานการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยศิลปากร เรื่อง เทคโนโลยีอาหาร, วันที่ 24-25 ตุลาคม 2535, มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 5-6.

[8] Pablo, I.S., “The Practicality of Solar Drying of Tropical Fruits and Marine Produces for Income [9]Generation in Rural Area,” The Solar Drying Work Shop, Ministry of Energy, Fort. Bonifacio Manila, Philippines Oct. 18-21, 1978.

[10] Dymond, D.M. and Garzoil K.V., 1993, “Performance Characteristics of PCM Heat Storage Bank for Greenhouse,” Anzses’93 Forth Australia, pp. 221-225.

TREC-KMUTT

การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้น
Development of solar drying system with double glasses

ชนิดา ป้อมเสน[1*] สุรศักดิ์ ศรีปาน[1] และทวีวัฒน์ สุภารส[2]
Chanida Pomsen[1*] Surasak Sripan [1] and Tavewat Suparos[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10120
[2]ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 10140

Abstract

The objective development of solar drying system with double glasses of this research is to evaluate the performance of dryer system using solar energy by applying force convection process. To make drying product by using solar energy, the working fluid (air) is exchanged the heat from solar plates sized 1.53 m^2, inclined 9° to horizontal, the solar radiation intensity is at least 400 w/m^2. The temperature inside dryer chamber reached proximately 60-70 °C. The result of the experiment has shown that the system with double glasses by force convection dryer is better than a glass drying process. It shown that the weight of products and moisture decreased in force convection dryer chamber is faster than a glass drying process. The weights of products are slightly decreased. The time of Lamellate drying racers is around 5 hrs. It takes less time to dry a single-layer glass incubator than it does to dry a single-layer glass incubator, which takes an average of 7 hours. Lamp are to the Lamp are to the glass drying process about 7 hrs. because double-glazed solar dryers lose less heat to the outside than single-glazed ovens, they are more energy efficient. According to a cost-benefit analysis, installing a double-glazed drying cabinet can return on investment in a year and provide 70-80% efficiency. The average efficiency of the designed dryer is 70-80 %.

Keywords: Development drying, Double glass, Force convection, Solar energy

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้น เพื่อหาประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้น เป็นการลดการสูญเสียความร้อนของตู้อบแห้งโดยการเพิ่มกระจกบริเวณแผงรับแสงรังสีสุริยะและด้านหน้าของตู้อบ เป็นการนำความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ แผงรับแสงรังสีสุริยะเป็นแบบราบเรียบขนาดพื้นที่ 1.53 วางทำมุม 9 องศา กับแนวระนาบ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มีค่าไม่น้อยกว่า 400 w/m^2 โดยอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ย 60 -70 องศาเซลเซียส เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับผลิตภัณฑ์ จากการทดลองผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตู้อบแห้งแบบกระจกสองชั้น พบว่า มีอัตราการลดลงของน้ำหนักและความชื้นที่เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกหนึ่งชั้น และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะลดลงไปอย่างช้า ๆ เป็นไปตามระยะเวลาและชั่วโมงที่ใช้ในการอบ โดยทำการอบแห้งกับตู้อบแบบกระจกสองชั้นใช้เวลาเฉลี่ย 5 ชั่วโมง น้อยกว่าการอบแห้งตู้อบแบบกระจกหนึ่งชั้นซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 7 ชั่วโมง เพราะตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นมีการสูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอกได้น้อยกว่าตู้อบแบบกระจกหนึ่งชั้น จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการติดตั้งตู้อบแห้งแบบกระจกสองชั้นสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 70-80 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การพัฒนาการทำให้แห้ง, กระจกสองชั้น, การพาความร้อน, พลังงานแสงอาทิตย์

TEC-IAMU

บทนำ

ประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทางทะเลที่นิยมนำมาบริโภค และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย [1] ผลผลิตสัตว์น้ำทางทะเล มีปีละประมาณ 150,000 ตัน ซึ่งประมาณ 2 ใน 3 ของปริมาณดังกล่าวแปรรูปเป็นสินค้าส่งออก อีก 1 ใน 3 เป็นการบริโภคภายในประเทศ สินค้าประมงที่สำคัญได้แก่ อาหารทะเลกระป๋อง มีสัดส่วนร้อยละ 48 ของรายได้จากการส่งออกสินค้าประมงทั้งหมด รองลงมาคือ กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง สัดส่วนร้อยละ 32 ส่วนปลาหมึกและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำอื่น ๆ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.5 7.5 และ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้ ประเทศไทยจัดเป็นผู้ผลิตสินค้าประมงในลำดับที่ 9 โดยผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก คือ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน รองลงมาคือ ญี่ปุ่น อินเดีย และสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ผลผลิตได้จากการประมงทะเลหรือการจับทั้งสิ้น ผลิตภัณฑ์ทางสัตว์น้ำทะเลที่ได้นำมาทำการศึกษานี้เป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทางทะเลจำพวกปลาสามแก้ว ในการแปรรูปปลาสามแก้วโดยวิธีการทำแห้งเป็นวิธีการเก็บรักษาและเพิ่มคุณค่าให้กับปลาสามแก้ว โดยทั่วไปในวิธีการทำผลิตภัณฑ์ให้แห้งจะใช้แสงแดดเพื่อทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง เช่น การตากบนตะแกรง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีต้นทุนต่ำแต่การตากแดดโดยวิธีนี้จะทำให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดนั้นทำได้ยาก เนื่องจากความไม่แน่นอนของรังสีดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสภาพภูมิอากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นอาจไม่ถูกสุขลักษณะ มีการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและเชื้อโรคที่ติดมากับแมลง ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากกับผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้เกิดเป็นแนวคิดนำความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์มาแปรสภาพอาหารจึงเป็นที่มาของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น แต่ค่าความร้อนที่ได้นั้นมีการสูญเสียความร้อนมากเพราะกระจกชั้นเดียวนั้น ไม่เป็นฉนวนความร้อน ความร้อนจากภายในจึงสามารถถ่ายเทความร้อนออกไปยังภายนอกได้ง่าย ทำให้ประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้อยไป

งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดนี้มาพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการออกแบบและพัฒนาให้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบกระจกสองชั้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ดียิ่งขึ้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้น และหาความเชื่อมั่นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่าง ๆ

วิธีการวิจัย

การอบแห้ง

คือกระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมายังผิวโดย Capillary flow ซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิว (Surface force) ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น (vapor diffusion) และความดันไอ (partial pressure of vapor) ที่แตกต่างกันระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน ช่วงแรกของการอบแห้งเป็นช่วงการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างวัสดุกับอากาศจะเกิดขึ้นรอบ ๆ ผิวของวัสดุเท่านั้น ความร้อนจากอากาศร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซ วัสดุจะแพร่ความชื้นจากผิวผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซไปยังอากาศร้อน และเมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมาก การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นภายในวัสดุด้วยอัตราการอบแห้ง แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

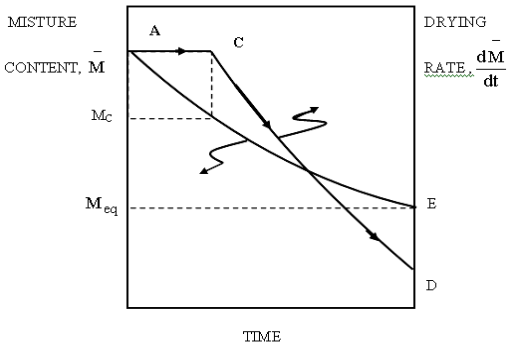
1.ช่วงให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุจะเกิดเมื่อเริ่มทำการอบแห้ง อากาศร้อนจะสัมผัสกับวัสดุ และอุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่าหนึ่ง ๆ และจะคงที่ที่ค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาหนึ่ง เรียกช่วงเวลานี้ว่า ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

2. ช่วงการอบแห้งคงที่ หลังจากที่วัสดุได้รับความร้อนในช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแล้ว ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำ น้ำในอาหารจะเคลื่อนที่มายังบริเวณผิวโดยการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบการผ่านช่องแคบ (Capillary flow) พร้อมกับไอน้ำที่เคลื่อนที่จากผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ทำให้บริเวณผิววัสดุมีปริมาณมาก อุณหภูมิ และความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวคงที่ ทำให้การระเหยน้ำบริเวณรอบผิววัสดุเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกว่า ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

TREC-IAWUD

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เมื่อไอน้ำที่ผิววัสดุระเหยออกไปแล้ว ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และความเข้มข้นของไอน้ำลดลงน้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ซึ่งช้าลงจากเดิมมาก ทำให้การระเหยเกิดได้ช้า อัตราการอบแห้งลดลง จึงเรียกว่าช่วงอัตราการอบแห้งลดลง การอบแห้งจะสิ้นสุดเมื่อ ความชื้นอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหาร และเรียกความชื้นของอากาศขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

ปรากฏการณ์การอบแห้ง (Drying Phenomena) วัสดุจากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ มีโครงสร้างภายใน เป็นลักษณะรูพรุน เมื่อทำการอบแห้งวัสดุเหล่านี้ที่สภาวะอากาศคงที่จะได้อัตราการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (AC) (Constant rate period) และ ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) (CD) ดังแสดงในรูป 1



ภาพที่ 1 การลดความชื้นของวัสดุจากสิ่งมีชีวิตในช่วง อัตราการอบแห้งคงที่และลดลง

จากรูป 1 จุด C คือจุดความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) เป็นจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งคงที่เป็นลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และสภาวะในการอบแห้ง ช่วง AC เป็นช่วงที่มีอัตราการอบแห้งคงที่ระยะนี้ปริมาณความชื้นในวัสดุจะมีค่าสูงกว่าจุดความชื้นวิกฤต ที่ผิวนอกของวัสดุจะอยู่ในสภาพอิ่มตัวน้ำเคลื่อนที่จากภายในวัสดุมายังผิวเร็วพอ ๆ กับการระเหยของน้ำจากผิว การกระจายความชื้นที่ผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอ

การพาความร้อนแบบบังคับ

การพาความร้อนแบบบังคับจะเกิดขึ้น เมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่ร้อนหรือเย็นกว่า เนื่องจากการไหลของของไหลในการพาความร้อนแบบบังคับมีความเร็วที่สูงกว่าแบบอิสระดังนั้นถ้าหากมีความแตกต่างของอุณหภูมิขนาดเท่าๆ กันแล้วการพาความร้อนแบบบังคับจะมีอัตราการพาความร้อนที่สูงกว่าแบบอิสระ ความแตกต่างของการพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระก็คือความเร็วของของไหลในการพาความร้อนแบบบังคับนั้น เกิดจากแรงภายนอกมากระทำ ไม่ว่าจะเป็นการพาความร้อนแบบใดก็ตามต่างก็มีสมการสำหรับการหาอัตราการ พาความร้อนที่อยู่ในรูปของกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's Law of Cooling)

$$q_C = h_C A (T_S - T_{f,\infty}) \qquad (1)$$

เมื่อ h_C = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย ที่ผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับวัตถุหรือหนึ่งหน่วยการนำความร้อนจากการพาความร้อน , W/ m^2.K

A = พื้นที่ของผิววัตถุที่สัมผัสกับของไหล, m^2

T_S = อุณหภูมิผิววัตถุ, K

$T_{f,\infty}$ = อุณหภูมิของของไหลอิสระที่อยู่ห่างจากผิว, K

ความสัมพันธ์ระหว่างการพาความร้อน

ความสัมพันธ์ของกระบวนการการพาความร้อนนั้นก็คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย(h_c) นั่นเองสำหรับของไหลที่มีความเร็วต่ำและอัดตัวไม่ได้ตัวแปรอิสระที่ใช้สำหรับหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย นั้นได้แก่ ความเร็วของของไหล (v), เส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของท่อ และคุณสมบัติต่าง ๆ เช่นค่าการนำความร้อน (k), ความหนืด (μ), ค่าความร้อนจำเพาะ (Cp), และความหนาแน่น (ρ) เป็นต้น ซึ่งจะได้

$$N_u = \frac{h_c D}{k} \qquad (2)$$

นั่นก็คือ นัสเซลท์นัมเบอร์

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} \qquad (3)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างท้องฟ้ากับอากาศ

$$T_{sky} = 0.0552\ T_{air}^{1.5}$$

หรือ $$T_{sky} = T_{air} - 6 \qquad (4)$$

ในกรณีที่แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีลมพัดผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม

$$h_w = 5.7 + 3.7\ v \qquad (5)$$

เมื่อ v = ความเร็วของลมมีหน่วยเป็น m / s

ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

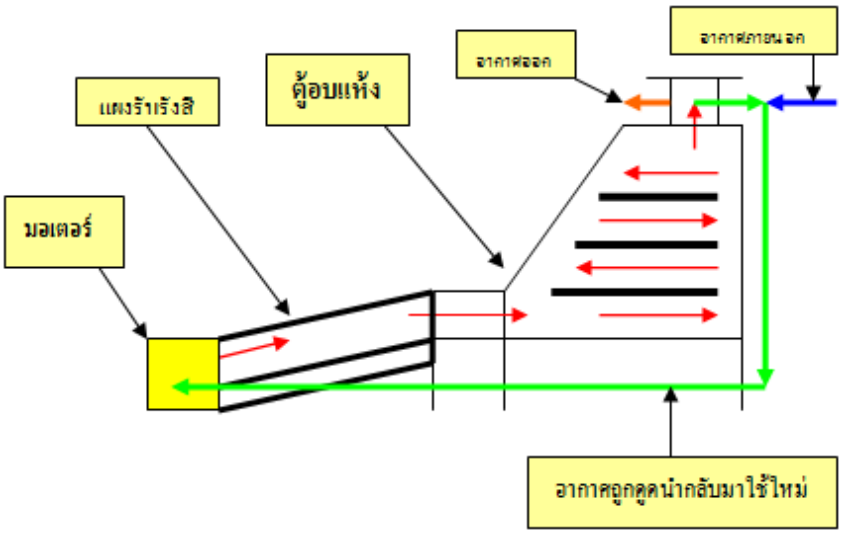
$$\eta_{collceter} = \frac{\mathring{Q}}{AI_T} x100\% \qquad (6)$$

เมื่อ $\mathring{Q}$ คือ ความร้อนที่อากาศได้รับเมื่อไหลผ่านแผงรับรังสี สามารถคำนวณได้จาก

$$\mathring{Q} = \mathring{m} c_p (t_i - t_o) \qquad (7)$$

เมื่อ I_T = ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์, w/m^2
A_s = พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์, m^2
t_i = อุณหภูมิสารทำงานเข้าแผงรับรังสี, °C
t_o = อุณหภูมิสารทำงานออกแผงรับรังสี, oC

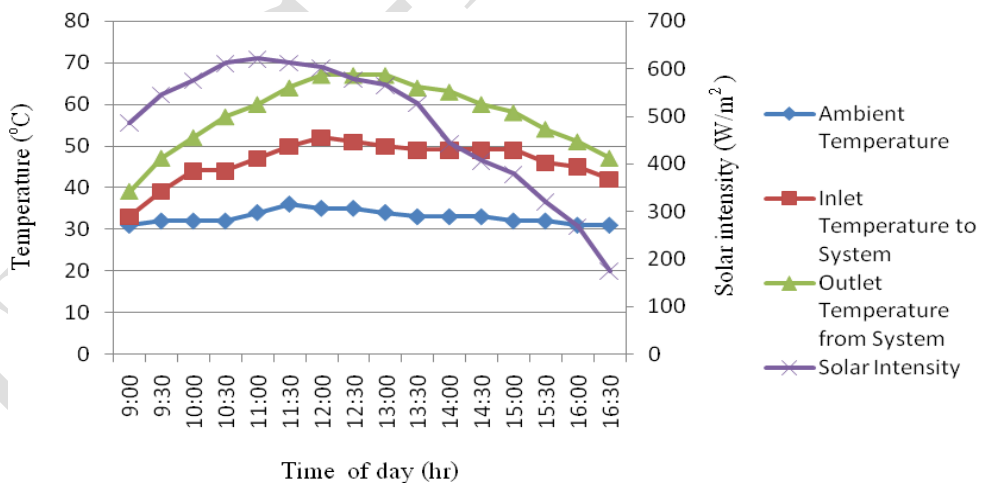
TREC-14 (MJU)



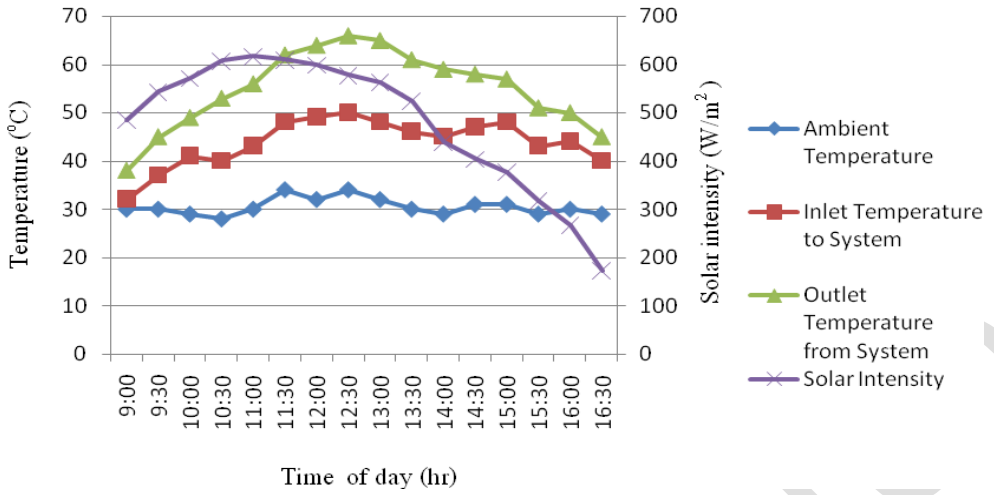
ภาพที่ 2 Diagram ของตู้อบแห้งที่นำเสนอ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

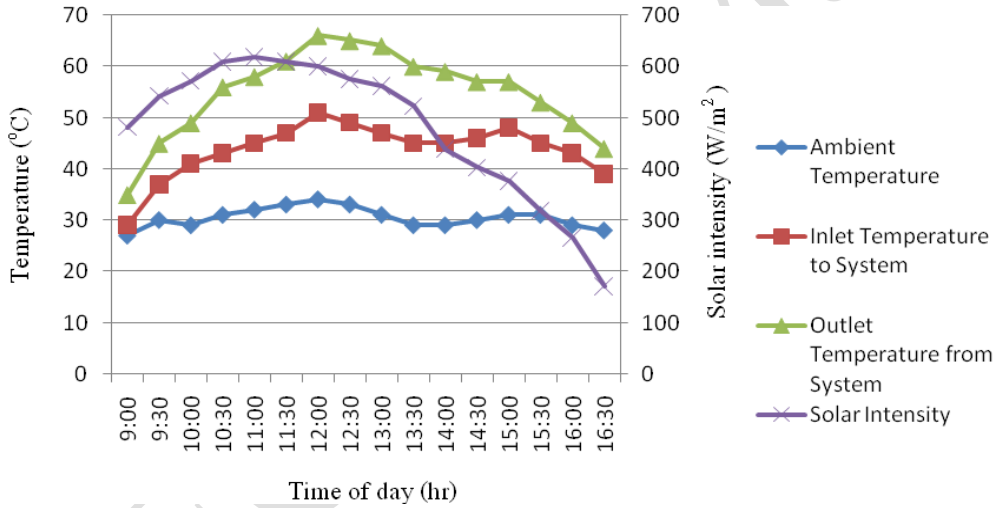
แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (กว้าง 116 cm x ยาว 132 cm x สูง 8 cm.) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานรังสีอาทิตย์ให้อยู่ในรูปพลังงานความร้อน ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส ซึ่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะทำหน้าที่รับรังสีอาทิตย์รวม (Total Radiation) ที่ตกกระทบโดยไม่จำเป็นต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ ชุดแผงรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นี้ ได้ทำการออกแบบโดยทำจากอะลูมิเนียม



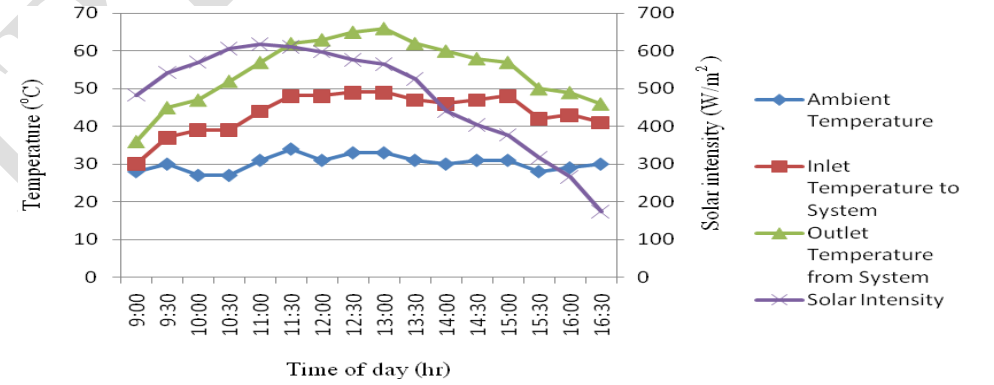
ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะตู้อบแห้งเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2 ครั้งที่ 1



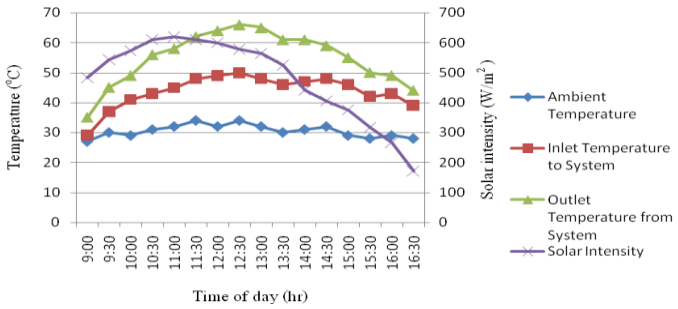
ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะตู้อบแห้งเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2 ครั้งที่ 2



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะตู้อบแห้งเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2 ครั้งที่ 3



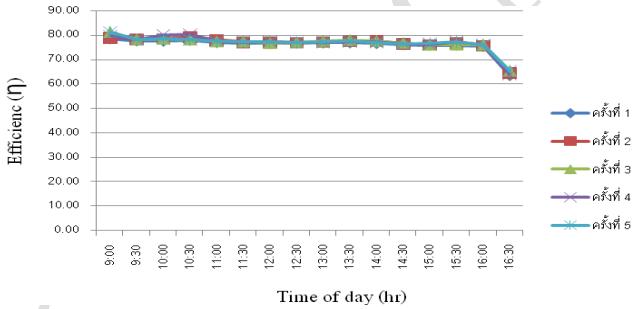
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะตู้อบแห้งเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2 ครั้งที่ 4



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะตู้อบแห้งเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2 ครั้งที่ 5

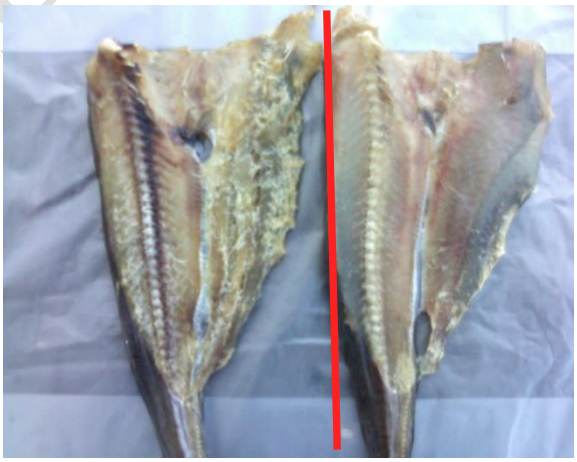
จากภาพที่ 3,4,5,6 และ 7 การทดลองนี้เป็นการทดลองซ้ำที่อัตราการไหลที่ 2.05 m/s^2 และความเข้มรังสีสุริยะที่ใกล้เคียงกัน ผลที่ได้คืออุณหภูมิแผงรับรังสีแสงสุริยะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ แผงรับรังสีแสงสุริยะสามารถกักเก็บอุณหภูมิภายในแผงรังรังสีสุริยะได้ใกล้เคียงกันในสภาวะที่ค่าความเข้มของรังสีสุริยะที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แสดงให้เห็นว่าการกับเก็บอุณหภูมิแผงรังรังสีสุริยะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นสามารถเชื่อถือได้ที่อัตราการไหล 2.05 m/s^2

ประสิทธิภาพของตู้อบแห้ง



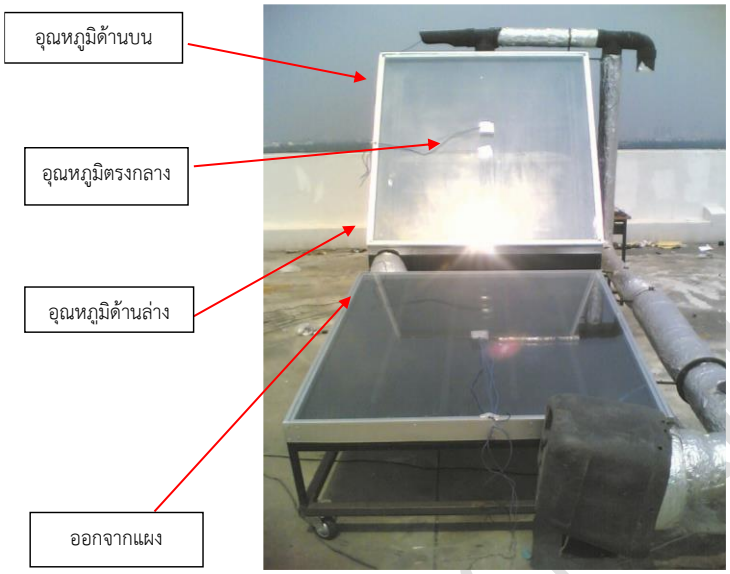
ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นเทียบกับเวลาที่อัตราการไหล2.05 m/s^2

ใช้ตู้อบแห้งตากแดด



TREC (MJU)

ภาพที่ 9 การอบแห้งผลิตภัณฑ์ ปลาสามแก้วสดที่อัตราการไหล 2.50 m/s^2 เปรียบเทียบกับการตากแดดปลาสามแก้วสด ใช้เวลาเท่ากันที่ 7 ชั่วโมง



ภาพที่ 10 เครื่องต้นแบบที่ใช้การทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากความสำคัญและปัญหาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ผู้ดำเนินงานได้ทำการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกสองชั้นขึ้น ซึ่งสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ โดยมีอากาศเป็นสารตัวกลางในการพาความร้อน ประกอบไปด้วยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบราบเรียบจำนวน 1 แผง ซึ่งทำการเพิ่มกระจกบริเวณแผงรับเป็นจำนวน 2 แผ่นกลายเป็นกระจกฉนวน เพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกจากแผงรับพลังงาน ที่ถูกส่งไปยังตู้อบและเพิ่มกระจกด้านหน้าของตู้อบเป็นกระจกจำนวน 2 แผ่นเช่นกัน เพื่อเป็นการลดการสูญเสียความร้อนภายในตู้อบแห้ง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการอบนี้ คือ ปลาสามแก้ว ขนาดความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร

เอกสารอ้างอิง

[1] ศรินุช จินดารักษ์ , 2536, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบโมดุลเพื่อการอบปลาหมึก, ปริญญานิพนธ์สายวิชา เทคโนโลยีพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] สมชาย โสภณรณฤทธิ์, 2540, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 338

[3] สุนันท์ ศรัณยนิตย์, 2545, การถ่ายเทความร้อน.

[4]. ปิยะ ยิ้มขุนทด, 2548, เครื่องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์, ปริญญานิพนธ์สาย วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5]. ชัชวาล ตัณฑกิตติ, 2530, ขบวนการความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6]. จงจิตร หิรัญลาภ, 2547, กระบวนการพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[7]. สถาพร สกุลวัฒนะ, 2550, การศึกษาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกระจกสองชั้น.

การศึกษาเทคโนโลยีการระบายความร้อนสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

The study the cooling technology for central processing units (CPUs) to increase personal computer performance.

ปรานปรียา มะโนมูล [1] สิริลักษณ์ โดยบุญ [1] และ วีระ พันอินทร์ [1*]
Pranpriya Manomoon [1] Siriluck Doayboon [1] and Weera Punin [1*]

[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100
*Corresponding author Tel. 0836319995. E-mail: weerapunin@lpru.ac.th

Abstract

This research examines cooling technologies for cooling personal computer processors that help personal computers run more efficiently. By choosing the cooling technology for cooling the processor of a personal computer model Intel Core i3 2100, all 3 models are cooling fans. Two types of thermoelectric modules are thermoelectric cooling models TEC1-12706 and TEC1-12708 and thermoelectric power generation SP1848-27145 SA and TEP1-126T200 and water cooling. Install the system and test the cooling, then find the cooling efficiency and compare the economic suitability. The results showed that the technology reduces the current temperature, the CPUTIN position has the lowest value. The thermoelectric cooling model TEC1-12706 is 24.33 °C, followed by TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA, equals 27.67, 28.33, 31.00, 44.67, and 45.00 °C, respectively. As a result, the cooling efficiency of the thermoelectric model TEC1-12706 was the highest at 55.80%, followed by TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA, cooling water, and cooling fans were 51.08, 47.80, 46.63, 40.86, and 34.31%, respectively. Corresponding to the cooling performance coefficient was 0.46, followed by 0.45, 0.42, 0.41, 0.41 and 0.34, respectively. Therefore, thermoelectric refrigeration model TEC1-12706 is suiตรางที่ for installing personal computer processors, and it also has the fastest installation payback period of 1 month and 6 days.

Keywords: thermoelectric module, Cooling performance, Personal computer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ตรวจสอบเทคโนโลยีการระบายความร้อนของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ช่วยให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเลือกเทคโนโลยีการระบายความร้อนสำหรับการระบายความร้อนของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ทั้ง 3 รูปแบบ คือพัดลมระบายความร้อน ชุดระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล 2 ชนิด ได้แก่ เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 กับ TEC1-12708 และเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า รุ่น SP1848-27145 SA กับ TEP1-126T200 และการระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อนำมาติดตั้งระบบและทดสอบการระบายความร้อน จากนั้นหาประสิทธิภาพการระบายความร้อน วิเคราะห์ เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า เทคโนโลยีที่ช่วยลดอุณหภูมิปัจจุบันตำแหน่ง CPUTIN ที่มีค่าต่ำสุด คือ เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 มีค่าเท่ากับ 24.33 °C รองลงมา คือ TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 27.67, 28.33, 31.00, 44.67 และ 45.00 °C ตามลำดับ ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 55.80 % รองลงมาคือ TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 51.08, 47.80, 46.63, 40.86 และ 34.31 % ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการ

ทำความเย็น มีค่าเท่ากับ 0.46 รองลงมามีค่าเท่ากับ 0.45, 0.42, 0.41, 0.41 และ 0.34 ตามลำดับ ดังนั้น เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 จึงมีความเหมาะสมในการติดตั้งสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังมีระยะเวลาคืนทุนในการติดตั้งเร็วที่สุด คือ 1 เดือน 6 วัน

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล, ประสิทธิภาพการระบายความร้อน, คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

บทนำ

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการในการดำเนินชีวิต ทำให้เกิดวิวัฒนาการด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้น ประกอบไปด้วย แผงวงจรหลัก (Mainboard) แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) และไมโครชิป (Microchip) โดยเฉพาะเทคโนโลยีการระบายความร้อนเมื่อมีการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานานก่อให้เกิดความร้อนสะสมและอุณหภูมิสูงขึ้น จนกระทั่งคอมพิวเตอร์โอเวอร์ฮีต (Over hart) ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลลดลง จึงมีพัดลมระบายความร้อนติดตั้งมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อระบายความร้อนและลดอุณหภูมิให้กับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อย่างไรก็ตามการใช้พัดลมระบายความร้อนที่ติดตั้งมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวของประเทศไทย [1] ส่งผลให้การระบายความร้อนด้วยพัดลมระบายความร้อน (แบบเดิม) ไม่มีประสิทธิภาพการระบายความร้อนเพียงพอต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ปัจจุบันเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้รับความสนใจ คือเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลเพราะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติในการผลิตความเย็นโดยไม่ใช้ของเหลวหรือสารหล่อเย็นในการช่วยระบายความร้อนและลดอุณหภูมิ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มากมาย [2] อาทิ เครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล [3] การลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [4] นอกจากนี้ในปี 2014 N. B. Totala และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลและออกแบบพัดลมระบายความร้อนโดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น พบว่าพัดลมระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็นที่ออกแบบสามารถระบายความร้อนได้และทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเย็นลงจาก 32.5 ℃ จนถึง 22.1 ℃ การทำความเย็นจะคงที่ภายในระยะเวลา 10 min เมื่อเปิดเครื่องเป่าลมด้วยความเร็ว 2.5 m/s ต่อมาในปี 2020 Joshi และ Mohanty [6] ได้ทำการศึกษาพัดลมเพดานปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล พบว่าการอ่านค่าพัดลมเพดานปรับอากาศเมื่อเทียบกับพัดลมเพดานแบบเดิมมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ลดลง 7 ℃ ถึง 6 ℃ ภายในระยะเวลา 15 min ถึง 20 min ตามลำดับ ต่อมาในปีเดียวกัน Shelar Omkar และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาระบบปรับอากาศในรถยนต์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล พบว่าระบบปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลมีความสามารถในการระบายความร้อนและใช้เป็นทางเลือกแทนระบบระบายความร้อนที่ใช้สารทำความเย็นได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำคุณสมบัติการผลิตความเย็นมาประยุกต์ใช้สำหรับการระบายความร้อนและลดอุณหภูมิให้กับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีอุณหภูมิสูงในห้องที่ไม่ปรับอากาศ

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น คณะวิจัยสนใจที่จะนำเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลมาประยุกต์ใช้เป็นเทคโนโลยีการระบายความร้อน โดยเลือกศึกษาเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล 2 ชนิด ได้แก่ เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น (Thermoelectric cooling module: TEC) รุ่น TEC1-12706 กับ TEC1-12708 และเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า (Thermoelectric power module: TEP) รุ่น SP1848-27145 SA กับ TEP1-126T200 สำหรับการระบายความร้อนและลดอุณหภูมิให้กับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลกับพัดลมระบายความร้อนและการระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายความร้อนและเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลมาแก้ปัญหาการระบายความร้อนของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น

วิธีการวิจัย

TREC-14 (MUT)

การศึกษาประสิทธิภาพการระบายความร้อนและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล เพื่อช่วยให้หน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 มีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น มีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1. เลือกเทคโนโลยีการระบายความร้อนตามคุณสมบัติเฉพาะสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100

1) พัดลมระบายความร้อน รุ่น Intel 1A01C7T00 – HBL มีแรงดันไฟฟ้า 12 V และกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 0.17 A

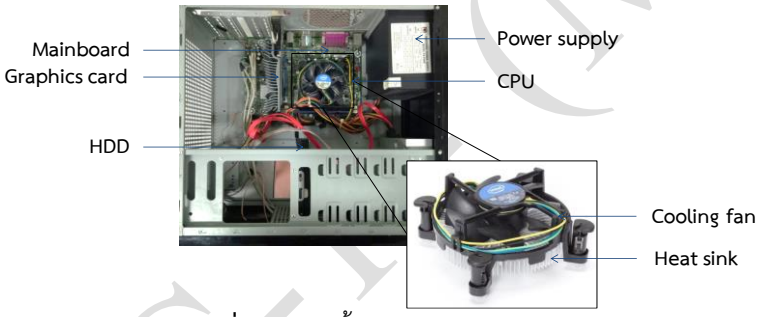
2) เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 กับรุ่น TEC1-12708 และเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า รุ่น SP1848-27145 SA กับรุ่น TEP1-126T200

3) การระบายความร้อนด้วยน้ำ ยี่ห้อ Bykski

2. ดำเนินการติดตั้งระบบการระบายความร้อนและทดสอบการระบายความร้อนของเทคโนโลยีการระบายความร้อน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ดำเนินการติดตั้งและทดสอบการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อน

1) ดำเนินการติดตั้งพัดลมระบายความร้อน บริเวณตรงกลางหน้าผิวสัมผัสของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การติดตั้งพัดลมระบายความร้อน

2) ดำเนินการทดสอบการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อน

ขั้นที่ 1 เริ่มการทดสอบการระบายความร้อนของระบบระบายความร้อน โดยการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ขั้นที่ 2 กำหนดเวลาที่ใช้ในการทดสอบการระบายความร้อน ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม Hardware monitorและโปรแกรม Task manager เก็บข้อมูลทุก ๆ 5 min เป็นระยะเวลา 5 hr โดยมีการควบคุมการเปิดแอปพลิเคชันเพื่อจำลองสถานการณ์การใช้งาน

ภาพที่ 2 โปรแกรม Hardware monitor และโปรแกรม Task manager

ขั้นที่ 3 ดำเนินการเก็บค่าอุณหภูมิของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งพิจารณาอุณหภูมิจากค่าปัจจุบัน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของ Central processing unit temperatures input (CPUTIN) จากโปรแกรม Hardware

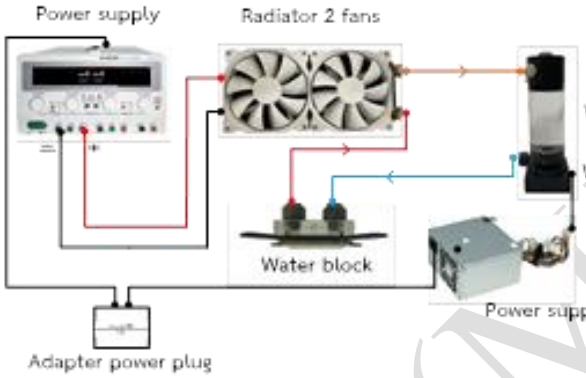
TREC-IC(MJU)

monitor และดำเนินการเก็บค่าการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและค่าการใช้งานของหน่วยความจำกายภาพ จากโปรแกรม Task manager ดังภาพที่ 2 แต่ละขั้นตอนทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.2 ดำเนินการติดตั้งระบบระบายความร้อนและทดสอบการระบายความร้อนของระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ

1) ดำเนินการติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ

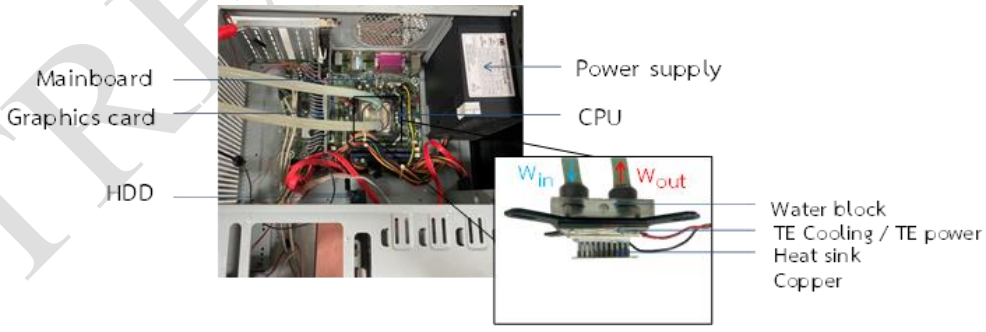
ขั้นที่ 1 ติดตั้งระบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การต่อระบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ

ขั้นที่ 2 ทำการต่อระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยการประกบผิวด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลหันเข้าทางบล็อกน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับบล็อกน้ำและประกบผิวด้านเย็นไว้กับแผงระบายความร้อนอะลูมิเนียมที่มีจำนวน 100 ครีบ ขนาดกว้าง 1.5 mm ยาว 1.5 mm และสูง 10 mm ซึ่งแผงระบายความร้อนอะลูมิเนียมอีกด้านหนึ่งจะถูกประกอบกับแผ่นทองแดงบาง ขนาดกว้าง 37 mm และยาว 37 mm ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 เมื่อประกอบระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ ต่อมานำหน้าผิวสัมผัสของแผ่นทองแดงบางอีกด้านหนึ่งมาประกบเข้ากับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ดังภาพที่ 4



*หมายเหตุ : (Inlet water : W_{in}) หมายถึง ทางน้ำเข้า , (Outlet water : W_{out}) หมายถึง ทางน้ำออก

ภาพที่ 4 การติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ

TREC-14 (MJU)

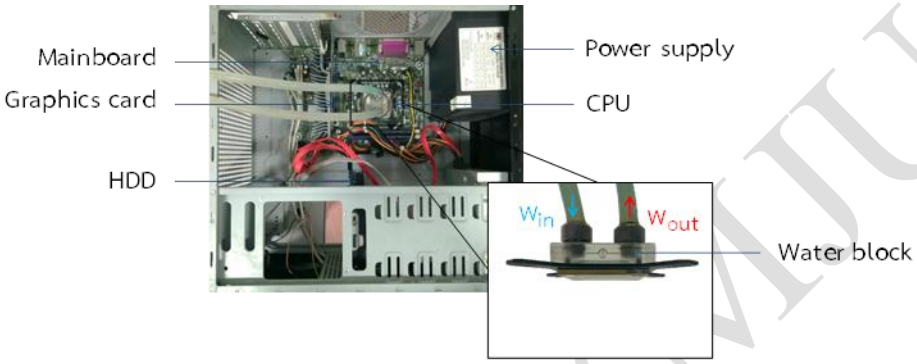
2) ดำเนินการทดสอบการระบายความร้อนของระบบระบายความร้อนและทดสอบการระบายความร้อนของระบบระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลร่วมกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ ทดสอบ 3 ซ้ำ เช่นเดียวกับการทดสอบการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อน

2.3 ดำเนินการติดตั้งระบบการระบายความร้อนและทดสอบการระบายความร้อนของการระบายความร้อนด้วยน้ำ

1) ดำเนินการติดตั้งการระบายความร้อนด้วยน้ำ

ขั้นที่ 1 ติดตั้งระบบการระบายความร้อนด้วย ดังภาพที่ 3

ขั้นที่ 2 นำบล็อกน้ำประกบเข้ากับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังภาพที่ 5



*หมายเหตุ : (Inlet water : W_{in}) หมายถึง ทางน้ำเข้า , (Outlet water : W_{out}) หมายถึง ทางน้ำออก

ภาพที่ 5 การติดตั้งการระบายความร้อนด้วยน้ำ

2) ดำเนินการทดสอบการระบายความร้อนของการระบายความร้อนด้วยน้ำ ทดสอบ 3 ซ้ำ เช่นเดียวกับการทดสอบการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อน

3. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการระบายความร้อนของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเทคโนโลยีการระบายความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ เพื่อประเมินอัตราการทำความเย็น ประสิทธิภาพการระบายความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเทคโนโลยีการระบายความร้อน จากสมการ (1) – (4) ดังนี้

1) สมการอัตราการทำความเย็นของของไหล สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$Q_c = hA\,(T_h - T_c) \qquad (1)$$

โดยที่ Q_c = อัตราการทำความเย็นของของไหล (W)

h = ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหล ($W/m^2\ K$)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสความร้อน (m^2)

T_c = อุณหภูมิต่ำสุดของ CPUTIN (K)

T_h = อุณหภูมิสูงสุดของ CPUTIN (K)

2) สมการอัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$Q_c = \alpha I T_c + K(T_h - T_c) - 0.5I^2R \qquad (2)$$

TREC-14 (MJU)

โดยที่ Q_c = อัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล (W)
α = ค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (V/K)
R = ความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล (Ω)
K = การนำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล (W/K)
I = ปริมาณกระแสที่ไหลผานเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล (A)
T_c = อุณหภูมิสูงสุดของ CPUTIN (K)
T_h = อุณหภูมิสูงสุดของ CPUTIN (K)

3) สมการประสิทธิภาพการระบายความร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\eta = \frac{Q_c}{P_{max}} \quad (3)$$

โดยที่ η = ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเทคโนโลยีการระบายความร้อน
Q_c = อัตราการทำความเย็นของเทคโนโลยีการระบายความร้อน (W)
P_{max} = กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าเทคโนโลยีการระบายความร้อน (W)

4) สมการค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น สามารถคำนวณได้จากสมการ (4)

$$COP = \frac{Q_c}{P_{Total}} \quad (4)$$

โดยที่ COP = ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเทคโนโลยีการระบายความร้อน
Q_c = อัตราการทำความเย็นของเทคโนโลยีการระบายความร้อน (W)
P_{Total} = กำลังไฟฟ้าทั้งหมด (W)

4. วิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการระบายความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ คือพัดลมระบายความร้อน เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลและการระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อทราบถึงระยะเวลาคืนทุน (5)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{มูลค่าการลงทุน (บาท)}}{\text{ราคาที่ประหยัดได้ (บาทต่อปี)}} \quad (5)$$

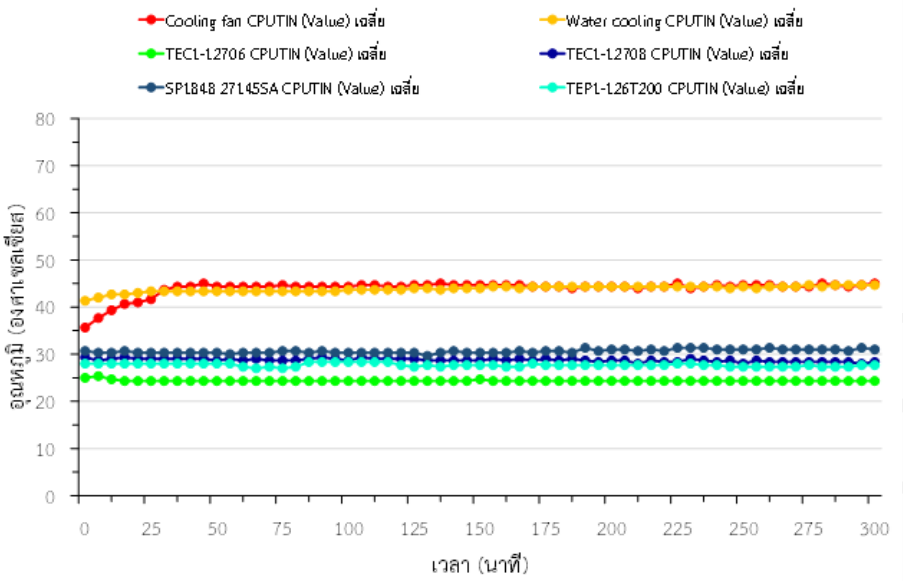
5. เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการระบายความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ คือพัดลมระบายความร้อน เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลและการระบายความร้อนด้วยน้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีการระบายความร้อนสำหรับการระบายความร้อนของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ค่าการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ ค่าการใช้งานของหน่วยความจำกายภาพ ประสิทธิภาพการระบายความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิบริเวณตำแหน่ง CPUTIN

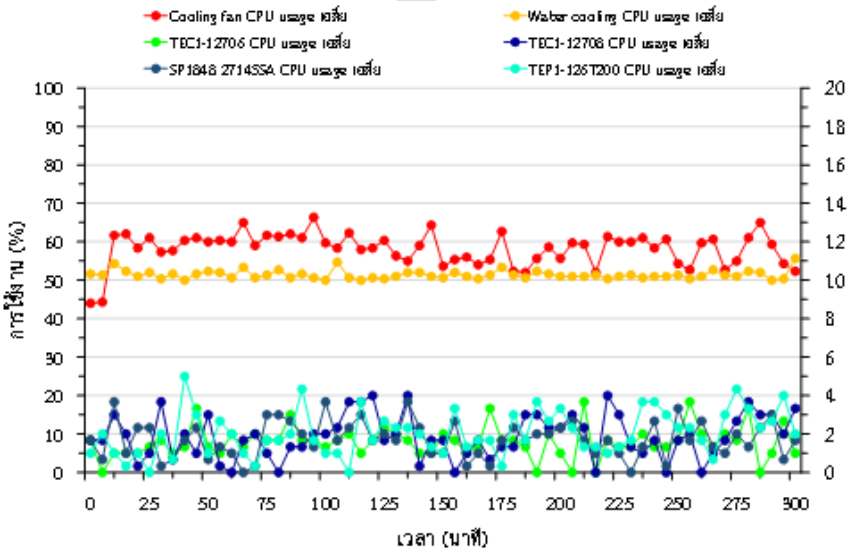
TREC-14 (MJU)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิค่าปัจจุบันที่ตำแหน่งแผงวงจรหลักของ CPUTIN

จากภาพที่ 6 ค่าอุณหภูมิปัจจุบันที่ตำแหน่ง CPUTIN ของแผงวงจรหลัก พบว่าการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 24.33 °C รองลงมา คือ TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 27.67, 28.33, 31.00, 44.67 และ 45.00 °C ตามลำดับ

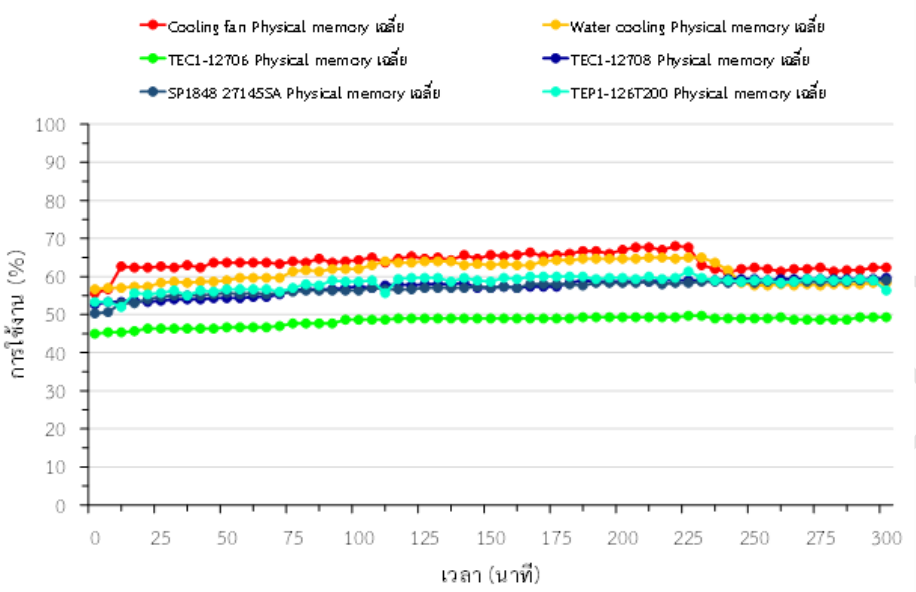
2. ผลการเปรียบเทียบค่าการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (CPU Usage)



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบค่าการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

จากภาพที่ 7 ค่าการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล พบว่าการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.57 % รองลงมา คือ SP1848-27145 SA, TEC1-12708, TEP1-126T200 การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 1.73, 1.86, 2.03, 51.42 และ 58.14 % ตามลำดับ

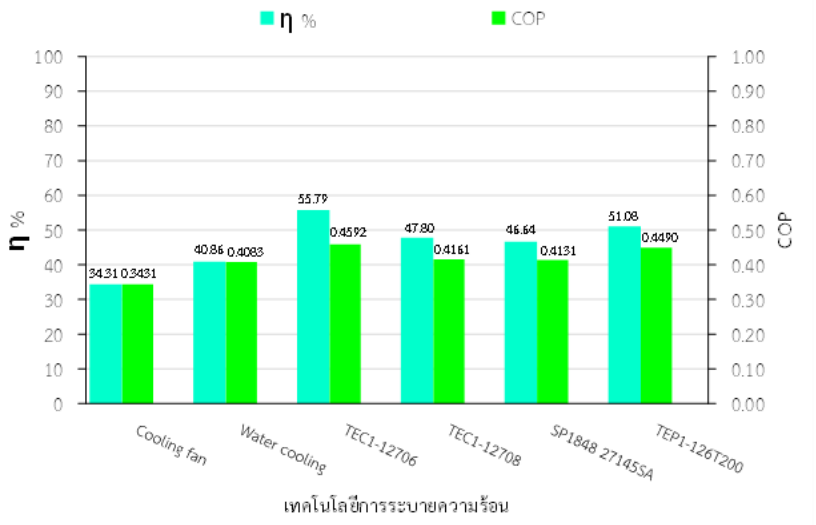
3. ผลการเปรียบเทียบค่าการใช้งานของหน่วยความจำกายภาพ (Physical memory)



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบค่าการใช้งานของหน่วยความจำกายภาพ

จากภาพที่ 8 ค่าการใช้งานของหน่วยความจำกายภาพ พบว่าการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 48.26 % รองลงมา คือ SP1848-27145 SA, TEC1-12708, TEP1-126T200 การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 56.91, 57.22, 58.19, 61.19 และ 63.80 % ตามลำดับ

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

จากภาพที่ 9 ค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อน พบว่าการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 55.80 % รองลงมา คือ TEP1-126T200, TEC1-12708, SP1848-27145 SA การระบายความร้อนด้วยน้ำและพัดลมระบายความร้อน มีค่าเท่ากับ 51.08, 47.80, 46.63, 40.86 และ 34.31 % ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น.มีค่าเท่ากับ 0.46 รองลงมามีค่าเท่ากับ 0.45, 0.42, 0.41, 0.41 และ 0.34 ตามลำดับ

5. ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการระบายความร้อน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการระบายความร้อน

รายละเอียด	เทอร์โมอิเล็กตริก ทำความเย็น		เทอร์โมอิเล็กตริก ผลิตไฟฟ้า		ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	พัดลมระบายความร้อน (แบบเดิม)
	TEC1 - 12706	TEC1 - 12708	SP1848 - 27145 SA	TEP1 - 126T200		
ต้นทุนการลงทุน (Baht)	21,765	21,765	21,785	21,835	21,590	16,140
ต้นทุนคงที่ (Baht)	3.67	3.67	3.68	3.69	6.80	9.29
ต้นทุนแปรผัน	30.29	30.29	30.14	30.24	29.84	0.06
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Baht)	33.97	33.97	33.82	33.93	36.64	9.35
ต้นทุนการดำเนินงาน (Baht/hr)	6.79	6.79	6.76	6.79	7.33	1.87
ราคาที่ประหยัดได้ (Baht/y)	218,817.77	217,650.59	218,226.46	216,981.62	17,221.03	-
ระยะเวลาคืนทุน (y)	0.0995	0.1000	0.0998	0.1006	1.2537	-

จากตารางที่ 1 ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการระบายความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก รุ่น TEC1-12706 มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด เท่ากับ 1 เดือน 6 วัน รองลงมา คือ SP1848-27145 SA, TEC1-12708, TEP1-126T200 และการระบายความร้อนด้วยน้ำ มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน 6 วัน, 1 เดือน 6 วัน, 1 เดือน 6 วัน และ 1 ปี 3 เดือน 1 วัน ตามลำดับ ดังนั้น เทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 จึงมีความเหมาะสมในการติดตั้งสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยทั้งหมดนี้ พบว่าชุดระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลสามารถระบายความร้อนและลดอุณหภูมิสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ได้ดีกว่าการใช้พัดลมระบายความร้อนและการระบายความร้อนด้วยน้ำ ช่วยให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น รวมทั้งมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ชุดระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกทำความเย็น รุ่น TEC1-12706 มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีการระบายความร้อนรูปแบบใหม่ได้ เนื่องจากสามารถระบายความร้อนและลดอุณหภูมิสำหรับหน่วยประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น Intel Core i3 2100 ได้เป็นอย่างดี และมีระยะคืนทุนเร็วที่สุด เท่ากับ 1 เดือน 6 วัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัยและขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

TREC-14 (MJU)

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563). **ภูมิอากาศของประเทศไทย.** สืบค้น 5 กรกฎาคม 2563, จาก https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22

[2] อาจรี ศุภสุธีกุล. (2553). การพัฒนาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กตริก**, วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).** 2 (3), 14. สืบค้นจาก http://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/894/906

[3] Xiaoli Ma, Han Zhao, Xudong Zhao, Guiqiang Li, Samson Shittu. (2019**).** Building Integrated Thermoelectric Air Conditioners - A Potentially Fully Environmentally Friendly Solution in Building Services. **Future Cities and Environment.,** 5 (1), 1. doi: 10.5334/fce.76

[4] ณัฐพล เข็มเพ็ชร์ และอัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2560). “กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์”. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560**, 316. วันที่ 30 พฤศจิกายน 2560 ณ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

[5] Prof. N. B. Totala, Prof. V. P. Desai, Rahul K. N. Singh, Debarshi Gangopadhyay, Mohd. Salman Mohd. Yaqub, Nikhil Sharad Jane. (2014). Study and Fabrication of Thermoelectric Air Cooling and Heating System. **International Journal of Engineering Inventions,** 4 (2), 20. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/281446012_Study_and_Fabrication_of_Thermoelectric_Air_Cooling_and_Heating_System

[6] Sanket S. Joshi, Aditya Kumar Mohanty. (2020). Air Conditioning Ceiling fan by using Thermoelectric Module. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),** 7 (1), 1694.

[7] Shelar Omkar, Nawle Yogesh, Gawli Gorakhnath, Ghorpade Omkar. (2020). Air Conditioning System in Car using Thermoelectric Effect. **International Journal of Engineering and Technical Research,** 9 (6), 374.

TREC-14 (MUD)

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
The Study on Effects of Dust on The Performance of PV Power Plants

ภูวเดช เมฆสุวรรณ[1] ธีรยุทธ์ เจนวิทยา[2*] ศิริชัย เทพา [1] กฤษณพงศ์ กีรติกร [2]
รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ [1] และ บัณฑูร เวียงมูล [3]
Phuwadet Meksuwan[1] Dhirayut Chenvidhya[2*] Sirichai Thepa[1] Krissanapong Kirtikara[2]
Roongrojana Songprakorp[1] and Buntoon Wiengmoon[3]

[1] สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10140
[2] ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150
[3] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract

This thesis studies dust accumulation on PV module at Nakhon Ratchasima PV power plant that methodology is divided into two parts. The study on principle of dust structure, dust composition and dust accumulation on front of PV module is the first part. Second part is the study on effect of dust for PV system efficiency especially on electrical production. The result indicates the structure of dust being circle, oval and polygonal shape. Furthermore, main composites are SiO2 / Al2O3 / Fe2O3. The highest dust accumulation appears on dry season which has around 22.96 percent of the highest value from agricultural activities. Average of dust accumulation is 0.14 percent per day. The electrical evaluation of PV power plant reveals that the worst electrical reduction is around 1.39 percent, 4.00 percent and 5.00 percent for 6 days, 25 days and 34 days of dust accretion, respectively. It is noteworthy that, at PV power plant, average of dust accumulation ratio on clean PV module has higher than unclean PV module as 0.3 and 0.17 percent per day, respectively. The results can be useful for cleaning planning to increase performance of solar cells. It also reduces the cost of cleaning as well.

Keywords: dust composition, dust structure, soiling ratio, solar cell

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสะสมฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.นครราชสีมา โดยออกแบบการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง การศึกษาลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของฝุ่น และส่วนที่สอง การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่าลักษณะโครงสร้างของฝุ่น มีลักษณะเป็นทรงกลม ทรงรียาว และลักษณะเป็นเหลี่ยม องค์ประกอบส่วนใหญ่คือ SiO_2 / Al_2O_3 / Fe_2O_3 เป็นต้น ส่วนลักษณะการสะสมของฝุ่นจะเปลี่ยนแปลงไปตามรอบฤดูกาล โดยช่วงที่มีการสะสมของฝุ่นสูงสุดคือช่วงฤดูแล้งและมีกิจกรรมทางการเกษตรร่วมด้วย การสะสมของฝุ่นสูงสุดเท่ากับ 22.96 % ค่าเฉลี่ยอัตราการสะสมฝุ่นเท่ากับ 0.14 % ต่อวัน สำหรับผลการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ค่ากระแสไฟฟ้าลดลงเมื่อมีการสะสมของฝุ่น พบว่าเมื่อสะสมฝุ่น 6 วัน , 25 วัน และ 34 วัน สัดส่วนค่ากระแสไฟฟ้าลดลง 1.39 % , 4.00 % และ 5.00 % ตามลำดับ และเมื่อสังเกตค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นระหว่างสตริงที่ทำความสะอาดกับสตริงที่ไม่ทำความสะอาด พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ทำความสะอาดประมาณ 0.30 % ต่อวัน และค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ไม่มีการทำความ

TREC-14 (MJU)

สะอาดประมาณ 0.17 % ต่อวัน จากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการวางแผนการทำความสะอาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้จ่ายในการดูแลและทำความสะอาดอีกด้วย
คำสำคัญ: องค์ประกอบธาตุของฝุ่น ลักษณะโครงสร้างของฝุ่น อัตราการสะสมฝุ่น เซลล์แสงอาทิตย์

บทนำ

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วโลกมีแนวโน้มที่สูงขึ้น จาก 500 GW ในปี 2018 เป็น 627 GW เมื่อสิ้นปี 2019 โดยการติดตั้งที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบเอเชีย-แปซิฟิก ถึง 60 %[1] ในประเทศไทยมีการสนับสนุนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยลดภาระการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม โดยในช่วงปี พ.ศ.2549 มีจำนวนการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 1.1 MW จนเมื่อปลายปี พ.ศ.2561 มีจำนวนการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 3,250 MW เพิ่มขึ้นอย่างมากในระยะเวลาไม่ถึง 20 ปี นอกจากนี้ รัฐบาลได้ประกาศแผน PDP2018 ซึ่งตั้งเป้าหมายการติดตั้ง PV ทั้งหมดไว้ที่ 12,725 MW ภายในปี พ.ศ.2573[2] หากพิจารณาว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเพียง 1% ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะมีมูลค่าไม่น้อยกว่า 450 ล้านบาทต่อปี ดังนั้นผลประโยชน์ที่ได้กลับคืนมาจากการสูญเสียเนื่องจากฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่เกาะบนแผงเซลล์รังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่า 6 % – 8 % ของพลังงานที่ผลิตได้ในรอบปี ถือเป็นผลดีอย่างยิ่งสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า[3]

การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีปัจจัยหลายๆ อย่างที่ส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าลดลง เช่น การบดบังจากเงา, อุณหภูมิแวดล้อม และการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงลดลงและประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิแผงเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ผลกระทบอีกประการที่เกิดขึ้นได้ง่ายและสามารถเกิดขึ้นได้ทุก ๆ สถานที่คือ การสะสมของฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะฝุ่นทำให้เกิดการส่องผ่านของแสงลดน้อยลง และเกิดการกระเจิงของแสงที่มาตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ลดลง[4]

มีงานวิจัยและการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของฝุ่นมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะการเกิดฝุ่นที่แตกต่างกัน ดังเช่นงานวิจัยงานวิจัยที่ประเทศอิรักได้ศึกษาวัสดุก่อสร้างทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่า ยิปซั่มมีการสะสมมากที่สุดที่ 25 g/m^2 และกำลังไฟฟ้าลดลงถึง 12-14 % ในระยะเวลา 3 เดือน[5] และงานวิจัยที่ประเทศอังกฤษได้ศึกษาผลกระทบของการสะสมฝุ่นทั้ง 13 ตัวอย่าง พบว่าถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แย่ที่สุด โดยลดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงประมาณ 98 % ในขณะที่เกลือส่งผลกระทบน้อยที่สุดประมาณ 7 %[6] สำหรับในประเทศไทยมีงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากฝุ่น โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้ศึกษาการสะสมของฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเช่นกัน รวมทั้งที่ มจธ. ได้มีการศึกษาผลกระทบของฝุ่นเช่นเดียวกัน ได้ทำการศึกษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก พบว่า ฝุ่นทำให้การผลิตไฟฟ้าลดลงประมาณ 6 %[7-8]

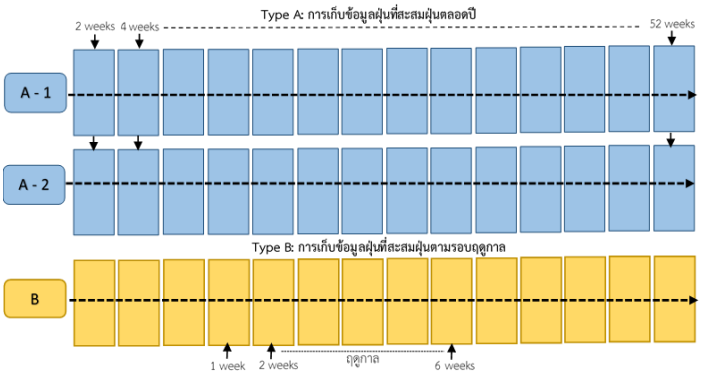
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลกระทบของการสะสมฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 1 โรงไฟฟ้า โดยการเก็บตัวอย่างข้อมูลการสะสมฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้กระจกสไลด์ เพื่อมาวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของฝุ่น รวมถึงประเมินประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่น ซึ่งคาดว่าจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ในการบริหารจัดการดูแลบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ต่อไป

วิธีการวิจัย

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เดือนละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย จึงไม่ทราบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการสะสมฝุ่นและชนิดของฝุ่นที่แตกต่างกันในแต่ละรอบฤดูกาลของปี ในงานวิจัยจึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลของโรงไฟฟ้าฯ เช่น ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า , ข้อมูลการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นประจำวัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสำรวจสภาพแวดล้อมและกิจกรรมต่าง ๆ บริเวณรอบโรงไฟฟ้าฯ ที่ติดตั้งอุปกรณ์การทดลองในการเก็บตัวอย่างฝุ่นของโรงไฟฟ้าฯ เพื่อนำมาศึกษาลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบฝุ่น และการสะสมของฝุ่น รวมทั้งศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

TREC-14 (MJU)

สำหรับการเก็บข้อมูลฝุ่น เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบฝุ่น และการสะสมของฝุ่นในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บฝุ่นจริง ณ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้กระจกสไลด์ ขนาด 1 x 3 นิ้ว วางติดตั้งในทิศเดียวกันและทำมุมเอียงเท่ากันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้าฯ โดยแบ่งกลุ่มของกระจกสไลด์เก็บฝุ่น เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Type A: การเก็บข้อมูลฝุ่นที่สะสมฝุ่นตลอดปี ติดตั้งแผ่นกระจกสไลด์จำนวน แผ่น 26 เป็นจำนวน 2 เซต ได้แก่ A-1 และ A-2 รวมทั้งสิ้น 52 แผ่น และ Type B: การเก็บข้อมูลฝุ่นที่สะสมฝุ่นตามรอบฤดูกาล ติดตั้งแผ่นกระจกสไลด์ตามรอบฤดูกาล ฤดูกาลจำนวนละ 6 แผ่น ที่แสดงดังภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ลักษณะลำดับการวางกระจกสไลด์ตามกลุ่ม (Type) ต่าง ๆ

ภาพที่ 2 แท่นเก็บฝุ่นที่ติดตั้งในโรงไฟฟ้าฯ

สำหรับการศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลอง โดยให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สะสมฝุ่นตามธรรมชาติและเปรียบเทียบผลกับแผงที่ถูกทำความสะอาด โดยเปรียบเทียบผลทางไฟฟ้า คือ ค่ากระแสไฟฟ้า ที่ลดลงเมื่อมีการสะสมฝุ่น ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 สตริง หรืออะเรย์ จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.นครราชสีมา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) สตริงที่สะสมฝุ่น โดยปล่อยให้เกิดฝุ่นตามธรรมชาติบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเดียวกันกับการทดลองบนกระจกสไลด์ และต้องทำความสะอาดในครั้งแรกสุดก่อนเริ่มการทดลอง

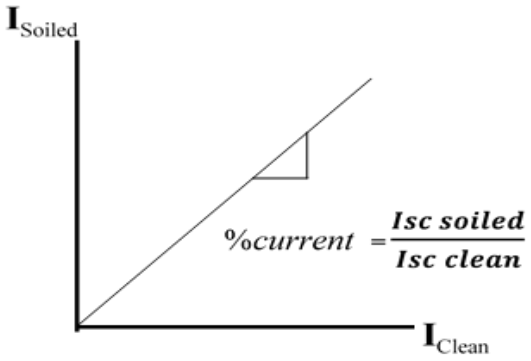
(2) สตริงที่ทำความสะอาด (Reference string) โดยจะทำความสะอาดตามรอบการล้างของโรงไฟฟ้าฯ หรือถี่ที่สุดเท่าที่จะทำความสะอาดได้ และต้องทำความสะอาดในครั้งแรกสุดก่อนเริ่มการทดลองพร้อมกันกับสตริงที่สะสมฝุ่น จะแสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 สตริง ณ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.นครราชสีมา

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.นครราชสีมา จะใช้ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะได้ความชันของกราฟ (Slope) หากนำค่า

TREC-14

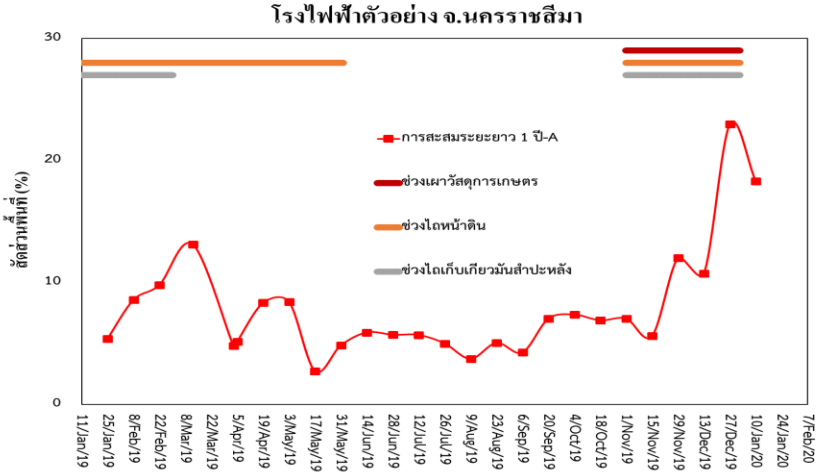
กระแสไฟฟ้าของสตริง (string) ที่ไม่ได้ทำความสะอาดหารด้วยสตริงที่ทำความสะอาด จะสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้าจากการสะสมของฝุ่นที่สะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า (Current) และสัดส่วนกระแสไฟฟ้าสตริงที่สะสมฝุ่นต่อสตริงที่ถูกทำความสะอาด(%current)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

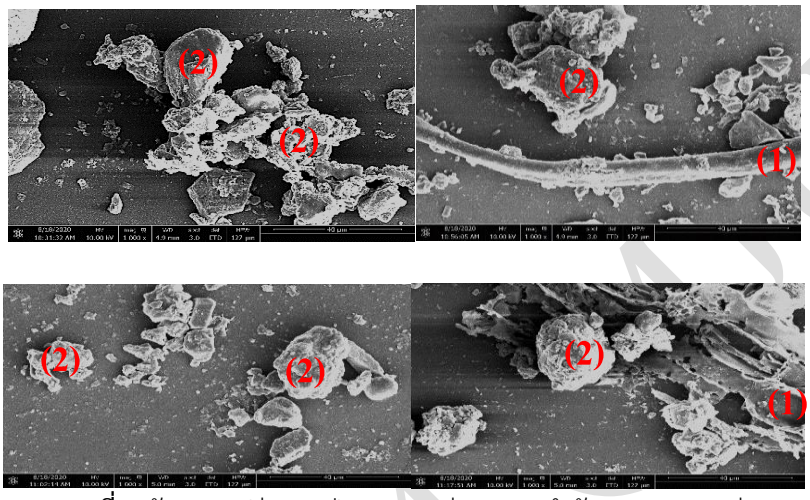
สำหรับการเก็บข้อมูลฝุ่น เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบฝุ่น จะได้ภาพถ่ายและความหนาแน่นของฝุ่น โดยใช้โปรแกรม Image J ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสะสมฝุ่นในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อมตามรอบฤดูกาลหรือกิจกรรมทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดฝุ่น เป็นต้น ลักษณะสัดส่วนฝุ่นต่อพื้นโดยรอบของกระจก (area fraction (%)) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบ 1 ปี พบว่า ฝุ่นที่สะสมในแต่ละสัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา อย่างเช่น ช่วงต้นปีที่เริ่มติดตั้งการทดลองเป็นช่วงฤดูแล้งและเป็นช่วงที่มีการไถหน้าดินเพื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ทำให้ฝุ่นในช่วงต้นปีมีการสะสมฝุ่นสูง โดยการสะสมฝุ่นที่สูงที่สุดในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 13.12 % เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ในช่วงนี้จะไม่มีกิจกรรมทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดฝุ่นและมีฝนตกบ่อย ทำให้ฝุ่นที่สะสมบนกระจกแถบจะไม่มีการสะสมฝุ่น และเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้งอีกครั้ง จะเป็นช่วงที่มีการไถหน้าดินเพื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง รวมทั้งเผาวัสดุทางการเกษตร โดยในช่วงปลายปีการสะสมฝุ่นจะสูงที่สุดในรอบปี โดยการสะสมสูงเท่ากับ 22.96 % ที่แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สัดส่วนฝุ่นต่อพื้นโดยรอบของกระจก (area fraction (%)) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบ 1 ปี

เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค EDS โดยก่อนศึกษาผลการวิเคราะห์ ได้มีการลงพื้นที่สำรวจพื้นที่โดยรอบของโรงไฟฟ้าฯ และได้วิเคราะห์การสะสมฝุ่น

ของโรงไฟฟ้าฯ พบว่ารอบ ๆ โรงไฟฟ้ามีกิจกรรมทางเกษตรกรรม คือ ไร่มันสำปะหลัง พบการสะสมฝุ่นสูงเนื่องจากมีการไถหน้าดินเพื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ซึ่งภาพที่ 6 แสดงลักษณะรูปร่างของฝุ่นจากภาพถ่าย SEM กำลังขยาย 1000 เท่า และตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของธาตุหลักที่พบสามารถจัดได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1.กลุ่มพืช เส้นใยและชิ้นส่วนประกอบของพืช และ 2.กลุ่มดิน/หิน/ทราย ซึ่งเป็นกลุ่มสารประกอบ SiO_2 / Al_2O_3 / Fe_2O_3 เป็นหลัก และเมื่อสังเกตลักษณะของฝุ่นจะพบว่า ลักษณะรูปร่างของฝุ่นมีลักษณะเป็นทรงกลม ทรงรียาว อาจมาจากเกสรหรือเศษละอองของพืช หรือมีลักษณะเป็นเหลี่ยมซึ่งอาจมาส่วนประกอบของดินและทราย และเห็นลักษณะของเถ้าลอยหรือขี้เถ้าเล็กน้อย เป็นต้น



ภาพที่ 6 ลักษณะรูปร่างของฝุ่นจากภาพถ่าย SEM กำลังขยาย 1000 เท่า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบจากฝุ่นในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.นครราชสีมา

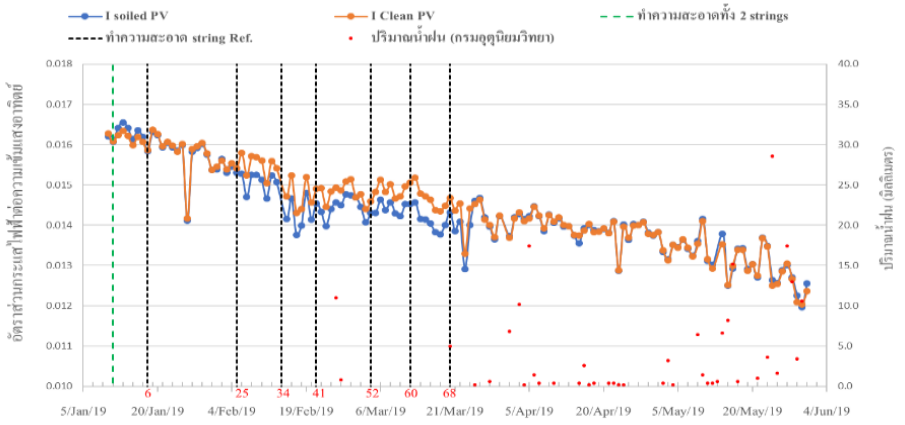
Element (wt%)	C	O	Si	Ca	Al	Fe	อื่น ๆ	ชนิด / สารประกอบ
1	62.04	31.43	1.48	2.92	-	-	2.13	พืช
2	4.48	53.07	35.01	-	4.24	-	3.20	SiO_2 / Al_2O_3 / Fe_2O_3

สำหรับผลการศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทางโรงไฟฟ้าได้ให้ข้อมูลทางไฟฟ้า นอกจากนี้ยังส่งแผนการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้สามารถทราบระยะเวลาของการสะสมฝุ่นได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลทางไฟฟ้า จะนำค่ากระแสไฟฟ้าของสตริง (string) ที่ไม่ได้ทำความสะอาดเปรียบเทียบกับสตริงที่ทำความสะอาด โดยการศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า จะแสดงดังภาพที่ 7

จะเห็นว่าในช่วงแรกที่มีการทำความสะอาดพร้อมกันทั้ง 2 สตริงและปล่อยให้สะสมฝุ่นมาพร้อมกัน ค่ากระแสไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเริ่มทำความสะอาดเฉพาะสตริงที่ทำความสะอาด ค่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 2 สตริงจะค่อยๆแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความแตกต่างของค่ากระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสะสมฝุ่น กล่าวคือเมื่อมีการสะสมฝุ่น 6 วัน , 25 วัน และ 34 วัน สัดส่วนค่ากระแสไฟฟ้าลดลง 1.39 % , 4.00 % และ 5.00 % ตามลำดับ นั่นคือเมื่อมีการสะสมฝุ่นเพิ่มมากขึ้นสัดส่วนค่ากระแสไฟฟ้าจะลดลง โดยที่ในช่วงเวลา 1 เดือนที่มีฝุ่นสะสมอย่างต่อเนื่อง (ไม่มีฝน) ค่ากระแสไฟฟ้าลดลงมากที่สุด 5.00 % และเมื่อมีฝนตกต่อเนื่อง ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งสองสตริงกลับไปใกล้เคียงกัน โดยค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.00 % และไม่เกิน 2.00 % ในช่วงของการวิเคราะห์ข้อมูลมีจุดที่น่าสังเกตคือ ทุกช่วงที่มีการทำความสะอาด จะเห็นว่าสัดส่วนของค่า

TREC-14-2020

กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ทำความสะอาดมากกว่าอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ไม่มีการทำความสะอาด ซึ่งค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ทำความสะอาดจะอยู่ที่ 0.30 % ต่อวัน และค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ไม่มีการทำความสะอาดจะอยู่ที่ 0.17 % ต่อวัน



ภาพที่ 7 อัตราส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าของสตริงที่ทำความสะอาดต่อสตริงที่สะสมฝุ่น

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง การศึกษาลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบของฝุ่นบริเวณผิวหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นบนกระจกสไลด์ และส่วนที่สอง การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ฝุ่นที่สะสมในแต่ละสัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา โดยช่วงต้นปีที่เริ่มติดตั้งการทดลองเป็นช่วงฤดูแล้งและเป็นช่วงที่มีการไถหน้าดินเพื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ทำให้ฝุ่นในช่วงต้นปีมีการสะสมฝุ่นสูง และช่วงปลายปีที่เริ่มเข้าสู่กิจกรรมทางการเกษตรมีการสะสมฝุ่นจะสูงมากที่สุดในรอบปี โดยการสะสมสูงเท่ากับ 22.96% สำหรับลักษณะของฝุ่นจะพบว่า ลักษณะรูปร่างของฝุ่นมีลักษณะเป็นทรงกลม ทรงรียาว อาจมาจากเกสรหรือเศษละอองของพืช หรือมีลักษณะเป็นเหลี่ยมซึ่งอาจมาส่วนประกอบของดินและทราย พบลักษณะของเถ้าลอยหรือขี้เถ้าเล็กน้อย และส่วนใหญ่จะมีสารประกอบ SiO_2 / Al_2O_3 / Fe_2O_3 เป็นหลัก สำหรับผลกระทบของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ในช่วงฤดูแล้ง การสะสมฝุ่นในช่วงเวลาประมาณ 1 เดือน ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าลดลง 4-5 % และช่วงฤดูฝน ค่ากระแสไฟฟ้าลดลงอยู่ในช่วง 1 % และไม่เกิน 2 % สำหรับค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ทำความสะอาดมากกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ไม่มีการทำความสะอาด โดยค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ทำความสะอาดจะอยู่ที่ 0.30 % ต่อวัน และค่าเฉลี่ยของอัตราการสะสมฝุ่นของสตริงที่ไม่ได้ทำความสะอาดจะอยู่ที่ 0.17 % ต่อวัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การศึกษาติดตามผลกระทบของฝุ่นต่อสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง” ภายใต้ โครงการร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ. – สกว. สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเก็บตัวอย่างของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าร่วมโครงการทุกแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงไฟฟ้าบางจากโซลาร์ เอ็นเนอร์ยี - นครราชสีมา จำกัด ที่ให้ใช้ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] PVPS, I., 2019. Snapshot of Global Photovoltaic Markets, Report No. IEA-PVPS T1-19:2010.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **รายงานสถานภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย ปี2561**, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 9-12

[3] DEDE, 2019. Thailand PV status report 2018. Department of Alternative Energy Development and Efficiency Ministry of Energy, Thailand

[4] Syed A. M. Said, Husam M. Walwil, 2014, "Fundamental studies on dust fouling effects on PV module performance", **Solar Energy,** Vol.107, pp. 328-337

[5] Tamadher M.A Alnasser, Aedah M.J Mahdy, Khaleel I. Abass, Miqdam T. Chaichan, Hussein A. Kazem, 2020, "Impact of dust ingredient on photovoltaic performance: An experimental Study", **Solar Energy,** Vol.195, pp.651–659

[6] Yusuf N. Chanchangi, Aritra Ghosh, Senthilarasu Sundaram, Tapas K. Mallick, 2020, "An analytical indoor experimental study on the effect of soiling on PV, focusing on dust properties and PV surface material", **Solar Energy**, Vol.203, pp.46–68

[7] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2559, **"การศึกษาแนวทางการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรักษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า (ภายใต้โครงการร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ.-สกว. สัญญารับทุนเลขที่ RDG59D002)"**, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 156-159

[8] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2561, **"การศึกษาติดตามผลกระทบของฝุ่นต่อสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง (ภายใต้โครงการร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ.-สกว. สัญญารับทุนเลขที่ RDG61D0008)"**, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 62-63

TREC-14 (MUD)

การควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งแบบโดมพาราโบลิกด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ
AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL UNIT FOR GREENHOUSE SOLAR DRYER

วีระศักดิ์ จุลภักดิ์[1] และชานนท์ บุญมีพิพิธ[1*]
Weerasak Chulapak[1] and Chanon Bunmephiphit[1*]

[1, *]สาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170
weerasak.chu@rmutr.ac.th, Chanon.bun@rmutr.ac.th*

Abstract

All drying processes rely on uncontrollable nature as a source of energy. The drying temperature of all materials is also different and the range of drying temperature is different too. As example, the optimum temperature for drying carrots and chopped onions is 50°C, lotus leaf 70°C. If the temperature of the solar incubator can be controlled accordingly, it will directly affect to the quality of the product and cause less wastage. The objective of this research study to control the temperature in the solar incubator. The solar incubator was designed with double walls made of translucent material. A used automatic temperature control system in the solar incubator by using curved surface heat convection technique between the two oven walls. The result as found this system can be controlled by means of heat transfer between the two-chamber walls by convection of cold temperature air through the gap between the chamber walls. It possible to control the temperature inside the oven satisfactorily.

Keywords: Solar Incubator, Drying, Solar energy

บทคัดย่อ

กระบวนการอบแห้งทุกรูปแบบนั้นจะอาศัยธรรมชาติที่ไม่อาจควบคุมได้เป็นแหล่งพลังงาน อุณหภูมิในการอบแห้งของวัสดุทุกชนิดก็จะแตกต่างกันออกไปด้วยและจะมีการอบแห้งมีช่วงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไป เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งแครอทและหอมสับ 50°C ใบบัวบก 70°C และเมื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไปตามที่เหมาะสมได้แล้วจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและเกิดการสูญเสียน้อย ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้ง ซึ่งออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่มีผนัง 2 ชั้น ทำจากวัสดุโปร่งแสง ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในห้องอบด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้น พบว่าระบบการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้ง สามารถควบคุมอุณหภูมิโดยด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้นจากการพาอากาศที่อุณหภูมิเย็นผ่านช่องว่างระหว่างผนังห้องอบ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกของเรา พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ตั้งแต่รังสีแกรมมาไปจนถึงคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า “รังสีดวงอาทิตย์” (Solar radiation) หากพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบตั้งฉากบนโลกพื้นที่ 1 ตารางเมตร เป็นระยะทางเฉลี่ย 1 AU (149.6×10^{11} m) มีความเข้มของรังสีประมาณ 1,367 W/m^2 เรียกว่า “ค่าคงที่สุริยะ” (Solar constant) สามารถจำแนกส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน

คือ “รังสีตรง” (Direct radiation) และ “รังสีกระจาย” (Diffuse radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้ เรียกว่า “รังสีรวม” (Global radiation) [1, 2] จึงทำให้เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางเกษตรจึงมีความเป็นไปได้สูงและมีการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดมา ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระบบเรือนกระจกแบบหลังคาพาราโบลาขึ้นซึ่งมีข้อดีในการอบได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ และมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นละอองและใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดโดยธรรมชาติ [3] แต่อย่างไรก็ตามระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบดังกล่าวต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์จึงทำให้สมรรถนะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา ทำให้ผู้ใช้งานแต่ละต้องหาวิธีและปรับรูปแบบการใช้งานให้เป็นไปตามวัสดุที่ตนเองต้องการใช้ [4]

ปัจจุบันพบว่ากระบวนการอบแห้งทุกรูปแบบนั้น จะอาศัยธรรมชาติที่ไม่อาจควบคุมได้เป็นแหล่งพลังงานแล้วนั้น อุณหภูมิในการอบแห้งของวัสดุทุกชนิดก็จะแตกต่างกันออกไปด้วยและจะมีการอบแห้งมีช่วงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไป [5, 6] เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งแครอทและหอมสับ 50°C [7] ใบบัวบก 70°C [8] และเมื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไปตามที่เหมาะสมได้แล้วจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและเกิดการสูญเสียน้อย [4] ดังนั้น

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมอุณหภูมิในตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ซึ่งออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่มีผนัง 2 ชั้น ทำจากวัสดุโปร่งแสงจากโพลีคาร์บอเนต ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในห้องอบด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้นจากการพาอากาศที่อุณหภูมิเย็นหรือสูงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการหรือกำหนด ผ่านช่องว่างระหว่างผนังห้องอบ โดยจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิและการอบแห้งกล้วยตากระหว่างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและมีระบบควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการวิจัย

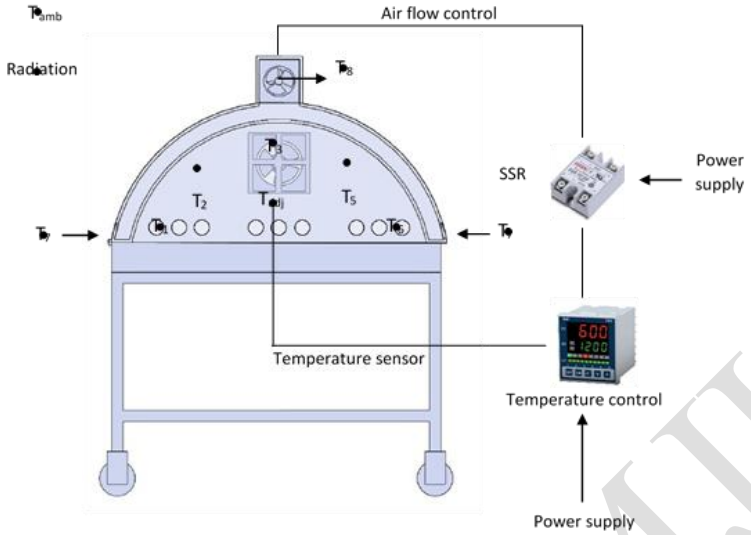
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกทรงโค้งครึ่งวงกลม ขนาด 1.2×1.2×0.8 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ปิดด้านหน้าและด้านหลังด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตดังแสดงในภาพที่ 1 ก. และ ง. อุดรูรั่วและรอยต่อต่าง ๆ ด้วยซิลิโคนใสทนความร้อน ด้านหน้าทำเป็นประตูสำหรับ เปิด-ปิด แบบยกขึ้นลง ดังแสดงในภาพที่ 1 ข. เพื่อนำวัสดุสำหรับอบแห้ง เข้า-ออก ตู้อบ

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 ตู้อบ (ก) ลักษณะของตู้ (ข) การเปิด-ปิด ฝา และ (ค) ลักษณะตู้อบที่ใช้งาน

วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนในการดำเนินการทดสอบ

1. ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งที่แสดงในภาพที่ 2 โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล type-K
2. ติดตั้งพัดลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 เซนติเมตร โดยซีลรูหรือรอยต่อต่าง ๆ ไม่ให้เกิดการรั่วซึมของอากาศ
3. ติดตั้งระบบตรวจวัดอุณหภูมิ เพื่อกำหนดการทำงานของมอเตอร์ระบายอากาศในลักษณะของการ เปิด-ปิด



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศ

T_{1-6}	อุณหภูมิที่ผนังด้านใน	˚C
T_{adj}	อุณหภูมิกำหนดสำหรับ Temperature control	˚C
T_7	อุณหภูมิอากาศก่อนเข้า	˚C
T_8	อุณหภูมิที่ระบายออก	˚C
T_{amb}	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	˚C
Radiation	ปริมาณรังสีอาทิตย์	W/m^2

ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศ

4. ติดตั้ง Temperature controller โดยจะถูกกำหนดอุณหภูมิที่จะทำงานและทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ขณะนั้น (ตำแหน่ง T_{adj}) และจะสั่งให้ SSR ทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิต่อไป

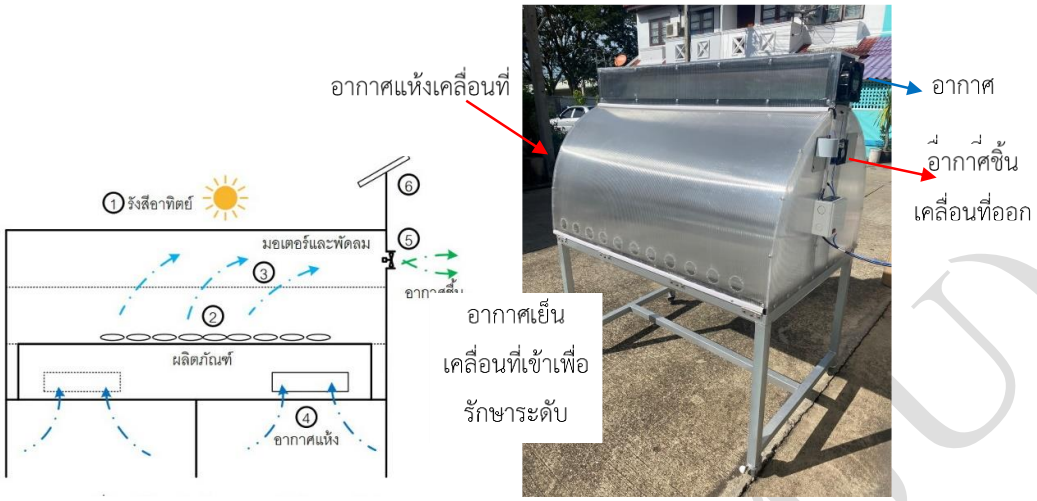
5. ตำแหน่งรูสำหรับอากาศเข้า จะทำการตรวจวัดความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าไปในช่องว่างระหว่างผนังตู้อบโดยเครื่องตรวจวัดความเร็วลมเพื่อคำนวณหาปริมาณอากาศเคลื่อนที่ทั้งหมด

6. ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์จะถูกตรวจวัดด้วยไพรานอมิเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกเป็นตู้อบที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบาสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและเหมาะสำหรับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรต่าง ๆ นอกจากนั้นยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในการใช้งานไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกเมื่อเทียบกับการตากแดด พบว่า ตู้อบดังกล่าวช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอีกด้วย

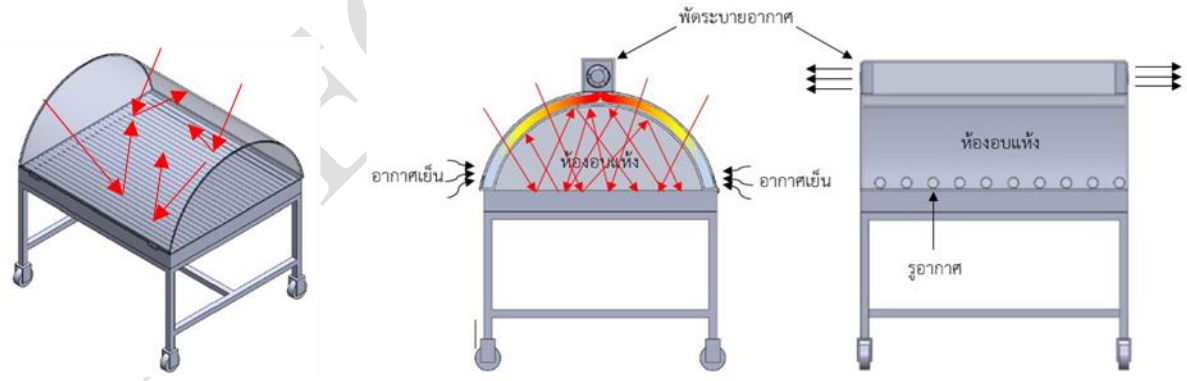
TREC-14 (MJU)



(ก) (ข)

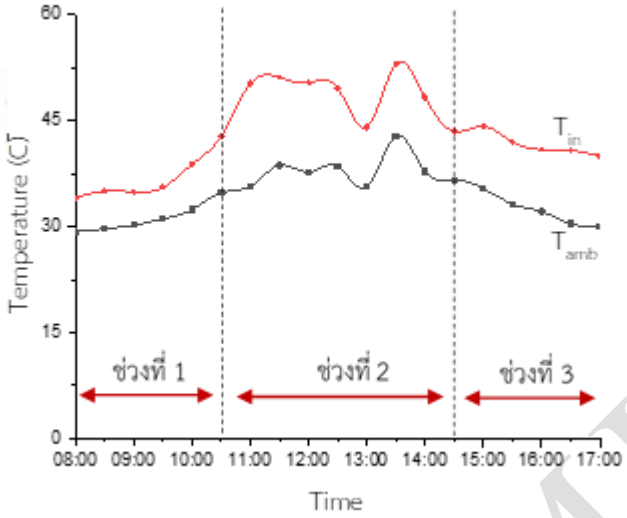
ภาพที่ 3 (ก) การทำงานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก [9] และ (ข) ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดำเนินการวิจัย

หลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกแบบทั่ว ๆ ไป เริ่มจากรังสีอาทิตย์ในจุดที่ 1 ส่องผ่านโครงสร้างรูปพาราโบลิกที่ครอบด้วยแผ่นโพลียูรีเทน จากนั้นเกิดการดูดกลืนพลังงานของรังสีอาทิตย์และกลายเป็นรังสีอินฟาเรต ซึ่งไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้เกิดการความร้อนภายในพื้นที่อบแห้งในจุดที่ 2 จากนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจะเกิดการระเหยของน้ำในตัวผลิตภัณฑ์ขึ้นในจุดที่ 3 ดังนั้นจึงมีช่องสำหรับนำอากาศแห้งในจุดที่ 4 เพื่อระบายความชื้นออกไปจากพื้นที่อบแห้งในจุดที่ 5 ด้วยพัดลมระบายอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ แสดงในจุดที่ 6 ซึ่งการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก แสดงในภาพที่ 3 (ก) และ ภาพที่ 4 (ก)



(ก) (ข)

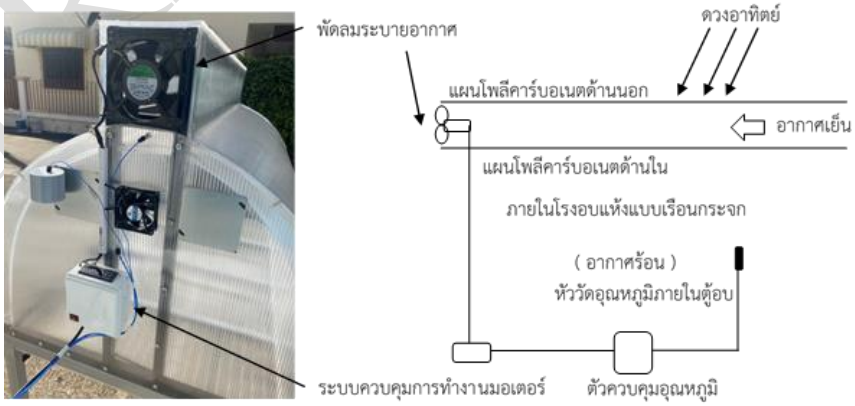
ภาพที่ 4 (ก) การเกิดอุณหภูมิภายในโดมอบแห้งแบบทั่วไป และ (ข) การเกิดอุณหภูมิภายในโดมอบแห้งที่ศึกษาและการควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 5 ลักษณะการเกิดการสร้างอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งแบบพาราโบลิก

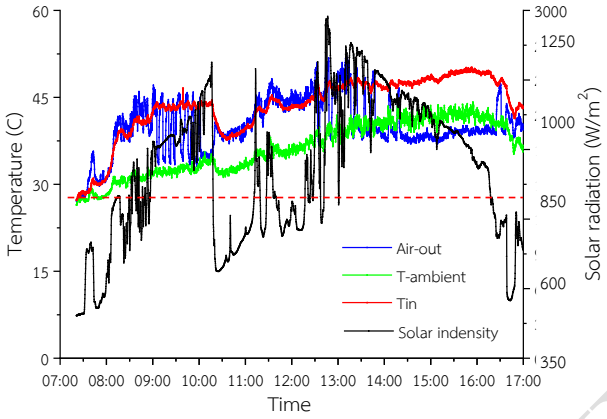
การทดสอบนี้ได้ดำเนินงานในช่วงระหว่างเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม 2564 ที่มีสภาพแวดล้อมฤดูฝนซึ่งมีสภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวน พบว่าลักษณะการเกิดความร้อนภายในโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. (ภาพที่ 5) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดการทดสอบ 34.68 °C และมีลมเฉลี่ย 1.5 m/s ในช่วงที่ 1 (8.00-10.30 น.) เป็นช่วงเวลาของการเริ่มต้นโดยอุณภูมิภายในตู้อบเริ่มต้น 28.65 °C มีค่าพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 669.71 W/m^2 รังสีอาทิตย์ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ภายในตู้อบแห้งกระทั่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างช้า ๆ กระทั่งมีอุณหภูมิ 42.83 °C ช่วงที่ 2 (10.30-14.30 น.) เป็นช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกสูงสุดกระทั่งมีอุณหภูมิสูงสุด 54.82 °C อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงนี้ 49.68 °C มีค่าพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 1,001 W/m^2 และช่วงเวลาที่ 3 (14.30-17.00 น.) มีค่าพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 983.45 W/m^2 ช่วงเวลานี้พบว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นในช่วงที่ 1 แต่อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงที่ 3 นี้ ภายในตู้อบยังมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 40 °C

จากวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานศึกษาครั้งนี้เพื่อออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกนั้นถูกออกแบบและสร้างแบบจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมินั้น (ภาพที่ 4 ข.) โดยระบบการควบคุมอุณหภูมิแสดงดังภาพที่ 6

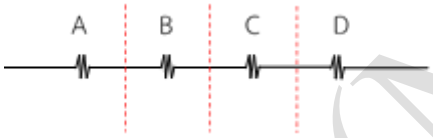


ภาพที่ 6 ผังการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

TREC-IAMJU



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาลาโบลิก



ภาพที่ 8 การถ่ายโอนความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิสำหรับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดมอบแห้งพาลาโบลิก

A – B การนำความร้อนจากผิวด้านในเคลื่อนที่ไปด้านนอกโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

$$Q_{A-B} = kA\,(T_A-T_B)/L \quad (1)$$

B – C การแผ่ความร้อนจากผิวด้านนอกสู่อากาศในช่องว่างระหว่างผิวโดมอบแห้ง

$$Q_{B-C} = \sigma AT^4 \quad (2)$$

C – D การพาความร้อนออกไปทิ้ง

$$Q_{C-D} = hA(T_C-T_D) \quad (3)$$

การทดสอบโดยมีระบบการควบคุมอุณหภูมิแบบ 2 ชั้นนี้แสดงผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 7 โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนดังแสดงดังภาพที่ 8 เมื่อเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกจนเกิดอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมินั้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีอาทิตย์ในช่วงวันแสดงดังภาพที่ 5 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่ต้องการอบแห้งต่าง ๆ หากเมื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะส่งผลเชิงบวกต่อผลผลิตที่อบแห้งนั้นให้มีคุณภาพดี ดังนั้นการนำระบบการควบคุมของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) ซึ่งเอาต์พุตของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Control Output) ทำงานตามการควบคุมของตัวควบคุม โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าตัวแปร Manipulate Variable (MV) ที่คำนวณได้จากการควบคุม PID หรือ ON/OFF ซึ่งเอาต์พุตนี้จะทำหน้าที่ตอบสนองต่อค่าเซตพอยต์ (Target response) หรือ การรบกวนจากภายนอก (Disturbance response) [10, 11] ลักษณะการควบคุมของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ 1) การควบคุมแบบตัดต่อ (ON/OFF Control) และ 2) การควบคุมแบบอนาล็อก (PID Control) การควบคุมแบบ ON – OFF เครื่องควบคุมจะสั่งเอาต์พุตทำงานเพียง 2 สภาวะเท่านั้น คือ ON และ OFF เป็นการควบคุมแบบง่ายๆ และราคาไม่แพง ดังนั้นจึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานควบคุมทางอุตสาหกรรม ในกรณีที่ผลจากการแกว่งของอุณหภูมิเป็นที่ยอมรับได้ [10, 11]

จากผลการทดสอบโดยกำหนดให้ระบบควบคุมอุณหภูมิที่ 40± 0.5 °C (ภาพที่ 7) อุณหภูมิเฉลี่ยของสภาพแวดล้อม 36.72 °C โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดการทดสอบ 28.20 °C สูงสุด 42.70 °C และค่าพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดการทดสอบ 1,100 W/m^2 โดยเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ค่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมนั้น (เส้นกราฟสีเขียว) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกระทั่งมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น. และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โดยตั้งแต่

TREC-14 (MJU)

เริ่มการทดสอบจนถึงเวลา 10.00 น. เป็นช่วงเริ่มต้นของการเพิ่มอุณหภูมิในตู้อบแห้งกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงถึง 40 °C ระบบควบคุมอุณหภูมิจึงเริ่มทำงาน ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40.5 °C มอเตอร์พัดลมจะเริ่มทำงานเพื่อดูดอากาศที่เย็นกว่าภายนอกเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างผิวของห้องอบแห้งเพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ให้ลดลงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งลักษณะการทำงานของพัดลมในลักษณะเปิด-ปิด นั้นจะสอดคล้องกับเส้นกราฟของอุณหภูมิขาออก (เส้นกราฟสีน้ำเงิน) ซึ่งลักษณะเส้นกราฟของอุณหภูมิขาออกที่มีการเคลื่อนที่ของเส้นกราฟค่อนข่างสวิงเป็นผลจากการทำงานของพัดลมที่ถูกควบคุมโดยชุดควบคุมอุณหภูมิ ที่ทำหน้าที่ในลักษณะ เปิด-ปิด แต่ยังพบว่าระบบการเคลื่อนที่ของกาศสำหรับการควบคุมอุณหภูมิยังไม่สามารถควบคุมกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้อบคงที่ได้ในช่วง 39.5 – 40.5 °C ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งตลอดผลการทดสอบพบว่า ระบบดังกล่าวสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในระดับดี โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานสามารถจำแนกได้ 3 ปัจจัยประกอบด้วย 1) ปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและสร้างพลังงานความร้อนสูง 2) ปริมาณของอากาศที่เคลื่อนที่สำหรับถ่ายเทอุณหภูมิส่วนเกินออกไปนั้นยังน้อยกว่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น และ 3) อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง

สรุปผลการวิจัย

ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ ระบบการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งแบบโดมอบแห้งพาราโบลิกโดยใช้ปรากฏการณ์แบบเรือนกระจกในการสร้างอุณหภูมินั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิโดยด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้นจากการพาอากาศที่อุณหภูมิเย็นผ่านช่องว่างระหว่างผนังห้องอบ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่มอบโอกาสในการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้และการสร้างเสริมประสบการณ์ด้านพลังงานทดแทน เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิต การปฏิบัติงาน สังคมและประเทศชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] พรนิภา นุโนชา. (2557). การพัฒนาอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ. วิทยาลัยพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยนเรศวร: พิษณุโลก.

[2] หริรักษ์ ควรประดิษฐ์. (2556). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรจ: กรุงเทพมหานคร.

[3] จักรพรรณ ผิวสะอาด. (2557). สมรรถนะของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งยางพาราแผ่น, บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปกร: นครปฐม.

[4] อนุสรณ์ แสงเจริญ. (2556). การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคารูปทรงพาราโบลา. ภาควิชาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยศิลปากร: นครปฐม.

[5] เรวัฒ คำวัน สุรสิทธิ์ เที่ยงจันตา และสวัสดิ์ กีไสย์. (2561). การหาอัตราการแห้งตัวของขนุนโดยเครื่องอบแห้งอินฟาเรดระบบสุญญากาศ. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 11(2).

[6] กาญจนา นาคประสม, ดวงใจ ใช้ได้นาน, สุพรรณิกา ชำเรือง, หยาดฝน ทรงการกิจ, นักรบ นาคประสม และทิพาพร คำแดง (2558) . จลนพลศาสตร์และการลดความชื้นของการอบแห้งหอมหัวใหญ่แบบหั่น, การประชุมวิชาการระดับชาติวิศวกรรมอาหาร ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 27 มีนาคม 2558: นครปฐม.

[7] เทวรัตน์ ทิพยวิมล. (2553). การคงคุณภาพผักอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา.

[8] สุภวรรณ ฎิระวณิชย์กุล. (2556). การอบแห้งใบบักบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด. จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. KKU RES Journal18(2): p. 331-324

TREC-14(MUT)

การทดสอบอัดเม็ดชีวมวลจากมูลจระเข้
Pellet Testing from Crocodile Manure

ปัทมา สรสนิธ[1] และชานนท์ บุญมีพิพิธ[1*]
Pattama Sornsanit[1] and Chanon Bunmephiphit[1*]

[1, *]สาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170
pattama.sor@rmutr.ac.th, Chanon.bun@rmutr.ac.th*

Abstract

This research to study the management process of crocodile excrement mixed from pond wastewater in environmental impact problems with biomass pelletizing process. The objective to demonstrate the feasibility of processing crocodile droppings into pellet fuels that enhance thermal efficiency by blending bamboo sawdust. The results showed the physical characteristics of crocodile pellets are similar to those of other biomass materials. The color is similar to all ratios, the color will look like a light brown, the outer surface has a smooth appearance, within the biomass pellets are different, with bamboo sawdust in the pulp with different ratios. Pelletizing using a rotary tray-type pellet machine will have an average length between 1.18-1.37 cm, discrepancy error between 18-37%., diameter between 0.53-0.57 centimeters, error of discrepancy 5.3-5.7%, and density of biomass pellets using crocodile manure and bamboo sawdust ranged from 0.94-1.33 g/cm^3. the result of quality crocodile excrement with biomass pellet, processing can compress crocodile excrement, and mixing bamboo sawdust in different ratios It can be pelleted into biomass pellets.

Keywords: dross crocodile, pellet, biomass, biomass fuel, quality increase

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ ใช้กระบวนการบริหารจัดการมูลจระเข้ที่ปะปนกับน้ำทิ้งบ่อเลี้ยงจระเข้เพื่อผลปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยกระบวนการอัดเม็ดชีวมวล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลความเป็นไปได้ในการนำมูลจระเข้มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่เพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะทางกายภาพของมูลจระเข้อัดเม็ดมีลักษณะคล้ายกับวัสดุชีวมวลวทั่วๆ ไป แต่ละอัตราส่วนจะมีลักษณะคล้ายกัน สีที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะสีน้ำตาลอ่อน ผิวภายนอกมีลักษณะเรียบเนียน ภายในเม็ดชีวมวลจะแตกต่างกันโดยมีขี้เลื่อยไม้ไผ่อยู่ในเนื้อโดยมีอัตราส่วนแตกต่างกัน การอัดเม็ดโดยใช้เครื่องอัดเม็ดประเภทถาดหมุนจะมีความยาวเฉลี่ยระหว่าง 1.18-1.37 เซนติเมตร มีค่าคลาดเคลื่อนระหว่าง 18-37% และเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.53-0.57 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน 5.3-5.7% ความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลที่ใช้มูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไผ่มีค่าระหว่าง 0.94-1.33 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้น การแปรรูปมูลจระเข้ให้มีคุณภาพด้วยกระบวนการอัดเม็ดชีวมวลสามารถอัดมูลจระเข้ได้ และการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ในอัตราส่วนต่างๆ สามารถอัดเม็ดเป็นเม็ดชีวมวลได้

คำสำคัญ: มูลจระเข้, การอัดเม็ด, ชีวมวล, เชื่อเพลิงชีวมวล, เพิ่มคุณภาพ

IREC-14 (MJU)

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงหน้าร้อนส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อคิดสัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศ พบว่า การผลิตพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของประชากร ทำให้ประเทศต้องมีนำพลังงานเข้ามาอย่างต่อเนื่อง กระทรวงพลังงานจึงจำเป็นต้องกำหนดแบบพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2558-2579 ที่มีเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานทดแทนร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสัดส่วนการใช้พลังงานทั้งหมด โดยมีเป้าหมายในการดำเนินการ 20 ปี ที่การใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2579 คือ 39,388.68 ktoe สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภท คือ พลังงานไฟฟ้า 5,588.24 ktoe พลังงานความร้อน 25,088.00 ktoe และเชื้อเพลิงชีวมวล 8,712.43 ktoe จากการใช้พลังงานชีวมวลที่นำมาทดแทนในด้านพลังงานความร้อนที่เป็นเป้าหมายในปี พ.ศ. 2579 ถึง 22,100.00 ktoe คิดเป็นร้อยละ 56.10 ของการใช้พลังงานทดแทน จากความต้องการใช้พลังงานจึงจำเป็นต้องตอบสนองต่ออัตราการใช้พลังงานของประชากร และให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในประเทศให้มีศักยภาพที่สามารถผลิตพลังงานทดแทนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1]

พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานที่มาจากสารอินทรีย์ที่สามารถกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและผลิตพลังงานได้ โดยสารอินทรีย์จะได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และมูลสัตว์ [2, 3] เป็นต้น การใช้พลังงานชีวมวลสามารถนำมาเผาไหม้ เพื่อแปรรูปเป็นพลังงานความร้อน หรือผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาทดแทนพลังงานฟอสซิล [4, 5] ที่ประเทศนำเข้า ซึ่งพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นพลังงานที่ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม รวมถึงเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ทุกที่ในประเทศไทย

ปัจจุบันกระบวนการเพาะเลี้ยงจระเข้เริ่มมีผลต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจในระดับสูง และระบบการจัดการในการเลี้ยงจระเข้ที่ต้องทำความสะอาดบ่อและเปลี่ยนน้ำทุกวันเพื่อป้องกันผิวหนังและการติดเชื้อของจระเข้ ที่เกิดการผสมจากของเสียจากการขับถ่ายของจระเข้ลงสู่น้ำเลี้ยงของจระเข้ทุกวัน โดยมูลของจระเข้จะผสมกับน้ำในบ่อทำให้มูลจระเข้กระจายตามน้ำและมีความชื้นสูง ส่งกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดผลกระทบคุณภาพของผิวหนังของจระเข้ และมีกลิ่นสูงภายในฟาร์ม ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำกระบวนการบริหารจัดการและแปรรูปมูลจระเข้ให้มีคุณภาพ โดยใช้กระบวนการอัดเม็ดชีวมวลมูลจระเข้ตากแห้งและผสมกับขี้เลื่อยไม้ไผ่เพื่อเพิ่มคุณภาพทางวัสดุอัดเม็ด โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อเป็นปัจจัยในการพัฒนาให้เป็นเชื้อเพลิงความร้อนต่อไป

วิธีการวิจัย

การทดสอบอัดเม็ดจากมูลจระเข้ โดยกระบวนการผลิตเม็ดชีวมวลที่มีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบหลัก ก) การเตรียมมูลจระเข้ที่ได้จากบ่อจะเป็นมูลจระเข้ที่ผสมกับน้ำและมีความชื้นสูง นำมูลไปตากแห้งกลางแจ้งประมาณ 3 วัน หรือจนกว่าแห้งสนิท ข) บดละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบหลัก

2) การเตรียมอัตราส่วนของมูลจระเข้และส่วนผสมเพิ่มเติม (ขี้เลื่อยไม้ไผ่) จะทำการผสมระหว่างมูลจระเข้กับขี้เลื่อยไม้ไผ่ผสมในอัตราส่วน 5:5 6:4 7:3 8:2 และ 9:1 สัดส่วนของมูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไผ่นั้นจะส่งผลต่อความสามารถในการอัดเป็นเม็ดและค่าความร้อนที่ได้ ซึ่งแสดงปริมาณของวัตถุดิบในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของมูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไผ่

วัตถุดิบ	อัตราส่วน (มูลจระเข้ : ขี้เลื่อยไม้ไผ่)				
	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
มูลจระเข้ (กรัม)	500	600	700	800	900
ขี้เลื่อยไม้ไผ่ (กรัม)	500	400	300	200	100

3) ขั้นตอนการผลิตมูลจระเข้อัดเม็ดผสมกับขี้เลื่อยไม้ไผ่ (อัตราส่วนตามตารางที่ 1) ด้วยเครื่องอัดเม็ด (Pellet machine) ที่เป็นเครื่องอัดเม็ดชนิดร้อน โดยมีขั้นตอนการอัดดังนี้ ก) เครื่องอัดเม็ดจะต้องทำการอุ่นเครื่อง เพื่อให้แผ่นรังผึ้งสำหรับอัดขึ้นรูปมีความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70-80°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถละลายลิกนินในชีวมวลที่เป็นตัวประสานอนุภาคของชีวมวลให้ยึดเกาะกันได้ดีและทำให้ขึ้นรูปเป็นเม็ดเชื้อเพลิง ซึ่งในการอุ่นเครื่องจะใช้รำข้าว 1 kg ผสมกับน้ำมันที่ใช้แล้วป้อนเข้าเครื่องอัดเม็ดจนกระทั่งถึงอุณหภูมิของเครื่องสูงถึง 70-80°C และ ข) ป้อนวัตถุดิบที่ผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดเข้าเครื่องอัดเม็ด (ตารางที่ 1) เมื่อได้วัสดุที่ผ่านการอัดเม็ดตามอัตราส่วนต่าง ๆ แล้ว นำไปตากแห้งจนแห้งสนิทดังแสดงขั้นตอนการดำเนินการในภาพที่ 2

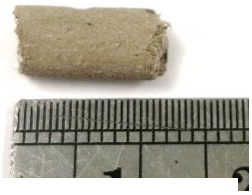
ภาพที่ 2 แสดงผังกระบวนการอัดเม็ด

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของมูลจระเข้อัดเม็ด ซึ่งศึกษาลักษณะทางกายภาพที่จะทำการพิจารณาถึง ลักษณะผิวของเชื้อเพลิงอัดเม็ด ค่าความยาวของเชื้อเพลิงอัดเม็ด ค่าความหนาแน่นของอนุภาค และความหนาแน่นรวม มีรายละเอียดดังนี้ ก) ความยาว ข) ความหนาแน่น และ ค) น้ำหนัก

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการอัดเม็ดเพื่อพัฒนาเป็นเม็ดเชื้อเพลิงนั้น ลักษณะทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 2 โดยทำการทดสอบกรณีตัวอย่างที่ความชื้น 20% โดยการอัดเม็ดเปรียบกับสัดส่วนการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่

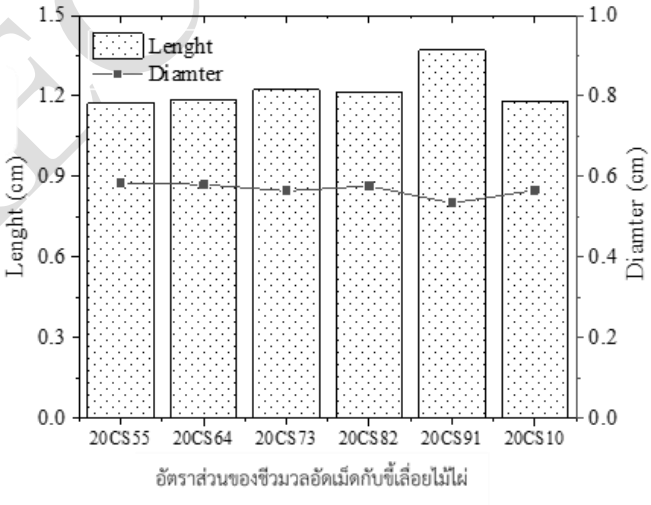
ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของเม็ดเชื้อเพลิงจากมูลจระเข้ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ความชื้น 20%

อัตราส่วน	ลักษณะทางกายภาพ	
	ภาพ	คุณลักษณะ
1:0		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 11.85 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.45 กรัม/เม็ด
5:5		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 11.70 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.27 กรัม/เม็ด
6:4		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 11.80 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.28 กรัม/เม็ด
7:3		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 12.25 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.30 กรัม/เม็ด
8:2		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 12.15 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.39 กรัม/เม็ด
9:1		- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร - ความยาวเฉลี่ย 13.70 มิลลิเมตร - น้ำหนักเฉลี่ย 0.37 กรัม/เม็ด

TRI 4 (MJU)

จากตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของมูลจระเข้อัดเม็ดนั้น มีลักษณะคล้ายกับวัสดุชีวมวลวต่าง ๆ ที่มีการนำมาอัดเม็ดต่าง ๆ โดยจะมีลักษณะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับขนาดของรูสำหรับอัดเม็ดในฐานอัดเม็ด เมื่อพิจารณาลักษณะภาพนอกของเม็ดชีวมวลที่อัดได้ในแต่ละอัตราส่วนนั้น จะมีลักษณะคล้ายกันทุกอัตราส่วนประกอบด้วย ลักษณะของสีที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะมีน้ำตาลอ่อนและจะมีความเรียบเนียนที่ผิดภายนอก เมื่อพิจารณาภาพจากภาคตัดขวางของเม็ดชีวมวลที่อัดจากมูลจระเข้และมีการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่นั้น แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งพบความแตกต่างกันระหว่างเม็ดที่ผสมและไม่ผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ ภาพที่ 3(ก.) แสดงลักษณะของเม็ดชีวมวลที่มีผิวละเอียดและภายในเม็ดไม่พบช่องว่างหรือโพรง ทำให้ค่อนค่างมีความหนาแน่นสูงกว่าแบบผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ซึ่งแตกต่างกับ ภาพที่ 3(ข.) ที่มีการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่จะมีขี้เลื่อยไม้ไผ่ผสมในเม็ดชีวมวลนั้น ๆ มีลักษณะคล้ายกับการซ้อนทับกันของเศษหญ้าแห้ง ส่งผลให้เกิดการแตกหักได้ง่ายกว่าแบบที่ไม่มีการผสม โดยการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่นั้นความชื้นที่อยู่ในมูลจระเข้ และมูลจระเข้จะทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้เกิดการเกาะตัวกันเป็นเม็ดและความหน้าแน่นจะขึ้นอยู่กับการปรับตั้งเครื่องอัดเม็ดที่ใช้ในการอัดเม็ดแต่ละครั้ง

ภาพที่ 3 ลักษณะของเม็ดชีวมวลที่อัดจากมูลจระเข้และการผสมด้วยขี้เลื่อยไม้ไผ่

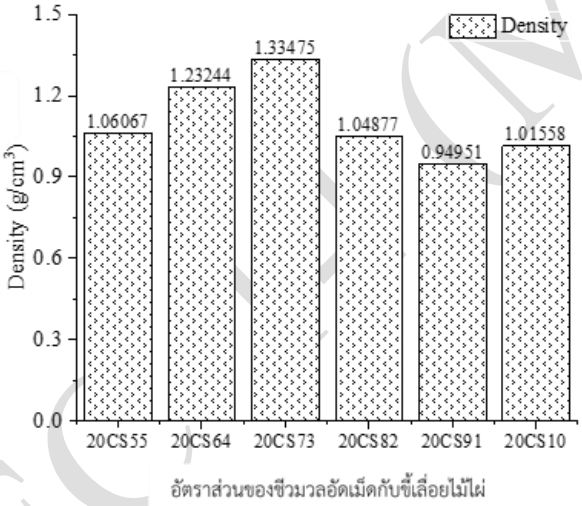


ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดชีวมวลของแต่ละอัตราส่วน

ลักษณะของเม็ดชีวมวลที่อัดได้ในทุกอัตราส่วนนั้น จะมีความยาวจากการปรับตั้งเครื่องในการอัดที่ 1 เซนติเมตร และพบว่าผลการอัดเม็ดจากเครื่องอัดเม็ดประเภทถาดหมุนนั้น การอัดเม็ดจากมูลจระเข้และส่วนผสมต่าง ๆ จะมีความยาวเฉลี่ยระหว่าง

1.18 – 1.37 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.53 – 0.57 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 ความแข็งของเม็ดชีวมวลที่อัดได้จากเครื่องอัดเม็ดแบบถาดหมุนนั้น จะอาศัยหลักการอัดผ่านรูขนาดเล็ก (กรณีศึกษา รูขนาด 0.6 เซนติเมตร) โดยลูกกลิ้งจะทำการสร้างแรงกดให้วัสดุอัดลงไปในรูอัดนั้น และความร้อนที่เกิดขึ้นจากระบบจะทำให้ความชื้นที่มีในการวัสดุอัดนั้นๆ ระเหยออกไป เมื่อวัสดุอัดถูกอัดผ่านรูอัดนั้นจะค่อยๆ เคลื่อนที่ลงด้านล่างของเครื่องอัด ที่มีการติดตั้งแกนตัด (ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะในการตัด 1 เซนติเมตร) ผลการทดสอบการอัดทุกตัวอย่างจะมีค่าคลาดเคลื่อนระหว่าง 18-37% ซึ่งเป็นผลจากขี้เลื่อยไม้ไผ่จะทำหน้าที่เสมือนโครงเหล็กในพื้นปูนจึงทำให้เม็ดชีวมวลที่อัดได้เกิดการแตกหักที่ระยะมากกว่า 1 เซนติเมตรและไม่เกิน 1.37 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดมีความคลาดเคลื่อน 5.3-5.7% ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าความยาว เป็นผลจากขนาดของรูอัดที่กำหนดที่ 0.6 เซนติเมตร และวัสดุที่ใช้ทำถาดอัดนั้นจากโลหะที่มีความแข็งแกร่งสูง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการอัดเพื่อไล่ความชื้นออกไปนั้น อาจจะเป็นผลให้วัสดุมีความชื้นลดลงเป็นผลให้ขนาดของเม็ดเล็กลงเล็กน้อยจากความชื้นที่ระเหยออกไปจากความร้อนนั้น และลักษณะของผิวของวัสดุอัดจากมูลจระเข้แบบไม่มีการผสม ผิวจะมีลักษณะเนียนกว่าแบบมีการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่

ความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลที่ใช้มูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไผ่มีค่าระหว่าง 0.94 – 1.33 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยความหนาแน่นจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและน้ำหนักของวัสดุอัด ในการทดสอบนำมูลจระเข้และขี้เลื่อยไม้ไม่มาผสมเพื่อทำการทดสอบในการอัดเม็ดนั้น ความหนามีความใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5 ความหนาแน่นของชีวมวลอัดเม็ดจากมูลจระเข้ในแต่ละอัตราส่วน

สรุปผลการวิจัย

ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ การบริหารจัดการและแปรรูปมูลจระเข้ให้มีคุณภาพ โดยใช้กระบวนการอัดเม็ดชีวมวลมูลจระเข้ตากแห้งและผสมกับขี้เลื่อยไม้ไผ่เพื่อเพิ่มคุณภาพทางวัสดุอัดเม็ด ประสบความสำเร็จโดยมูลจระเข้สามารถอัดเม็ดเป็นเม็ดชีวมวล และการผสมขี้เลื่อยไม้ไผ่ในอัตราส่วนต่าง ๆ สามารถอัดเม็ดเป็นเม็ดชีวมวลได้ จึงทำให้ทุกตัวอย่างที่ดำเนินในการศึกษาครั้งสามารถอัดเม็ดเป็นเม็ดชีวมวลได้และมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานในลักษณะของเม็ดเชื้อเพลิงสำหรับการให้พลังงานความร้อนในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนการนำมูลจระเข้มาแปรรูปนั้น ยังส่งผลต่อการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกมิติเช่น การลดกลิ่น ปริมาณกากตะกอนในน้ำเสีย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่มอบโอกาสในการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้และการสร้างเสริมประสบการณ์ด้านพลังงานทดแทน เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิต การปฏิบัติงาน สังคมและประเทศชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015)**. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

[3] ณัฏฐ์กิตต์ ก้อยผ่านกิจ และคณะ. (2560). **การศึกษากระบวนการผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากถั่วแระ**.การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13, หน้า 292-298

[2] พิสิษฏ์ มณีโชติ. (2555). **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช สานักบริหารจัดการการอุตสาหกรรมคู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของของเสีย เพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน**. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553**). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน**. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม

[5] ณัฐจิรา อินมนต์ (2562). **การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากผักตบชวา**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ฟิสิกส์ประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

TREC-14 (MJU)

การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
Development of the Solar Dryer with LPG Gas Via Automatic Temperature Control

ภาคิณ มณีโชติ[1] กิตติชัย เทียนสา[2]* ชัยวัฒน์ นครชัยศรี[3] เทพ เกื้อทวีกุล[4] วาสนา มณีโชติ[5] และคัทลียา ปัญญาอูด[6]
Pakin Maneechot[1] Kittichai Thianssa[2]* Chaiwat Nakonchaisri[3] Thep Kueathaweekun[4]
Wasana Maneechot[5] andKattaleya Panyaoud[6]

[1,2,3,4,5,6] สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร

Abstract

The solar dryer with LPG gas via automatic temperature control purposed to design and develop automatic solar dryer can be used in the absence of sunlight with the structure of the solar dryer in combination with the LPG gas. It measures 110 centimeters in width and 130 centimeters in height and has 3 drying trays. In addition, automatic temperature control system to increase drying efficiency. In this research, the solar dryer with LPG gas via automatic temperature control will be studied compared to that of conventional solar dryer and natural sun drying. From the test results, it can be seen that the solar dryer with LPG gas via automatic temperature control had average temperature was 59.58 degrees Celsius, which is close to the optimum temperature for drying bananas. As for the conventional solar dryer and natural sun drying with an average of 42.85 degrees Celsius and 36.92 degrees Celsius respectively. In addition, when comparing the drying time of solar dryer with LPG gas via automatic temperature control against conventional solar dryer and natural sun drying founded that the developed solar dryer can increase the production capacity 2-3 times compared to conventional solar dryer and natural sun drying because it can be dried 24 hours a day. Therefore, the solar dryer with LPG gas via automatic temperature control can be applied to community enterprises to increase production efficiency, increase revenue and increase competitiveness as well.

Keywords: Solar drying, Solar Energy, LPG Gas, Automatic Temperature Control.

บทคัดย่อ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่สามารถควบคุมแบบอุณหภูมิอัตโนมัติและสามารถใช้งานได้ในช่วงที่ไม่มีแสงแดด โดยมีโครงสร้างของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระแบบแก๊ส มีขนาดกว้าง 110 เซนติเมตร และสูง 130 เซนติเมตร และมีถาดในการอบแห้งจำนวน 3 ถาด นอกจากนนี้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติเปรียบเทียบการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมชาติ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 59.58 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใกล้กับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วย ส่วนการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมชาติ จะมีเฉลี่ยอยู่ที่ 42.85 องศาเซลเซียส และ36.92 องศาเซลเซียส เท่านั้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบแห้งของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ พบว่า ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 2-3 เท่าเมื่อเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ

TREC-IAMU

ธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ เนื่องจากสามาถอบแห้งได้ตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำให้ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับชุมชน วิสาหกิจ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทำให้รายได้เพิ่มและเพิ่มขีดความความสามารถในการแข่งขันได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ตู้อบแห้ง, พลังงานแสงอาทิตย์, แก๊ส LPG, ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

บทนำ

ในประเทศที่มีอากาศหนาวการถนอมอาหารเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอากาศที่หนาวนั้นทำให้การดำรงชีวิตยากลำบาก โดยเฉพาะการหาอาหารในการดำรงชีวิตประจำวันเป็นเรื่องที่ยากมากเพราะเมื่อออกจากที่อยู่อาศัยนั้นจะต้องเจออุณหภูมิที่ติดลบ หิมะและพายุหิมะปกคุมพื้นที่ ทำให้พืชผักไม่สามารถที่จะขึ้นหรือเจริญเติบโตได้ แม้กระทั่งสัตว์ก็ไม่สามารถที่จะเดินออกออกมาตามป่าได้เช่นเดียวกัน จึงทำให้การหาอาหารในการดำรงชีวิตในฤดูหนาวไม่สามารถดำรงได้เป็นปกติได้ ทำให้ก่อนที่จะถึงฤดูหนาวต้องมีการกักเก็บอาหารให้เพียงพอต่อการดำรงชีวิต ซึ่งในขณะเดียวกันอาหารสดไม่สามารถที่อยู่ได้เป็นเวลาหลายเดือน จึงต้องทำการถนอมอาหารเพื่อที่จะเก็บไว้ให้พอตลอดฤดูหนาวโดยที่ไม่เกิดการเน่าเสีย การถนอมอาหารในประเทศที่อากาศหนาวนั้นจะมีหลายวิธี เช่น การดอง การตากแห้ง การแช่แข็ง เป็นต้น

การอบแห้งระบบแก๊สเป็นวิธีในการถนอมอาหารโดยผ่านกระบวนการอบแก๊สโดยใช้แก๊สให้ความร้อนกับแผ่นซิลิคอนคาร์ไบด์ซึ่งการอบแก๊สนั้นจะทำให้น้ำในอาหารถูกดูดออกมา ซึ่งจะทำให้อาหารนั้นไม่เน่า ไม่บูดและสามารถเก็บไว้ได้นาน ตัวอย่างอาหารในการอบแก๊สเพื่อประโยชน์ในการถนอมอาหารและประโยชน์อื่น ๆ ได้แก่ การอบแก๊สปลาเกลือ การอบแก๊สกล้วย การตากแก๊สพริก การอบแก๊สใบชา การอบแก๊สผลไม้ โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ เช่น วินัยธร ไพเมือง (2562) ได้ทำการศึกษาการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิแบบรูปทรงครึ่งพาราโบล่า ระบบถูกออกแบบให้ควบคุมพัดลมดูดอากาศเข้าและระบายอากาศของตู้อบแห้งโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอดุโน่ (Arduino) และเซนเซอร์อุณหภูมิ (DHT22)พบว่าตู้อบแห้งสามารถทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงสุดที่ 68 องศาเซลเซียส และสามารถทำให้อุณหภูมิต่ำที่สุดโดยอุณหภูมินั้นจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิภายนอกที่ 5 องศาเซลเซียส ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในช่วง 35 – 60 องศาเซลเซียส ในการศึกษานี้พบว่าระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้พัดลมดูดและระบายอากาศอากาศพร้อมกัน และวิธีการถนอมอาหารโดยการตากแห้ง ธีรพงศ์ บริรักษ์และคณะ (2564)แก้ปัญหาดังกล่าวพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานนี้มีคุณภาพและความสะอาดถูกสุขลักษณะและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตู้อบปลาร้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นทั้งสองแบบ วสาวี พิชัยและคณะ (2551) ระหว่างตู้อบแบบกล่องยาวและตู้อบเต็นท์ โดยการศึกษาการกระจายความร้อยภายในตู้ พบง่าอุณหภูมิในตู้สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกตู้ระหว่าง 10-20 องศาเซลเซียส ผลของพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่อตู้อบกล่องยาวมากกว่าตู้อบแบบเต็นท์ ความชื้นของปลาร้าในตู้อบจะลดลงอย่างช้า ๆ ในวันแรก และจะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และ 3 พบว่าตู้อบแบบกล่องยาวลดลงในอัตราที่เร็วกว่าและลดลงมากกว่าตู้อบแบบเต็นท์ และได้ทำการศึกษา เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกแบบปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต นิรุธ ล้ำเลิศ (2551) ได้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของพัดลมจากด้านหน้าไปอยู่ด้านหลังของเครื่องอบแห้งเพื่อลดความรั่วของอากาศและออกแบบโครงสร้างเครื่องใหม่เพื่อขนส่งและปรกอบติดตั้งได้สดวก ทดสอบสมรรถภาพของเครื่องอบแห้งดังกว่าว อบกล้วยน้ำว้าสด 100 กิโลกรัม ผลการทดสอบบพบว่าอุณภูมิภายในอยู่ที่ 40-60 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 8:00-17:00 น. ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส สามารถอบกล้วย 100 กิโลกรัมให้แห้งภายใน 4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดดแบบธรรมชาติต้องใช้เวลามากกว่า4 วัน และได้ศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบการทดลองระหว่างการใช้พัดลมช่วยระบายความชื้นกับไม่ใช่พัดลมและการทำแห้งตามธรรมชาติ ประทีป ตุ้มทองและคณะ (2559) โดยทำการอบข้าวกล้องตั้งแต่เวลา 10:00-16:00 น. จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนความชื้นลดลงตามระยะเวลาของการอบแห้ง เมื่อพิจารณาความแตกต่างของการอบแห้ง การใช้พัดลมระบายความชื้นออกช่วยให้สมารถลดความชื้นได้เร็วกว่าแบบไม่ใช้พัดลมและการทำให้แห้งแบบธรรมชาติ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในอกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่สามารถควบคุมแบบอุณหภูมิอัตโนมัติและสามารถใช้งานได้ในช่วงที่ไม่มีแสงแดดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทำให้รายได้เพิ่มและเพิ่มขีดความความสามารถในการแข่งขันให้กับชุมชน วิสาหกิจ ซึ่งในงานิจัยนี้จะทำการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่สามารถ

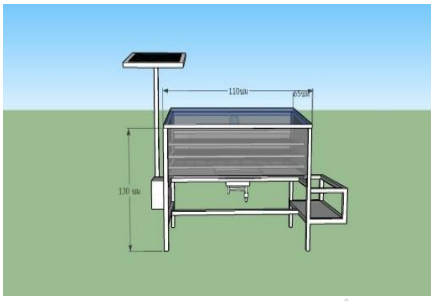
TRACH MUD

ควบคุมแบบอุณหภูมิอัตโนมัติและศึกษาการควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งของตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

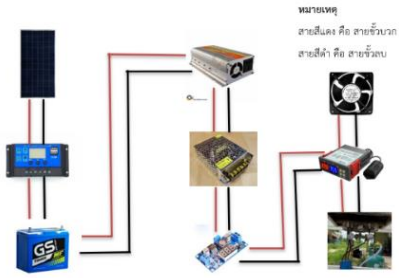
วิธีการวิจัย

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยมีโครงสร้างของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระแบบแก๊ส มีขนาดกว้าง 110 เซนติเมตร และสูง 130 เซนติเมตร และมีถาดในการอบแห้งจำนวน 3 ถาด นอกจากนนี้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ใช้เหล็กกล่องเป็นโครงสร้างและใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตประกอบเป็นตู้ส่วนด้านบนจะใช้เป็นกระจกใส อุปกรณ์แผงโซล่าเซลล์ขนาด 50Wat 18.4V 2.72Aคอนโทรลชาร์จเจอร์ 10A อินเวอร์เตอร์ 12V แปลงไฟเป็น 220V พัดลม 220V ตัวควบคุมอุณหภูมิ STC 3028 สวิทชิ่ง 220V แปลงไฟเป็น 12V ตัวแปลงไฟโมดูล 12V แปลงไฟเป็น 3V ตัวจุดแก๊ส 3V ถังแก๊สขนาด 10.4 กิโลกรัม และแบตเตอรี่ 20A ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบและหาประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ นำกล้วยเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 60-65 องศาเซลเซียส



(ก) โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และระบบควบคุม



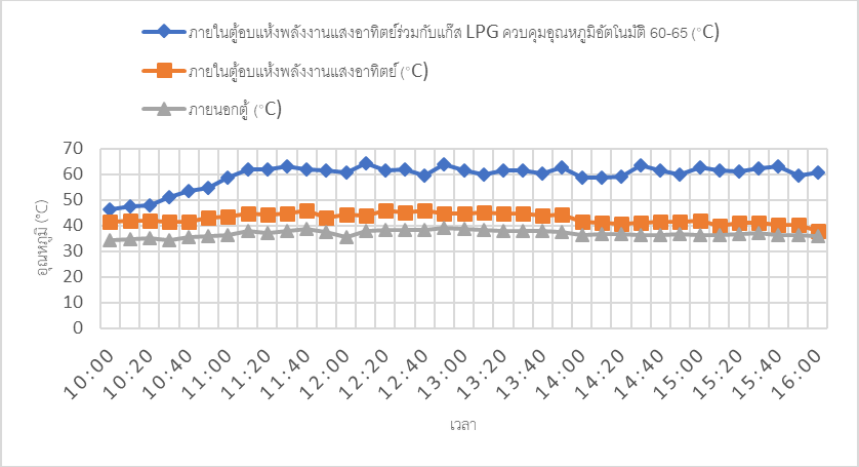
(ข) ระบบควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 1 โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และระบบควบคุม

ภาพที่ 2 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติต้นแบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติทำการควบคุมอัตโนมัติด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ STC-3028 โดยมีตัวจุดแก๊สให้ความร้อนเพื่อเผาแผ่นซิลิคอนคาร์ไบด์เพื่อกระจายความร้อนภายในตู้ ตั้งควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 60-65 องศาเซลเซียสและเปิดพัดลมระบายความชื้นตลอดเวลาที่ทำการตาก โดยระบบการทำงานจะทำการปล่อยแก๊สและจุดไฟที่ 60 องศาเซลเซียสพออุณหภูมิสูงถึงที่ตั้งไว้ที่ 65 องศาเซลเซียส ระบบจะทำการตัดแก๊ส ผู้วิจัยทำการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยการตากกล้วยเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและเปรียบเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมชาติ ทำการทดสอบตากกล้วยตั้งแต่เวลา 10:00 น.ถึงเวลา 16:00 ระยะเวลา 3วัน ทำการทดสอบตากกล้วยในวันที่ 5 กรกฎาคม ถึงวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งจะแสดงผลดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 แสดงกราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 วันของกล้วยตาก

ตารางที่ 1 แสดงภาพการเปรียบของกล้วยตาก

วันที่	ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPGควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ 60-65 (°C)	ตากภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดา	ตากแดดแบบธรรมชาติ
วันที่ 1	เริ่มทำการตากวัตถุดิบ	เริ่มทำการตากวัตถุดิบ	เริ่มทำการตากวัตถุดิบ
วันที่ 2	วัตถุดิบเปลี่ยนเป็นสีและหดงอมาก	วัตถุดิบเปลี่ยนสีและหดงอเล็กน้อย	วัตถุดิบเปลี่ยนสีเล็กน้อย
วันที่ 3	วัตถุดิบมีสีเข้มขึ้นหดงอและแห้งตามที่ต้องการ	วัตถุดิบมีสีเข้มขึ้นหดงอมากขึ้นไม่แห้งตามที่ต้องการ	วัตถุดิบมีสีเข้มขึ้นหดงอมากขึ้นไม่แห้งตามที่ต้องการ

จากการทดลองประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติทั้ง 3 วัน กับการตากกล้วย พบว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 59.58 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 42.85องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 36.92 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ออกมาเปรียบเทียบทั้งหมดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง กล้วยที่ทำการตากในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ใช้เวลาตากเพียงแค่ 3 วัน แห้งได้ตามที่ต้องการ ส่วนการตากใน

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมาชาติวัตถุดิบไม่แห้งตามที่ต้องการต้องใช้เวลาตากมากกว่า 3 วัน แสดงข้อมูลดังต่อไปนี้

จากการตากกล้วยในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถตากได้แห้งในระยะเวลา 3 วัน กล้วยมีความแห้งตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ส่วนการตากในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ วัตถุดิบไม่แห้งตามที่ผู้ใช้งานต้อการยังมีความเหลืองและยังมีน้ำอยู่ ต้องใช้ระยะเวลาในการตากมากกว่า 3 วัน จึงจะได้วัตถุดิบที่ดีตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

การใช้พลังงานของแก๊ส LPG เปรียบเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดา น้ำหนักแก๊ส 4.0 กิโลกรัม น้ำหนักถังแก๊ส 6.4 กิโลกรัม น้ำหนักรวม 10.4 กิโลกรัม เติมแก๊สราคา 100 บาท การทดสอบใน 1 ชั่วโมง น้ำหนักของแก๊สจะลดลง 1 ขีด หรือ 100 กรัม ตกขีดละ 2.5 บาท ทดสอบระยะเวลารวม 18 ชั่วโมง น้ำหนักแก๊สลดลงไป 1.8 กิโลกรัม เท่ากับ 45 บาท ได้วัตถุดิบตามที่ต้อง เปรียบเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาวัตถุดิบไม่แห้งตามที่ต้องการต้องใช้ระยะเวลาในการตากมากกว่า 3 วัน ทำให้ได้ผลผลิตที่น้อยกว่า การใช้พลังงานของแก๊ส LPG สามารถเพิ่มผลลพลิตได้ 2-3 เท่า และสามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง แม้ในที่ที่มีแดด

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ นำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์กล้วย เปรียบเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมชาติในงานวิจัยฉบับนี้ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 59.58 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใกล้กับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วย ส่วนการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดแบบธรรมชาติ จะมีเฉลี่ยอยู่ที่ 42.85 องศาเซลเซียส และ36.92 องศาเซลเซียส เท่านั้น นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบแห้งของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 2-3 เท่าเมื่อเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแบบธรรมชาติ เนื่องจากสามารถอบแห้งได้ตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำให้ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับชุมชน วิสาหกิจ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทำให้รายได้เพิ่มและเพิ่มขีดความความสามารถในการแข่งขันได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] วินัยธร ไพเมือง. (2562).**ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะสำหรับธุรกิจ.** รายงานวิจัย.มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. จังหวัดเลย.

[2] ธีรพงศ์ บริรักษ์และคณะ. (2564). **ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย. จังหวัดปทุมธานี.

[3] วสาวี พิชัย และคณะ. (2551). **การประยุกต์ใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการผลิตปลาร้าผง.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. จังหวัดมหาสารคาม.

[4] นิรุธ ล้ำเลิศ. (2551).**การปรับปรุงสมรรถนะและการพัฒนาแบบจำลองการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต.**วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์. มหาวิยาลัยศิลปากร. จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

[5] ประทีป ตุ้มทองและคณะ. (2559).เครื่องอบแห้งลมร้อน. **การประชุมวิชาการระดับชาติราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8ประจำปี 2559**, วันที่ 22 - 23 ธันวาคม 2559.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์. จังหวัดสุรินทร์.

เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตร

Biodiesel Mixer Machine with Split Multi-filter using Solar cell for Agricultural Engines

เทพ เกื้อทวีกุล[1] จิรวัฒน์ คันทะตุ่น[2*] ธนวัฒน์ กล้วยสูงเนิน[3] เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์[4] และ จารุกิตติ์พิบูลนฤดม[5]
ThepKueathaweekun1 Jirawat Kantatun[2*] Thanawat Kluaysungnoen3 SaowalakYodwinyuwong[4] and Jarukit Piboolnaruedom[5]

[1,2,3,4,5] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

The research was study and built split multi-filter biodiesel mixer machine with solar cell for agricultural engines. The structure of the machine had 3 separator tanks and 3 filters and 1 mixed oil storage tank. In this research was found that the efficiency mixer of biodiesel machine for RT 110 diesel engine to determine the efficiency of mixed biodiesel from the biodiesel mixer machine by used a biodiesel consist of used vegeตรางที่ oil, diesel oil and gasoline. It studied the appropriate mixing ratio of 5 formulas. From the results of the experiment, it was found that formula 5 was the best that was able running tested for 20 minutes 41 seconds and the engine can worked fine. Consequently, the split multi-filter biodiesel mixer machine with solar cell can be used to mixing biodiesel for the community and consequently can reduce fuel expenses and increase income for farmers.

Keywords: Solar cell, Biodiesel Machine, Agricultural machine.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหลับเครื่องยนต์ทางการเกษตร โดยโครงสร้างของเครื่องจะมีถังแยกกรอง 3 ถังตัวกรอง 3 ตัว และถังเก็บน้ำมันที่ผสมแล้ว 1 ถัง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการผสมน้ำไบโอดีเซลล์ที่เหมาะสมและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองและใช้เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น RT 110 เพื่อหาประสิทธิภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากส่วนผสม โดยใช้ส่วนผสมของน้ำมันประกอบด้วย น้ำมันพืชใช้แล้วน้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน และทำการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 5 สูตรจากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมสูตรที่ 5 ดีที่สุดคือ สามารถเดินเครื่องได้นาน 20 นาที 41 วินาที และเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดี ดังนั้น เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้เพื่อผสมน้ำมันไบโอดีเซลสำหรับชุมชนได้และนำไปใช้กับเครื่องยนต์ทางการเกษตรส่งผลให้สามารถลดรายจ่ายค่าน้ำมันและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

คำสำคัญ : โซล่าเซลล์,เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซล, เครื่องยนต์ทางการเกษตร

บทนำ

ปริมาณการใช้น้ำมันในประเทศไทยมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยพลังงานหลักในการใช้งานในชีวิตประจำวัน คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และ แก๊สโซฮอล์ เป็นต้นปัจจุบันราคาน้ำมันได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความต้องการสูง ซึ่งจะต้องนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ทำให้ราคาน้ำมันภายในประเทศมีราคาสูง น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันที่ถูกใช้มากในอุตสาหกรรม การขนส่ง หลังจากการเกิดวิกฤตน้ำมันโลกได้มีการ

TREC-14(MJU)

เริ่มตื่นตัว โดยมีการคิดค้นวิจัยพลังงานทดแทนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองในอนาคต โดยเฉพาะพลังงานธรรมชาติ พลังงานหมุนเวียน และศึกษา วัตถุดิบที่หาได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล จึงมีการทดลองกับน้ำมันพืชพบว่าในน้ำมันพืชนั้นสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ โดยการนำน้ำมันไบโอดีเซลมาทดลองใช้กับเครื่องมือทางการเกษตรพบว่าผลที่ได้จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่งผลให้สามารถลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศการนำน้ำมันที่ใช้แล้วกลับมาผลิตเป็นไบโอดีเซลจะช่วยลดมลพิษและลดต้นทุนในการซื้อน้ำมันดีเซลมีผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษาวิจัยเพื่อนำน้ำมันเหลือใช้นำมาใช้ประโยชน์ เช่น การจัดการกลีเซอรีนในกระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยตัวซับจากแกลบ[1]การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน [2] การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราเป็นพลังงานทดแทนและการทดสอบสมรรถนะกับเครื่องยนต์[3] การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวันโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลาง [4] ไบโอดีเซลจากขยะอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว[5] การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา[6] และการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันวัวด้วยปฏิกิริยาทรานสเอสเทอริฟเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส[7]จากวิจัยข้างต้นเป็นการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชต่าง ๆ เช่น น้ำมันปาล์ม เมล็ดยางพารา และมะพร้าว เพื่อนำไปใช้ประโยชน์กับเครื่องยนต์ทางการเกษตร ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลได้เกือบ 100% ดังนั้นในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากพืชต่าง ๆ จึงเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน นอกจากนี้ น้ำมันเหลือทิ้งจากการทอดต่าง ๆ เพื่อนำสินค้าจำหน่ายก็เป็นวัตถุดิบอีกอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาทำเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์กับชุมชน

จากการลงพื้นที่ ตลาดมอกล้วยไข่ ตำบลอ่างทอง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ามีการใช้น้ำมันเหลือทิ้งจากการทอดกล้วย ทอดมันและทอดเผือกเพื่อจำหน่าย ซึ่งพบว่ามีน้ำมันพืชใช้แล้วทิ้ง 30 ลิตร คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้เครื่องยนต์ทางการเกษตร ช่วยเพิ่มรายได้และลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมันดีเซลทางการเกษตร

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. ออกแบบและสร้างเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตร

3.ทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จแบตเตอรี่ทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จไฟฟ้าโดยใช้แผงโซล่าเซลล์ขาด 120 W และแบตเตอรี่ขนาด 12V 9Ah โดยในการทดลองจับเวลาทุก 10 นาที

4. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแบตเตอรี่ ขนาด 12V 9Ah ด้วยการทดลองดูดน้ำมันผสมไบโอดีเซลครั้งละ 18 ลิตร ด้วยปั๊มดูดน้ำ DC 12V 8.3A โดยจับเวลาในการดูดน้ำผสมไบโอดีเซลแต่ละครั้ง และบันทึกพลังงานคงเหลือในแบตเตอรี่ทุกครั้งที่ดูดหมด

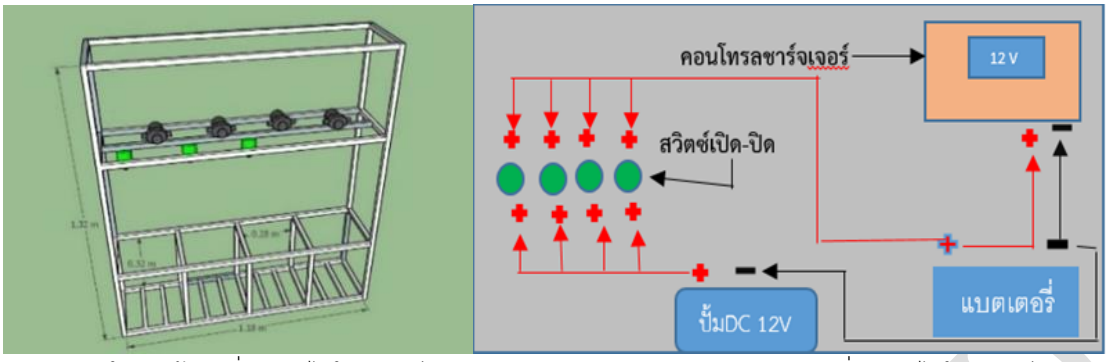
5. การศึกษาอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสมด้วยเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีส่วนผสมดังนี้น้ำมันทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันดีเซล และ น้ำมันเบนซิน โดยได้ทำการผสมขึ้นมา 5 สูตร และมาทดลองใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล RT 110 โดยทดลองใช้สูตรละ 3 รอบ รอบละ 100 มิลลิลิตร และจับเวลาตั้งแต่เครื่องติดจนเครื่องดับเพื่อหาประสิทธิภาพของน้ำมัน และนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 ด้วยปริมาณเท่ากัน

6. การทดสอบนี้เป็นการวัดค่า pH ความเป็น กรด-เบส และค่าความถ่วง API ของน้ำมันไบโอดีเซล

8. เก็บข้อมูลน้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล RT 110

9. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

EEC-14 (MJU)



(ก) โครงสร้างเครื่องผสมไบโอดีเซลล์ (ข) ระบบควบคุมเครื่องผสมไบโอดีเซลล์

ภาพที่ 1 โครงสร้างและระบบควบคุมเครื่องผสมไบโอดีเซลล์

(ก) เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ (ข) ระบบควบคุมเครื่องผสมไบโอดีเซลล์

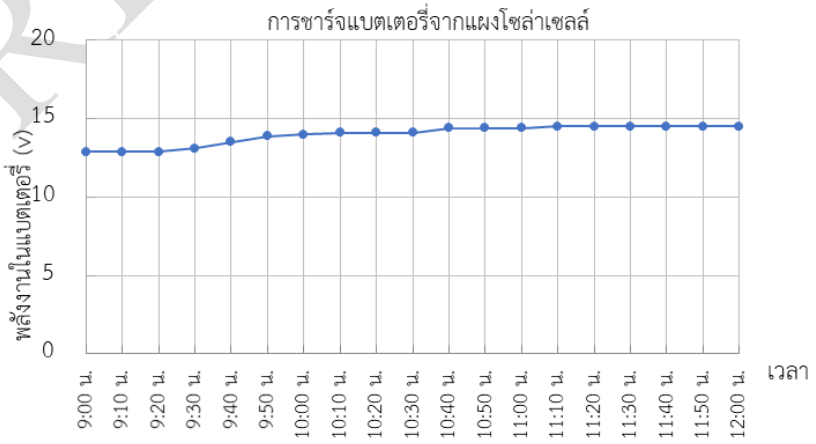
ภาพที่ 2 เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบและควบคุมเครื่องผสมไบโอดีเซลล์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการนำเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตรไปทำการทดสอบทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

1. ทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จแบตเตอรี่

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จไฟฟ้า โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ขาด 120 W และแบตเตอรี่ขนาด 12V 9Ah โดยในการทดลองจับเวลาทุก 10 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 3

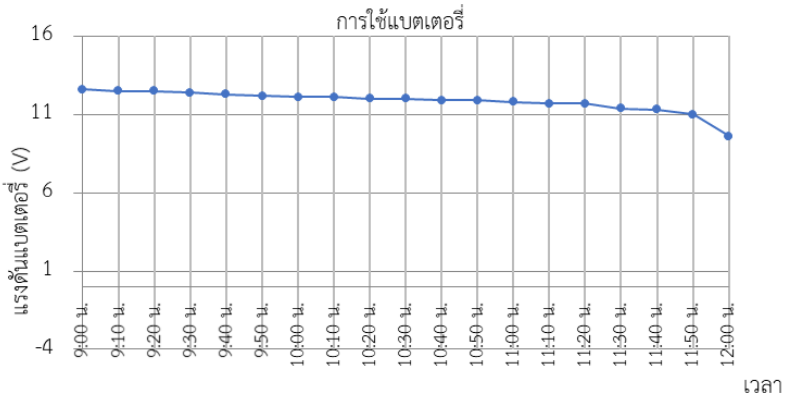


ภาพที่ 3 กราฟแสดงการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงโซล่าเซลล์

จากการฟจะเห็นว่าเริ่มชาร์จแบตเตอรี่เวลา 9:00 น. จนถึงเวลา 12:00 น. โดยแรงดันที่เริ่มชาร์จอยู่ที่ 12.9 V แรงดันจะเพิ่มขึ้นจนถึง 14.5 V และแบตเตอรี่เต็มที่เวลา 12:00 น. ซึ่งใช้เวลาในการชาร์จ 3 ชั่งโมง และแรงดันเฉลี่ยที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่อยู่ที่13.9 V

2. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแบตเตอรี่

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 9Ah ด้วยการทดลองดูดน้ำมันผสมไบโอดีเซลครั้งละ 18 ลิตร ด้วยปั้มดูดน้ำ DC 12V 8.3A โดยจับเวลาในการดูดน้ำผสมไบโอดีเซลแต่ละครั้ง และบันทึกพลังงานคงเหลือในแบตเตอรี่ทุกครั้งที่ดูดหมด



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการทดสอบการใช้แบตเตอรี่แบบแผนภูมิ

จากการฟจะเห็นว่าเริ่มดูดน้ำมันผสมไบโอดีเซลที่แรงดัน 12.6 V จนถึงแรงดันที่ 9.6 V โดยใช้เวลาดูดในแต่ละครั้งเฉลี่ยที่ 10 นาที และดูดได้จำนวน 22 ครั้ง จนแบตเตอรี่หมดดังนั้นแบตเตอรี่ลูกนี้สามารถใช้งานในการดูดน้ำมันเฉลี่ย 3.40 ชั่งโมง

3. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมัน

ในการทดสอบนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสมด้วยเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีส่วนผสมดังนี้น้ำมันทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันดีเซล และ น้ำมันเบนซิน โดยได้ทำการผสมขึ้นมา 5 สูตร หลังจากนั้นนำน้ำมันทั้ง 5 สูตร มาทดลองใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล RT 110 โดยทดลองใช้สูตรละ 3 รอบ รอบละ 100 มิลลิลิตร และจับเวลาตั้งแต่เครื่องติดจนเครื่องดับเพื่อหาประสิทธิภาพของน้ำมัน และน้ำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลB7 ด้วยปริมาณเท่ากัน และวิธีเดียวกันดังนี้

สูตรที่ 1 (1000 มิลลิลิตร/100 มิลลิลิตร/120 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 2 (1000 มิลลิลิตร/120 มิลลิลิตร/100 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 3 (1000 มิลลิลิตร/120 มิลลิลิตร/120 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 4 (1000 มิลลิลิตร/140 มิลลิลิตร/120 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 5 (1000 มิลลิลิตร/200 มิลลิลิตร/100 มิลลิลิตร)

จากนั้นนำน้ำมันดีเซลที่ใช้ในปัจจุบัน (ดีเซลB7) มาทำการทดลองด้วยวิธีเดียวกัน ปริมาณเท่ากันและนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผสมขึ้นมาทั้ง 5 สูตรซึ่งผลของการเปรียบเทียบของแต่ละสูตรแสดงได้ดังนี้

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่ 1

ลำดับ	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซล (นาที)	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันดีเซล B7 (นาที)
ครั้งที่ 1	20:17	19:06
ครั้งที่ 2	18:17	20:49
ครั้งที่ 3	20:18	19:59
ค่าเฉลี่ย	**19:50**	**19:58**

จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่ 1 โดยการเปรียบเทียบระยะเวลาการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล B7 จำนวน 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลครั้งที่ 3 ใช้เวลาเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:18 นาที เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 มีการใช้เวลาในการเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:49 นาที

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่ 2

ลำดับ	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซล(นาที)	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันดีเซล B7 (นาที)
ครั้งที่ 1	19:29	21:12
ครั้งที่ 2	18:49	18:58
ครั้งที่ 3	20:49	20:36
ค่าเฉลี่ย	**19:49**	**20:15**

จากผลการทดสอบในตารางที่ 2 พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลครั้งที่ 3 ใช้เวลาเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:18 นาที เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 มีการใช้เวลาในการเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:49 นาที ในการทดลองครั้งที่ 2 โดยที่ค่าเฉลี่ยในการใช้งานอยู่ที่ 19.50 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและ 20:58 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันดีเซล

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่ 3

ลำดับ	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซล (นาที)	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันดีเซล B7 (นาที)
ครั้งที่ 1	20:18	20:45
ครั้งที่ 2	19:29	20:23
ครั้งที่ 3	20:20	19:31
ค่าเฉลี่ย	**20:02**	**20:13**

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลครั้งที่ 3 ใช้เวลาเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:20 นาที เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 มีการใช้เวลาในการเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:45 นาที ในการทดลองครั้งที่ 1 โดยที่ค่าเฉลี่ยในการใช้งานอยู่ที่ 20:02 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและ 20:13 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันดีเซล

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่สูตรที่ 4

ลำดับ	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซล (นาที)	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันดีเซล B7 (นาที)
ครั้งที่ 1	20:03	19:42
ครั้งที่ 2	19:14	20:33
ครั้งที่ 3	21:18	19:09
ค่าเฉลี่ย	**20:11**	**19:48**

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลครั้งที่ 3 ใช้เวลาเดินเครื่องนานที่สุดคือ 21:18 นาที เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 มีการใช้เวลาในการเดินเครื่องนานที่สุดคือ 20:33 นาที ในการทดลองครั้งที่ 2 โดยที่ค่าเฉลี่ยในการใช้งานอยู่ที่ 20:11 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและ 19:48 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันดีเซล

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบสูตรที่สูตรที่ 5

ลำดับ	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซล (นาที)	ระยะเวลาการใช้งานของน้ำมันดีเซล B7 (นาที)
ครั้งที่ 1	20:45	20:04
ครั้งที่ 2	19:41	19:27
ครั้งที่ 3	21:38	21:16
ค่าเฉลี่ย	**20:41**	**20.15**

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5 พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลครั้งที่ 3 ใช้เวลาเดินเครื่องนานที่สุดคือ 21:38 นาที เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล B7 มีการใช้เวลาในการเดินเครื่องนานที่สุดคือ 21:16 นาที ในการทดลองครั้งที่ 3 โดยที่ค่าเฉลี่ยในการใช้งานอยู่ที่ 20:41 นาทีสำหรับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและ 20:15นาทีสำหรับการใช้น้ำมันดีเซล ดังนั้นน้ำมันไบโอดีเซลสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้นานที่สุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล B7 ได้

4. การวัดค่า pH ความเป็น กรด-เบส ในน้ำมัน

การทดสอบนี้เป็นการวัดค่า pH ความเป็น กรด-เบส ในน้ำมันด้วยการใช้กระดาษลิตมัส โดยใช้วิธีการน้ำน้ำมันที่ต้องการวัดมาหลดลงที่กระดาษลิตมัสและสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีบนกระดาษลิตมัส จากนั้นนำสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับตารางสีค่า pH

ตารางที่ 6 ค่า pH ความเป็น กรด-เบส ในน้ำมัน

ชนิดน้ำมัน	ค่า pH	ความเป็น กรด-เบส
น้ำมันดีเซล B7	6 pH	เป็นกรด
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 1	6 pH	เป็นกรด
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 2	6 pH	เป็นกรด
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 3	6 pH	เป็นกรด
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 4	6 pH	เป็นกรด
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 5	6 pH	เป็นกรด

TREC-14 (MJO)

จากการวัดค่า pH ความเป็น กรด-เบส ในน้ำมัน พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 5 สูตร มีค่า 6 pH มีความเป็นกรด ซึ่งใกล้เคียงน้ำมันดีเซล B7

5. ค่าความถ่วง API

ตารางที่ 7 ค่าความถ่วง API

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ °F	ค่าไฮโดรมิเตอร์	ค่าความถ่วง API
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 1	84 °F	39.2	37.3
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 2	84 °F	39.4	37.5
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 3	84 °F	40.2	38.3
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 4	84 °F	40.5	38.6
น้ำมันไบโอดีเซล สูตรที่ 5	84 °F	40.9	39.0

จากตารางการวัดค่าความถ่วง API ของน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 5 สูตร ด้วยไฮโดรมิเตอร์ พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลสูตรที่ 1 มีค่าความถ่วง 37.3 API ที่อุณหภูมิ 84 °F สูตรที่ 2 มีค่าความถ่วง 37.5 API ที่อุณหภูมิ 84 °F สูตรที่ 3 มีค่าความถ่วง 38.3 API ที่อุณหภูมิ 84 °F สูตรที่ 4มีค่าความถ่วง 38.6 API ที่อุณหภูมิ 84 °Fและสูตรที่ 5มีค่าความถ่วง 39.0 API ที่อุณหภูมิ 84 °Fซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความถ่วง API ของน้ำมันทั้ง 5 สูตรอยู่ในค่ามาตรฐานที่กระทรวงพลังงานกำหนดคือ31-44 API[8]

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาเครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และได้นำเครื่องไปใช้ผสมน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสมและสามารถใช้งานได้ดี โดยได้ทดลองใช้เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลขึ้นมา 5 สูตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ค่า pH ความเป็น กรด-เบส ในน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 5 สูตร มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล B7อยู่ที่ 6 pH มีความเป็นกรดค่าความถ่วง API ของน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 5 สูตร มีค่าความถ่วง API ไม่เกินมาตรฐานที่กระทรวงพลังงาน[8] กำหนด31-44 API สามารถมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล B7 ได้และสูตรที่ 5 ดีที่สุดคือสามารถเดินเครื่อง RT110 ทดสอบได้นาน 20 นาที 41 วินาทีและเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดี ดังนั้น เครื่องผสมน้ำมันไบโอดีเซลแบบแยกส่วนหลายตัวกรองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้เพื่อผสมน้ำมันไบโอดีเซลสำหรับชุมชนได้และส่งผลให้สามารถลดรายจ่ายค่าน้ำมันเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงานที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณเพื่อนๆอันเป็นที่รักทุกคนที่คอยให้คำปรึกษามาโดยตลอดสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงินและเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอดจนสำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] จันทร์เลขา ภู่ทองคำ. (2554).**การจัดการกลีเซอรีนในกระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยตัวซับจากแกลบ.**ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

[2] ชาคริต ทองอุไร. (2554). การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน.**วารสารสงขลานครินทร์ 1(23).**สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี

[3] ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์และคณะ. (2550)**. การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราเป็นพลังงานทดแทนและการทดสอบสมรรถนะกับเครื่องยนต์**. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

TREC-14 (MJU)

[4] มานพ เจริญไชยตระกูล. (2552). **การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวันโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลาง**. รายงานวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยกรุงเทพมหานคร

[5] วัชระ ผลไม้และเสมอขวัญ ตันติกุล. (2562). **ไบโอดีเซลจากขยะอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว**. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

[6] สุห์ดี นิเซ็ง, นภารัตน์ เกษตรสมบูรณ์ และ อาริษา โสภาจารย์. (2563**). การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันในน้ำเสียชุมชน เทศบาลเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา

[7] อุสารัตน ถาวรชัยสิทธิ์, ชลาลัย จันทรยอด, ปทมาพร อินทรพรหม และวัฒนฤดี อึ้งมงคลชัย. (2559). **การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันวัวด้วยปฏิกิริยาทรานสเอสเทอริฟเคชันโดยใชตัวเรงปฏิกิริยาชนิดเบส** รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจาคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพ

[8] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. **การตรวจสอบน้ำมันปลอมปนเบื้องตน** สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2564, จาก https://www.doeb.go.th/knowledge/data/trend_lube54.pdf

TREC-14 (MJU)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าบนหลังคาจากผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้ง

The Performance Analysis of Electricity Generation from Solar Rooftop Effected from the Difference of Height from the Ground Level at Installation Site

สุเทพ สีมาลา[1] และวิรชัย โรยนรินทร์[2*]
Suthep Simala[1] and Wirachai Roynarin[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[2*]ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

Abstract

This paper is the result of a comparative analysis. 20kW of electricity from an average altitude of 3 meters and 12 meters from the ground level. In the same installation area, an analysis program was used to compare the results of electricity production in 1 month at the rate of electricity generation into the transmission line. At the area of the Amazon coffee shop, Branch SD3031, Next to Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The comparison results in the power generation from the PVsyst program found that at an altitude of 3 meters, the electricity generating value was 1,067 kWh and an altitude of 12 meters was 1,036 kWh in August 2021. The data showed that at an altitude of 3 meters, the monthly electricity production was 741 kWh, and at an altitude of 12 meters, the monthly power output was 1,047 kWh. Together the difference in production was 0.7%. As can be seen from the analysis program and the actual power generation, it was found that the installation height affects the power generation efficiency of the rooftop solar system.

Keywords: Performance Analysis, Solar Rooftop, Power Generation

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ การผลิตไฟฟ้าขนาด 20kW จากระดับความสูงเฉลี่ย 3 เมตร และ 12 เมตร จากระดับพื้นดิน ในการติดตั้งพื้นที่เดียวกัน ซึ่งมีการใช้โปแกรมวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการผลิตไฟฟ้าใน 1 เดือน ในอัตราการผลิตไฟฟ้าเข้าสู่สายส่ง ณ.พื้นที่ร้านกาแฟอเมซอน สาขาที่ SD3031 ข้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งผลการเปรียบเทียบในการผลิตไฟฟ้าจากโปรแกรม PVsyst พบว่าที่ระดับความสูง 3 เมตร มีค่าการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 1,067 kWh และความสูง 12 เมตร เท่ากับ 1,036 kWh ในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2564 และผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าที่ระดับความสูง 3 เมตร มีค่าการผลิตไฟฟ้าต่อเดือน 741 kWh และความสูง 12 เมตร มีผลผลิตไฟฟ้าต่อเดือน 1,047 kWh จากผลการศึกษาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าบนหลังคาที่ระดับความสูงแตกต่างกัน เมื่อคิดเป็นการผลิตที่แตกต่างกันเป็น 0.7% ดังนั่นจะเห็นได้จากโปรแกรมวิเคราะห์และการผลิตไฟฟ้าจริงพบว่าความสูงในการติดตั้งมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา การผลิตพลังงานไฟฟ้า

บทนำ

จากผลการศึกษาในด้านการถ่ายเทความร้อนทั้งการนำการพาและการแผ่รังสีความร้อน มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์บนหลังคา ระดับความสูงในการติดตั้งที่ต่างกัน ย่อมมีผลโดยตรงต่อการระบายความร้อน และการแผ่รังสีความ

TREC-14(MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การออกแบบและสร้างเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์
Design and Building Solar Cooking Machine Cooperate with Solar Cells

ภาคิณ มณีโชติ[1] ชุมพร เชียวขาว[2*] นฤดม สืบเนียม[3] และ วรวุฒิ บุตรดี[4]
Pakin Maneechot1 Chumporn Keawkaow2* Naruedom Suepniam3 and Worawut Butdee4

[1,2,3,4]สาขาวิชาเทคโนโลโยลีอุตสาหกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

This research presents a design and building solar cooking machine cooperate with solar cells to take advantage of solar energy in the COVID-19 situation or new normal. It can reduce the cost of cooking by using the principle of combining the light of solar energy to create heat for cooking cooperate with electric power from solar cells. The solar cooking machine cooperate with solar cells suiตรางที่ for villages without electricity and suiตรางที่ for a rural life. The results of this research found that the average solar heat temperature was 37.5 degrees Celsius. It takes about 20 to 30 minutes to cook. The system that used a 65-watt solar panel and 12-volt 65-amp battery to cook rice, taking no more than 20 minutes. The structure of solar cooking machine was 1.53 meters wide, 1.50 meters long and 1.68 meters high. The solar cooking machine suiตรางที่ for cooking, boiling, stir-frying and frying as well. It can satisfy the needs of users as well and bring solar energy can be used to replace LPG and electricity.
Keywords: Solar Cooking, reflector system, solar cell.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์ เพื่อใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในยุคโควิด 19 แบบ New normal ใช้ชีวิตแบบ Slow life ลดค่าใช้จ่ายในการทำอาหาร โดยใช้หลักรวมแสงของพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้เกิดความร้อนนำมาทำอาหารร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ยังเหมาะสมกับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้และเหมาะกับชีวิตที่ไม่เร่งรีบ ผลการทดสอบใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 12V 35Ah 1 ก้อน เฉลี่ยใช้ได้สูงสุดวันละ 3 ครั้ง ในการหุงข้าวแต่ละ 1 ครั้ง จะใช้เวลาเฉลี่ยสูงสุดแล้ว 20 นาที เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยความร้อนสูงสุดภายในภาชนะ 52.3 องศาเซลเซียส ภายนอก 37.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด ภายในภาชนะ 23.5 องศาเซลเซียส ภายนอก 29.1 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาทำอาหารประมาณ 20 ถึง 30 นาที ทั้งนี้จะมีระบบการใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 65 วัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 35 แอมป์ ใช้ในการหุงข้าว ใช้เวลาไม่เกิน 20 นาที ในส่วนโครงสร้างของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ มีขนาดกว้าง 1.53 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 1.68 เมตร เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น หุง ต้ม ผัด ทอด ได้ตามต้องการสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้งานทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้มและไฟฟ้า
คำสำคัญ : เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์,ระบบสะท้อนแสง,โซล่าเซลล์

บทนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มาจากฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซ และ ถ่านหิน เมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐกิจทำให้การใช้พลังงานอย่างมหาศาล การใช้เตาแก๊สทำอาหารก็เป็นการใช้พลังงานเหมือนกัน เป็นสิ่งที่ทุกบ้านต้องมีติดห้องครัวเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้นๆ ในห้องครัว เพราะครัวส่วนใหญ่นิยมใช้เตาแก๊สในการประกอบอาหาร ตั้งแต่

TREC-14 MJU

อดีตจนถึงปัจจุบันเตาแก๊สได้มีการพัฒนามากขึ้นเรื่อย ๆ ปัจจุบันจะให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัย, ประหยัดเชื้อเพลิง, และเรื่องการทำความร้อนโดยที่ภาชนะไม่ดำ

จากการพบปัญหาบางพื้นที่ ที่ห่างไกลไม่มีโอกาสได้ใช้เตาแก๊ส เช่น หมู่บ้านบนเขา หมู่บ้านที่ห่างไกลความเจริญ ผู้วิจัยจึงมีความคิดค้นทดลองการใช้แสงแดดทนแทนในการทำอาหารต่าง ๆ เพื่อประหยัดในการใช้แก๊สและเข้าถึงชุมชนหมู่บ้านบนเขาที่ห่างไกลความเจริญ ในการสร้างและคิดค้นพบว่าการสะท้อนแสง หรือ การหักเหของแสง สะท้อนไปจุดเดียวเพื่อรวมแสงทำให้เกิดความร้อนในจุดที่แสงรวมตัวนั้น และ สามารถนำมาใช้ในการทำอาหารโดยที่ไม่ต้องใช้แก๊ส โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์โดยการใช้แผงโซล่าเซลล์ในการสร้างงานวิจัยขึ้นมา อาทิเช่น นายนิพนธ์ เกตุจ้อย (2553) ซึ่งพลังงานที่ได้จากการทำนายที่มีค่าสูงกว่าพลังงานที่ได้จากการใช้จริงประมาณ 0.58% และเมื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามเทคโนโลยีพบว่าพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ a-Si p-Si และ HIT ที่สามารถผลิตได้โดยเฉลี่ยรายวันมีค่าเท่ากับ 4.80 4.31 และ 4.50 kWh/kWp-d ตามลำดับ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si p-Si และ HIT จะมีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 2.48 1.39 และ2.12 ต่อปี ปัทมา วงศ์สีดาและคณะ (2560) พบว่าค่าเฉลี่ยจากเครื่องมือวัดค่าสะท้อนแสงทั้งสี่ระดับค่าส่องสว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง วัสดุแต่ละประเภทภายใต้เครื่องมือวัด วิชิต มาลาเวช (2556) นั้นกล่าวว่าพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อความเข้ม รังสีอาทิตย์สูงขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะแปรผันตรงกับความเข้มของแสง และ นายอชิต อุยยามาฐิติ (2560) พบว่าการนำเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์มมาเชื่อมประกอบตามที่ได้ออกแบบโดยเชื่อมต่อแผงโซล่าทินฟิล์มแบบเชื่อมต่ออนุกรมและต่อเข้ากับวงจร Power DC เพื่อเพิ่มแรงดันพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์เซลล์หลังจากนั้นนำไปต่อกับวงจร Charger Controller เพื่อควบคุมการชาร์จของกระแสไฟฟ้า และนำไปต่อเข้ากับวงจร Arduino Mega 2560-R3 ซึ่งเป็นวงจรควบคุมและสั่งการส่วนกลางเพื่อประมวลผลและสั่งการภายในวงจรสุดท้ายนำไปต่อเข้ากับจอแสดงผล 12C LCD

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยได้คิดค้นสร้างเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์เพื่อประหยัดพลังงานก๊าซหุงต้มและยังคิดว่าเหมาะนำไปใช้ในหมู่บ้านบนเขาที่ ที่ไม่มีไฟฟ้ากับเตาแก๊สใช้ โดยกระทะพลังงานแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ในการประกอบอาหารแทนเตาแก๊สโดยจะใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดความร้อนในการประกอบอาหารและใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซล่าเซลล์ทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากบ้านเรือน

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนมาออกแบบและสร้างเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์
2. หลักการทำงานของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์
3. หาประสิทธิภาพของระบบและสมรรถนะของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์
4. หาประสิทธิภาพ และ สมรรถนะด้านความร้อน อุณหภูมิของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์
5. หาประสิทธิภาพและสมรรถนะของแบตเตอรี่
6. ทดลองและใช้เครื่อง Data Logger เก็บข้อมูล
7. สรุปผล

(ก) โครงสร้างเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์ (ข) เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์

ภาพที่ 1 โครงสร้างเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์โดยมีแผงควบคุม ตอนที่ไม่มีแดด

TREC-14 WMJU

หลักการทำงานของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์

ใช้ในการทำอาหารในชีวิตประจำวันแบบ Slow life ในช่วงยุคโควิด 19 เพื่อลดค่าใช้จ่าย ค่าไฟฟ้าในครัวเรือน สามารผลิตใช้ไฟฟ้าได้เองสำหรับการหุงข้าว จะใช้ความร้อนของดวงอาทิตย์มาสะท้อนแสงจากจานสแตนเลสเพื่อให้แสงสะท้อนไปยังใต้ก้นภาชนะในจุดเดียวจะทำให้เกิดความร้อน เช่นเดียวกันการหุงข้าวจะมีแผงโซล่าเซลล์มารับแสงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและใช้แบตเตอรี่เป็นตัวกับไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ในการหุงข้าว

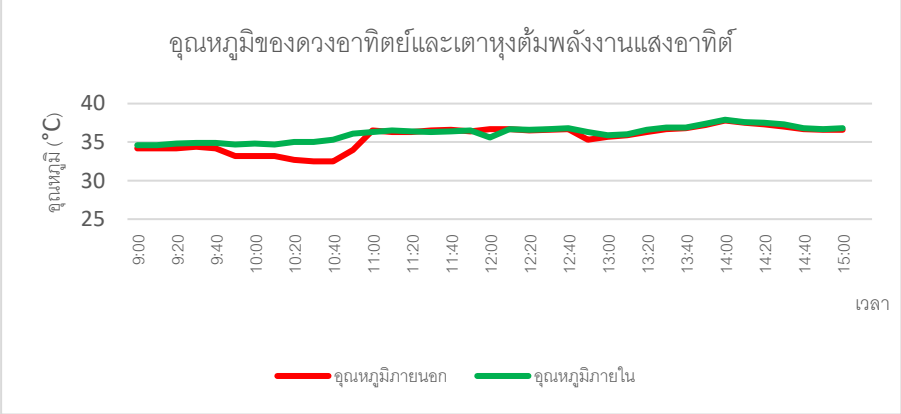
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการนำเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ไปทำการทดสอบทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.ทดสอบหาประสิทธิภาพ และ สมรรถนะด้านความร้อน อุณหภูมิของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบหาประสิทธิภาพและสมรถนะด้านความร้อนโดยหาค่าความร้อนจากดวงอาทิตย์และความร้อนจากอุณหภูมิ

ของภาชนะในการทดสอบเพื่อนำมาปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำวิจัย โดยใช้เวลาในทดสอบหาประสิทธิภาพ ดังนี้

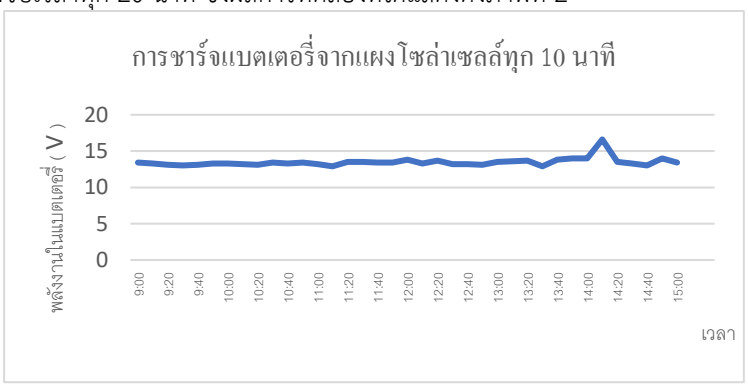


ภาพที่ 2 กราฟแสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิความร้อนของดวงอาทิตย์และอุณหภูมิภายในภาชนะ

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของอุณภูมิของดวงอาทิตย์และอุณหภูมิภายในภาชนะ อุณหภูมิสูงสุดของดวงอาทิตย์ 37.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในภาชนะ 37.9 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงจะอยู่ที่ 11:00 น. ถึง 14:30 น.

2.ทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จแบตเตอรี่

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการชาร์จไฟฟ้า โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 65 W และแบตเตอรี่ ขนาด 12V 35Ah โดยในการทดลองจับเวลาทุก 20 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 2

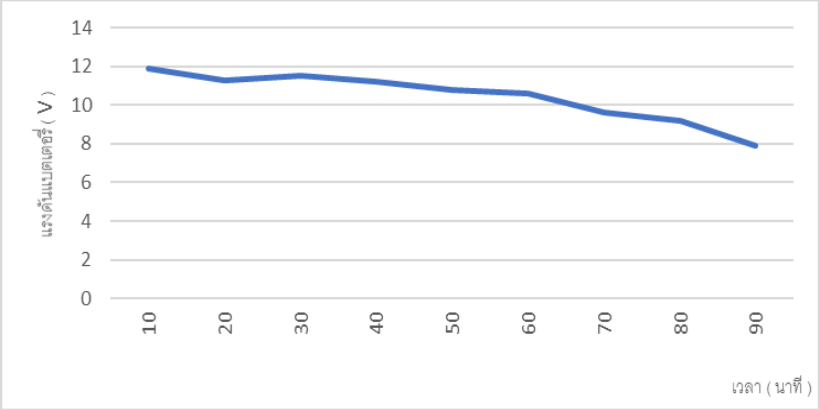


ภาพที่ 3 กราฟแสดงการชาร์ตแบตเตอรี่จากแผงโซล่าเซลล์

จากกราฟจะเห็นว่าเริ่มชาร์จแบตเตอรี่เวลา 9:00 น. จนถึงเวลา 15:00 น. โดยแรงดันที่เริ่มชาร์จอยู่ที่ 12.9 V แรงดันจะเพิ่มขึ้นจนถึง 16.6 V ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้ารวม 13.40 V และแบตเตอรี่เต็มที่เวลา 15:00 น. ซึ่งใช้เวลาในการชาร์จ 7 ชั่งโมง

3.ทดสอบประสิทธิภาพการใช้แบตเตอรี่

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 35Ah โดยการทดลองหุงข้าวด้วยหม้อขนาด 300 W โดยจับเวลาในการหุงข้าวทุก 10 นาที ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการทดสอบการใช้งานแบตเตอรี่

จากกราฟจะเห็นได้ว่าการใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 12V 35Ah 1 ก้อน เฉลี่ยใช้ได้สูงสุดวันละ 3 ครั้ง ต่อ 1 วัน ในการหุงข้าวแต่ละ 1 ครั้ง จะใช้เวลาเฉลี่ยสูงสุดแล้ว 20 นาที

4.ทดสอบประสิทธิภาพเตาหุงต้อมพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์ในการทดสอบนี้เป็นการนำเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์ โดยจะแบ่งเป็น 3 ชนิด เช่น ทอด ต้ม และ หุงข้าว

ตารางที่ 1 แสดงตารางรูปภาพเปรียบเทียบการทดสอบทั้ง 3 ชนิด

ชนิด	9:00 น.	9:10 น.	9:20 น.
ทอด			
ต้ม			
หุงข้าว			

จากการทอดนั้น ไข่ที่ทอดอุณหภูมิจะอยู่ที่ 34 ถึง 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของจุดรวมแสงนั้นก็สามารถทำให้กระทะร้อนและปรุงอาหารได้ การทอดไข่ต้องใช้เวลา 20 ถึง 30 นาทีขึ้นไป ไข่มีความสุกในระดับหนึ่งสามารถรับประทานได้ตามความต้องการของผู้ใช้

TREC-14

จากการต้ม มาม่าที่ต้มจะใช้มาม่าหนึ่งซองในการทดลองและใส่น้ำให้ท่วมมาม่า อุณหภูมิจะอยู่ที่ 34 ถึง 35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาให้มาม่าสุข 20 ถึง 30 นาทีขึ้นไป มาม่าสุขและไม่อืดสามารถปรุงและรับประทานได้ตามความต้องการของผู้ใช้

จากการหุงข้าวนั้น ข้าวที่หุงโดยกระแสไฟที่ใช้จากแบตเตอรี่สามารถจ่ายไฟได้มีประสิทธิภาพแต่อยู่ที่ปริมาณการหุงของข้าว ถ้าข้าวน้อยจะทำให้สุขไวกว่าการหุงข้าวเยอะ โดยการทดลองนี้ได้ใช้หม้อข้าวขนาด 0.3 ลิตร ในการหุงข้าวต้องใช้เวลา 25 ถึง 30 นาทีขึ้นไป ข้าวที่หุงมีความสุกสามารถรับประทานได้ตามความต้องการของผู้ใช้

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบการทำงานของเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซล่าเซลล์นั้นพบว่าการทดสอบการสะท้อนแสงของกระจกสแตนเลสมีประสิทธิภาพและผลออกมาได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และ การทำงานของระบบแผงโซล่าเซลล์กับแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถทำให้การหุงข้าวสุขและรับประทานได้ โดยเวลาที่เหมาะสมในการทำอาหารคือช่วง 9:30 น. ถึง 15:00 น. ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 34 ถึง 38 องศาเซลเซียส ทำให้มีประสิทธิภาพในการประกอบอาหารตามความต้องการของผู้ใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ เกตุจ้อย .(2553). สมรรถนะกลางแจ้งของแผลเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนอสัณฐานภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้น ระยะที่2.รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร. จังหวัดพิษณุโลก

[2] ปัทมา วงศ์สีดาและคณะ .(2560). การสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวที่ใช้ภายในของอาคาร. รายงานวิจัยมาหาวิทยาลับขอนแก่น.จังหวัดขอนแก่น

[3] วิชิต มาลาเวช .(2556). ชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. จังหวัดสงขลา

[4] อชิต อุยยามาฐิติ .(2560). การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาเซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.กรุงเทพมหานคร

[5] อังสนา พจน์ศิริ .(2559). การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. ที่ติดตั้ง บนหลัง คา ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก.รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยบูรพา.จังหวัดชลบุรี

TREC-IA (MJU)

การใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

To Use the Solar Hot Water System Combine with Solar Drying System

ปองพล รักการงาน[1*] กังสดาล สกุลพงษ์มาลี[2] และชลีดล อินยาศรี[2]
Pongphol Rakkanrane[1*] Kangsadan Sagulpongmalee[2] and Chaleedol Inyasri [2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

Abstract

This research aimed has designed and built a solar drying system by using heat from a solar hot water production system together with a solar energy drying system. The heat exchanger was designed for the drying system with a width of 1 m and a length of 1 m. The heat exchanger was designed with a heat exchanger area of size 1.267 in diameter and fitted with circular fins, 39 mm in diameter, using hot water from the solar water heating system as a power source. Have capacity 150 L packaging drying system, the dried product is 1.2 kg of fresh sugar. The experiment was conducted during 6.00-18.00 hr.

The heat from the dried with a non-thermal solar drying system from the solar water heating system with the amount of heat and the efficiency of the system. The maximum moisture content was 0.459 kW and 49.21% respectively. The wet standard moisture content started at 92.45% until the final moisture content was 38.3896% from 1.2 kg weight decreased to 0.53 kg and the solar hot water generating system had the highest heat and system efficiency of 4.012kW and 57.13% respectively. The wet standard humidification starts at 92.45% until the final humidity is 20.83% from weight 1.2 kg to 0.21 kg with the same initial weight and humidity. The value of the sugar cured by the auxiliary heat solar radiation drying system from the solar hot water production system was 7.92% lower than that of the auxiliary non-heat solar drying system by 17.55% and 0.32 kg, respectively.

Keywords: solar radiation drying system/ solar hot water generation system/ heat exchanger

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พื้นที่ขนาด กว้าง 1 m ยาว 1 m ได้ออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้กับระบบอบแห้งโดยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 1.267 in และติดครีบรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39 mm ใช้น้ำร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้กับระบบอบแห้งมีความจุ 150 L ผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นผลตาลสดปริมาณ 1.2 kg ได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 6:00 – 18:00 น.

จากการทดสอบพบว่าการอบด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีปริมาณความร้อนและประสิทธิภาพของระบบสูงสุดเท่ากับ 0.459 kW และ 49.21% ตามลำดับ ค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 92.45% จนเหลือความชื้นสุดท้าย 38.38% จากน้ำหนัก 1.2 kg ลดลงเหลือ 0.53 kg และการอบแห้งผลตาลด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีปริมาณความร้อน

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การศึกษาอัตราความเหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวในจังหวัดกำแพงเพชร
The Study of the Appropriateness rate of Green fuel inside Kamphaeng Phet

นิวดี คลังสีดา[1] ภาณุวัฒน์ ปานศรี[2*] ศรัณย์ บุณส่ง[3] และเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงค์[4]
Nivadee Klungsida[1] Phanuwat Pansri[2*] Sarun Boonsong[3] andSaowalak Yodwinyuwong[4]

[1,2,3,4]สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

This research has a purpose to study the suitability rate of green fuel in Kamphaeng Phet Province from water hyacinth by burning to determine the efficiency of green fuel from grass clippings and green water hyacinth weed. There are 5 ingredients that used for the study; water hyacinth with roots, water hyacinth without roots, tapioca starch, sugarcane leaves, and water. According to the ratio of ingredients, there are 9 formulas can be mixed as follows: 1. water hyacinth without root 80 g. tapioca starch 20 g 2. water hyacinth without root 75 g. water hyacinth with root 5 g. tapioca starch 20 g. 3. water hyacinth without root 75 g sugarcane leaf 5 g. tapioca starch 20 g 4. water hyacinth with root 75 g water hyacinth without 2.5 g sugarcane leaf 2.5 g tapioca starch 20 g 5. water hyacinth without root 70 g sugarcane leaves 10 g tapioca starch 20 g 6.water hyacinth without roots 70 g. sugarcane leaves 10 g. tapioca starch 20 g 7. water hyacinth without roots 70 g. water hyacinth with roots 5 g. tapioca starch 20 g 8. water hyacinth without roots 70 g. Sugarcane leaves 5 g. Tapioca starch 20 g. 9. water hyacinth without roots 70 g. water hyacinth with roots 2.5 g. sugarcane leaves 2.5 g. tapioca starch 20 g). From the results of testing to determine the efficiency of using green fuel to boil water, the green fuel from 9 formulas; 100 grams. per 1 formula; transfer the heat energy to 200 ml of water and provide the different heat values. It was found that the use of green fuel, 1st formula, after ingot can be formed into a full lump with a complete hole in the middle, not broken. After drying the green fuel stick, it was found that the green fuel rod remained intact. The highest energy value is 22,680 J, the average physical heat is 22.68 KJ, and the lowest humidity is 26%. It took the longest burning time averaged 33 minutes. The water can be boiled twice and the final temperature was 52 degrees Celsius. Followed by the 5th formula, after the extrusion can be formed into a full lump with a hole in the middle completely unbreakable. After drying the green fuel stick, it was found that the green fuel rod remained intact. The energy value is 21,000 J, the average physical heat is 21.00 KJ and the humidity is 35%. It took the burning time average at 29 minutes, the water can be boil twice and the final temperature is 49 degrees Celsius. According to the formula with the lowest energy value, 8th formula, it can be formed into lumps after extrusion. There is a hole in the middle but there are some crack showed around the hole. After drying the green fuel stick, the green fuel rod was found to be cracked but can be used. The energy value of 8th formula is 15,120 J, the average physical heat is 15.12 KJ, and the humidity is 38%. took the burning time average at 20 minutes. It can boil once and the final temperature is 43 degrees Celsius.

Keyworrds : Suitability Stuby,Green Fule, Kamphaeng Phet Province

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราความเหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวในจังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการเผาเพื่อหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวจากเศษหญ้า และ วัชพืชผักตบชวาสีเขียว ประกอบด้วยส่วนผสม 5 อย่างคือ ผักตบชวามี

TREC-14 (NU)

ราก ผักตบชวาไม่มีราก แป้งมันสำปะหลัง ใบอ้อย น้ำ ทั้งหมด 9 สูตร ตามอัตราส่วนผสม (ดังนี้ 1.ผักตบชวาไม่มีราก 80 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 2. ผักตบชวาไม่มีราก 75 กรัม ผักตบชวามีราก 5 กรัม แป้งมัน 2o กรัม 3. ผักตบชวาไม่มีราก 75 กรัม ใบอ้อย 5 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 4. ผักตบชวาไม่มีราก 75 กรัม ผักตบชวามีราก 2.5 กรัม ใบอ้อย 2.5 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 5. ผักตบชวาไม่มีราก 70 กรัม ใบอ้อย 10 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 6. ผักตบชวาไม่มีราก 70 กรัม ใบอ้อย 10 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 7. ผักตบชวาไม่มีราก 70 กรัม ผักตบชววามีราก 5 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 8. ผักตบชวาไม่มีราก 70 กรัม ใบอ้อย 5 กรัม แป้งมัน 20 กรัม 9. ผักตบชวาไม่มีราก 70 กรัม ผักตบชวามีราก 2.5 กรัม ใบอ้อย 2.5 กรัม แป้งมัน 20 กรัม) จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเขียวในการต้มน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิงเขียวสูตรละ 100 กรัม ทั้ง 9 สูตร ถ่ายทอดพลังงานความร้อนให้น้ำ 200ml พบว่าการใช้เชื้อเพลิงเขียว สูตรที่ 1 หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ ได้ค่าพลังงานสูงที่สุด 22,680 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 22.68 KJ และ มีค่าความชื้นน้อยที่สุด 26% ใช้เวลาเผาไหม้นานที่สุด มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 33 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้ายได้ 52 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ สูตรที่ 5 หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ ได้ค่าพลังงาน 21,000 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 21.00 KJ และ มีค่าความชื้น 35% ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 29 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้าย 49 องศาเซลเซียส และ สูตรที่มีค่าพลังงานน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 8 หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางเห็นรอยแตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีรอยแตก ยังสามารถคงสามารถใช้งานได้อยู่ ได้ค่าพลังงานคือ 15,120 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 15.12 KJ และ มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 38% ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 20 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 1 ครั้ง เท่ากัน อุณหภูมิสุดท้าย 43 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : การศึกษาอัตราความเหมาะสม , เชื้อเพลิงเขียว , ในจังหวัดกำแพงเพชร

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนทางด้นพลังงาน และปัญหาราคาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ปรับตัวสูงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการลดปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปหรือพลังงานสิ้นเปลืองได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยชะลอปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้น ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และ ชีวมวล เชื้อเพลิงเขียว เป็นต้น เชื้อเพลิงเขียวเป็นแหล่งพลังงานความร้อนอีกแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยม ในปัจจุบันเชื้อเพลิงเขียวสามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติ และสนองนโยบายการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสามารถผลิตจากวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเช่นเชื้อเพลิงเขียวจากหญ้าเนเปียร์ เชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าว เชื้อเพลิงเขียวจากซังข้าวโพดซึ่งเชื้อเพลิงเขียวได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากให้พลังงานได้เทียบเท่ากับถ่านไม้ทั่วไปและประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าถ่านทั่วไป คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวา เพื่อปัญหามลพิษ น้ำเน่าเสีย ลดการใช้ถ่านไม้และก๊าซธรรมชาติรวมทั้งยังเป็นการช่วยลดโลกร้อนจากการเผา เช่น (กานต์ วิรุณพันธ์, 2560) การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม (นฤมล ภานุนำภา, 2553) งานวิจัยและทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุทางการเกษตร (สุมินทร์ญา ทีทา, 2557) การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากผักตบชวาผสมเปลือกมังคุด (ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ, 2559) การนำวัสดุชีวมวลมาทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวเป็นแนวทางหนึ่งในการกำจัดของเหลือทิ้ง (กิตติกร สาสุจิตต์, 2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แก่ซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด

จากการลงพื้นที่ หมู่บ้านคลองพัฒนา ตำบลท่ามะเขือ อำเภอคลองขลุง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ามีปัญหาผักตบชวาเต็มคลองทำน้ำเน่าเสียขวางทางน้ำ การทำเกษตร คณะผู้วิจัยจึงมีการการศึกษาอัตราความเหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวโดยนำผักตบชวามาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงเขียว มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเชื้อเพลิงจากเศษหญ้าและวัชพืชสีเขียว เพื่อเพิ่มรายได้และลดค่าใช้จ่ายในการใช้ถ่านไม้ทั่วไม้ และ ก๊าซหุงต้ม

วิธีการวิจัย

TREC-14 (Vol.)

1. ศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวจากผลการทดลองแต่ละสูตร
3. ทดลองอัดเชื้อเพลิงแต่สูตรเพื่อหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวา
4. ทดสอบหาประสิทธิภาพนำสูตรที่เลือกมาทดลองเก็บข้อมูลเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาโดยการเผาหาค่าความร้อน
5. วิเคราะห์ข้อมูลสรุปผล แสดงอัตราส่วนผสมทั้ง 9 สูตรสามารถอัดออกมาเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวได้โดย มีลักษณะเป็นแท่งขนาด 8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

ก) ผักตบชวาไม่มีราก 80g แป้งมัน

ข) ผักตบชวาไม่มีราก 75g ผักตบ 20g ชวามีราก 5g แป้งมัน 2og

ค) ผักตบไม่มีราก 75g ใบอ้อย 5g แป้งมัน 20g

ง) ผักตบชวาไม่มีราก 75g ผักตบชวามีราก 2.5g ใบอ้อย 2.5g แป้งมัน20g

จ) ผักตบชวาไม่มีราก 70g ผักตบชวามีราก 10g แป้งมัน 20g ใบอ้อย 10g แป้งมัน 20g

ฉ) ผักตบชวาไม่มีราก 70g

ช) ผักตบชวาไม่มีราก 70g ผักตบชวามีราก 5g แป้งมัน 20g

ณ) ผักตบชวาไม่มีราก 70g ใบอ้อย 5g แป้งมัน 20g

ญ) ผักตบชวาไม่มีราก 70g ผักตบชวามีราก 2.5g ใบอ้อย 2.5 แป้งมัน 20g

ภาพที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมทั้ง 9 สูตร

อัตราส่วนผสมสูตรที่ 1 ผักตบชวาไม่มีราก 80g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ สูตรที่ 2 ผักตบชวาไม่มีราก 75 g ผักตบชวามีราก 5g แป้งมัน 2og หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่ง

เชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ สูตรที่ 3 ผักตบชวาไม่มีราก 75g ใบอ้อย 5g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีรอยแตกบางส่วน ยังสามารถคงรูปได้อยู่ สูตรที่ 4 ผักตบชวาไม่มีราก 75g ผักตบชวามีราก 2.5g ใบอ้อย 2.5g แป้งมัน20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อนเต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีรอยแตกบางส่วน ยังสามารถคงรูปได้อยู่ สูตรที่ 5 ผักตบชวาไม่มีราก 70g ใบอ้อย 10g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ สูตรที่ 6 ผักตบชวาไม่มีราก 70g ใบอ้อย 10g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวยังคงรูปอยู่ สูตรที่ 7 ผักตบชวาไม่มีราก 70g ผักตบชวามีราก 5g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางไม่แตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีรอยแตกบางส่วน ยังสามารถคงรูปได้อยู่ สูตรที่ 8 ผักตบชวาไม่มีราก 70g ใบอ้อย 5g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางเห็นรอยแตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีรอยแตก ยังสามารถคงสามารถใช้งานได้อยู่ สูตรที่ 9 ผักตบชวาไม่มีราก 70g ผักตบชวามีราก 2.5g ใบอ้อย 2.5g แป้งมัน 20g หลังทำการอัดแท่งสามารถขึ้นรูปได้เป็นก้อน เต็มมีรูตรงกลางเห็นรอยแตกหัก หลังตากแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่าตัวแท่งเชื้อเพลิงเขียว มีรอยแตก ยังสามารถใช้งานได้อยู่

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการเปรียบเทียบเวลาการใช้เชื้อเพลิงเขียว ปริมาณครั้งละ 100 กรัม ถ่ายทอดพลังงานความร้อนให้น้ำ 200ml ทำการทดสอบทั้ง 9 สูตร ดังนี้

1. ทดสอบประสิทธิภาพโดยหาค่าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงเขียว ปริมาณครั้งละ 100 กรัม ถ่ายทอดพลังงานความร้อนให้น้ำ 200 มิลลิลิตร

ภาพที่ 2 ทดสอบหาประสิทธิภาพการต้มน้ำผลการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนด้วยการต้มน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบ ทั้ง 9 สูตร ของเชื้อเพลิงเขียวจากผับตบชวา

สูตรที่	อัตราส่วนผสม (100%)					ค่าความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพ	ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน		
	ผักตบชวาไม่มีราก (g)	ผักตบชวามีราก (g)	ใบอ้อย (g)	แป้งมันสำปะหลัง (g)	น้ำเปล่า (ml)	(KJ)	จำนวนครั้งน้ำเดือด	อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย	ระยะเวลา (นาที)
1	80	-	-	20	200	22.68	2	73	33
2	75	5	-	20	200	21.00	2	75	27

TREM 14 (MJU)

3	75	-	5	20	200	16.80	1	80	25
4	75	2.5	2.5	20	200	16.80	1	80	21
5	70	10	-	20	200	21.00	2	76	29
6	70	-	10	20	200	20.16	1	75	25
7	70	5	-	20	200	18.48	2	78	25
8	70	-	5	20	200	15.12	1	82	24
9	70	2.5	2.5	20	200	15.12	1	82	20

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเขียวในการต้มน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิงเขียวสูตรละ 100 กรัม ทั้ง 9 สูตร ถ่ายทอดพลังงานความร้อนให้น้ำ 200ml พบว่าการใช้เชื้อเพลิงเขียว สูตรที่ 1 ได้ค่าพลังงานสูงที่สุด 22,680 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 22.68 KJ และใช้เวลาเผาไหม้นานที่สุด มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 33 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้ายได้ 52 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ สูตรที่ 5 ได้ค่าพลังงาน 21,000 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 21.00 KJ ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 29 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้าย 49 องศาเซลเซียส และสูตรที่มีค่าพลังงานน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 8 ได้ค่าพลังงานคือ 15,120 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ15.12 KJ ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 20 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 1 ครั้ง เท่ากัน อุณหภูมิสุดท้าย 43 องศาเซลเซียส

สูตรการคำนวณค่าความร้อนเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเขียวในการต้มน้ำ

$$Q = MC\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ **Q** คือ ปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไปมีหน่อยเป็นจูน ***(J)***

M คือ มวลของน้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (**g**) เปลี่ยนมวลของน้ำ ml เป็น g 200g

C คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีหน่อยเป็นจูนต่อกรัม 4.2 (J/g)

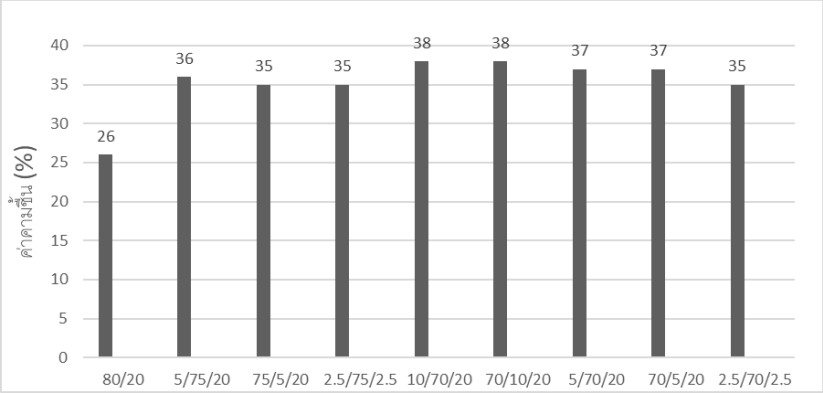
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (**°C**) (100°C - 73°C) = 27°C

$$Q = MC\Delta T$$
$$Q = 200 \times 4.2 \times (100 - 73)$$
$$Q = 200 \times 27$$
$$Q = 22{,}680 \text{ (J)}$$

2. ทดสอบประสิทธิภาพหาค่าความชื้นนำเชื้อเพลิงเขียวที่ต้องการหาความชื้นมาทำการชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลเริ่มต้นจากนั้นนำเชื้อเพลิงเขียวจากผับตบชวาที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาอบในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไล่ความชื้นที่มีอุณหภูมิ 300 – 350 องศา โดยใช้เวลาอบ 2 – 3 วัน และบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุแห้งแล้วนำมาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวา

$$\text{เปอร์เซ็นค่าความชื้น (มาตรฐานเปียก)} = \frac{\text{(มวลวัตถุเริ่มต้น – มวลวัตถุแห้ง)}\times 100}{\text{มวลวัตถุเริ่มต้น}}$$

TREC-14 (MUD)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการทดสอบหาความชื้นเชื้อเพลิงเขียวแบบแผนภูมิ

จากกราฟผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเขียวในการต้มน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิงเขียวสูตรละ 100 กรัม ทั้ง 9 สูตร ถ่ายทอดพลังงานความร้อนให้น้ำ 200ml พบว่าการใช้เชื้อเพลิงเขียว สูตรที่ 1 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด 26% และใช้เวลาเผาไหม้นานที่สุด มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 33 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้ายได้ 52 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีค่าความชื้น 35% ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 29 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้าย 49 องศาเซลเซียส และ สูตรที่มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ สูตรที่ 6 มีค่าความชื้นคือ 38% ใช้เวลาเผาไหม้ มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 25 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 1 ครั้ง เท่ากัน อุณหภูมิสุดท้าย 49 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบหาค่าความร้อน ค่าความชื้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยและผลการทดสอบค่าความร้อน ผลการหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวพบว่า พบว่าการใช้เชื้อเพลิงเขียว สูตรที่ 1 คือผักตบชวาไม่มีราก 80 กรัม และ แป้งมันสำปะหลัง 20 กรัม 200 มิลลิลิตร ได้ค่าพลังงานสูงที่สุด 22,680 J มีความร้อนเฉลี่ยทางกายภาพคือ 22.68 KJ และ มีค่าความชื้นน้อยที่สุด 26% ใช้เวลาเผาไหม้นานที่สุด มีระยะเวลาในการต้มน้ำ 33 นาที สามารถต้มน้ำเดือดได้ 2 ครั้ง อุณหภูมิสุดท้ายได้ 52 องศาเซลเซียส สามารถทนแทนก๊าซหุงต้มได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ส่งผลให้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบรณ์ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กานต์ วิรุณพันธ์. (2560). **การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม.** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

[2] นฤมล ภานุนำภา. (2553). **งานวิจัยและทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุทางการเกษตร.** รายงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้

[3] สุมินทร์ญา ทีทา. (2557). **การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากผักตบชวาผสมเปลือกมังคุด.** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[4] ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ. (2559). **การนำวัสดุชีวมวลมาทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวเป็นแนวทางหนึ่งในการกำจัดของเหลือทิ้ง.** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[5] กิตติกร สาสุจิตต์. (2558). **งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แก่ซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด.** รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ

การวิเคราะห์ผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานกังหันลมโซล่าเซลล์ลอยน้ำขนาด15กิโลวัตต์

Analysis of the hybrid power generation of 15 kW floating solar cell and wind turbine

สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์[1] วิรชัย โรยนรินทร์[2] บุญยัง ปลั่งกลาง[3] และ สุเทพ สีมาลา[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

[2] ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

[3] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

Abstract

This paper presents the analysis of the hybrid power generation of 10 kW wind machine with 5 kw, floating solar cell. This hybrid system was installed at Nang Pim Market, Suphan- Buri province for the purposed of reduce electricity bill. This paper show the design process from the first stage of using software to analyst the power density of sun energy using PV- sys and wind energy using HOMEER software. Therefore, the comparison between real production and software can be compared. The hybrid system shown the result that wind and solar float can generate electricity to the grid was about 118 Kwh/day. There is a difference of 10% comparing between real production and simulation from software. It can be concluded that the simulation and real electric production can be validated. Additionally, the hybrid system can produces energy more stable to the grid better than the single technology.

Keywords: wind energy, floating solar cell, hybrid system

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบผลิตและติดตั้งการทำงานจริงของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโซล่าเซลล์ลอยน้ำ โดยกังหันลมที่ออกแบบมาใช้งานเป็นกังหันลมทำงานที่ความเร็วลมต่ำชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งขนาดกำลังการผลิตสูงสุด 10 กิโลวัตต์ ร่วมกันกับระบบผลิตไฟฟ้าชนิดทุ่นลอยน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ ซึ่งทำการติดตั้งในการใช้งานจริงที่พื้นที่ตลาดนางพิม จังหวัด สุพรรณบุรีเพื่อลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในตลาดดังกล่าว โดยในบาความนี้จะแสดงให้เห็นกระบวนการตั้งแต่มีการออกแบบและวิเคราะพลังงานที่ได้จากการวัดพลังงานลมและแสงอาทิตย์ เพื่อทำการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเบื้องต้นและทำการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากโปรแกรม PVsyst - Simulation ในการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ และใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์พลังงานลมโดยใช้โปรแกรม HOMMER จากนั้นนำผลการผลิตไฟฟ้าจริงที่ระบบยผลิตได้นำมาเทียบกับการผลิตไฟฟ้า จากผลการติดตั้งใช้งานพบว่าในช่วงเวลาที่มีการติดตั้งและทดสอบระบบมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์คิดเป็นจำนวน 118หน่วยไฟฟ้าต่อวันและเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมและการคำนวณพบว่าว่ามีความแตกต่างกัน 10% จะเห็นได้ว่าการผลิตไฟฟ้าแบบระบบผสมผสานกังหันลมและโซล่าเซลล์ลอยน้ำทำให้การผลิตไฟฟ้าเข้าระบบสายส่งมีความต่อเนื่องมากกว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเดียว และตอบสนองการใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย

คำสำคัญ: พลังงานลม, โซล่าเซลล์ลอยน้ำ, ระบบผสมผสาน

บทนำ

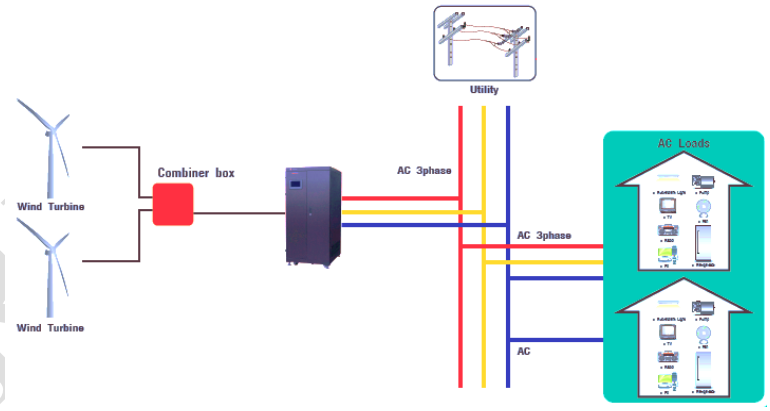
การเติบโตของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น การผลิตไฟฟ้าฟ้าจากแหล่งพลังงานปัจจุบันส่วนใหญ่ก่อให้เกิดมลพิษทั้งในแง่ก๊าซเรือนกระจก และฝุ่น PM 2.5 ที่ก่อให้เกิดปัญหาในปัจจุบัน ดังนั้นในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนเช่นพลังงานลมและแสงอาทิตย์ เพื่อลดมลพิษที่เป็นสาเหตุหนึ่งของสภาวะโลกร้อน เป็นพลังงาน

TREC-14 (MJU)

ทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นตัวอย่างของชุมชนสีเขียวให้กับประเทศ และเป็นต้นแบบในการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป ที่ผ่านมาทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี ต้องมีค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าสาธารณะและในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นจำนวนมากในแต่ละปี และบางครั้งงบประมาณไม่เพียงพอ ทำให้ต้องมีการปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อประชาชนที่มาใช้พื้นที่ในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพและการบำบัดน้ำเสียอาจทำได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นเทคนิคการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ร่วมกับพลังงานลม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง และเป็นตัวอย่างการใช้พลังงานหมุนเวียนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นตัวอย่างของชุมชนสีเขียวให้กับประเทศและเป็นต้นแบบการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป ในงานวิจัยนี้จะนำพลังงานหมุนเวียน ได้แก่พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม มาทำงานแบบผสมผสานเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยทำการต่อยอดจากโครงการ ต้นแบบโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน:ต้นแบบประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อชุมชนสีเขียวโดยการนำเทคโนโลยีดังกล่าว มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ ของตลาดน้ำคูเมืองโบราณสุพรรณบุรี ต.รั้วใหญ่ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี และไฟฟ้าสำหรับบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนรอบ ๆ ตลาดน้ำคูเมืองโบราณสุพรรณบุรี

ระบบการทำงานของกังหันลม

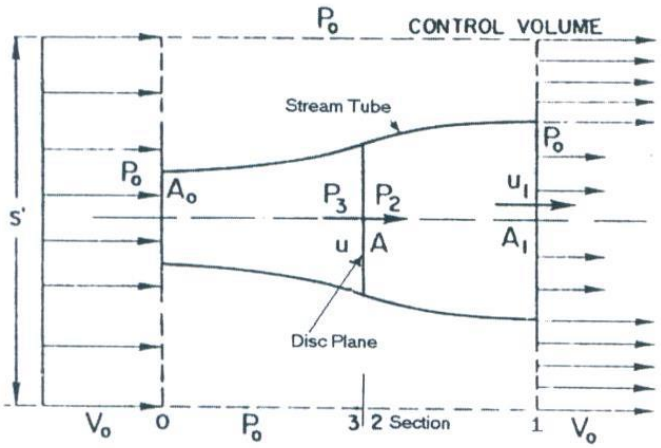
ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม จะมีขนาดพิกัด 10 กิโลวัตต์(สูงสุด) จำนวน 1 ชุด โดยการทำงานของกังหันลมจะมีการทำงานที่อาศัยแรงลมในขณะนั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อกังหันได้รับลมเข้ามาถึงจุด ๆ หนึ่ง ที่เป็นแรงลมที่ใบกังหันสามารถเริ่มหมุนได้ โดยความเร็วอยู่ที่ประมาณ 2.5 เมตรต่อวินาที ใบกังหันก็จะเริ่มหมุนจนเมื่อถึงระดับแรงลมที่เพิ่มมากขึ้นจนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมสามารถผลิแรงดันไฟฟ้าออกมาได้ถึงระดับที่ทำงานได้ โดยกังหันลมดังกล่าวจะยังคงหมุนอย่างต่อเนื่อง และตรงกับทิศทางลมด้วยการบังคับของหางกังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะส่งแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเข้าสู่ชุดควบคุมการทำงานของกังหันลม และแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และส่งต่อเข้าสู่ Grid Connected Inverter เพื่อแปลงแรงดันกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และทำการเชื่อมต่อฟ้าที่ผลิตได้ เข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลักของการไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 4 สาย 380 โวลต์ ซึ่งในที่นี้จะเป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเครื่องเดียวกันกับที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม แบบเชื่อมต่อเข้าสู่สายส่ง

ทฤษฎีในการออกแบบกังหันลมโดยใช้หลัก Momentum Theory

ในการศึกษาพลังงานจากลมนั้นสูตรการคานวณที่จาเป็นต้องใช้โดยทั่ว ๆ ไป ในการนามาคานวณหาประสิทธิภาพของกังหันลม โดยใช้ทฤษฎีของหลักการที่เรียกว่า Momentum Theory โดยศึกษารายละเอียดของการวิเคราะห์ตามหลักการได้จากภาพที่ 2 ซึ่งในการอกแบบใบกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้นใบกังหันลมผลิตไฟฟ้าย่อมมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการคัดเลือกขนาดต่างที่เหมาะสมต่อการทางานของทั้งระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งหากการออกแบบมีความผิดพลาด สูงก็ย่อมทาให้การทางานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าผิดพลาดและอาจเกิดการเสียหายตามมาได้



ภาพที่ 2 แสดงหลักการของทฤษฎี Momentum theory[3]

จากทฤษฎีของ Betz เสนอแนวทางการหาค่าสูงสุดของการผลิตกำลังงานจากกระแสลมโดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ ของความเร็วลม V1 และ V3 โดยกำหนดให้ V3 = d.V1 แทนค่าลงในสมการที่ 1

$$P = \frac{1}{2}\cdot\rho A\left\{\frac{1}{2}\cdot(V_1+dV_1)\right\}\left(V_1^2-d^2V_1^2\right) \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{4}\cdot\rho AV_1^3\left(1+d\right)\left(1-d^3\right) \quad (2)$$

ค่า P มีค่าสูงสุดเมื่อ $\frac{\partial P}{\partial d}=0$ และ ณ จุดนี้พบว่า $d=\frac{1}{3}$

ดังนั้น

$$P_{\max} = \frac{1}{4}\cdot\rho AV_1^3\left(1+\frac{1}{3}\right)\left(1-\frac{1}{9}\right) \quad (3)$$

หรือ

$$= \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{16}{27}\right)\cdot\rho AV_1^3 \quad (4)$$

ซึ่งค่า $c_{P_{\max}}=\frac{16}{27}$ = 0.5926 ก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุดซึ่ง เรียกว่า Betz Coefficient นั่นคือถ้าลมให้พลังงานมา 100% กังหันที่ดีที่สุดจะทำการ เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานทางกลได้สูงสุดไม่เกิน59.26 %เนื่องด้วยปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่ทำให้เกิดการสูญเสีย พลังงานไปประสิทธิภาพของกังหันลมชนิดต่าง ๆ ว่าไม่มีกังหันลมชนิดใดที่สามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพได้ถึง 45% ด้วยซ้ำไปแต่อย่างไรก็ตามถ้าเราสามารถออกแบบชุดกังหันลมให้มีประสิทธิภาพรวมได้ถึง 30-35 % ก็ถือว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างสูงแล้ว เนื่องจากกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรที่ไม่ใช้การสันดาปเหมือนกับเครื่องยนต์ความร้อนทำให้ไฟฟ้าที่ได้จากังหันลมจะเป็นพลังงานที่สะอาดและจะไม่มีวันหมดไปเหมือนพลังงานจากเชื้อเพลิงสารไฮโดรคาร์บอนที่จำเป็นต้องใช้การเผาไหม้ในการได้งานมานั่นเอง

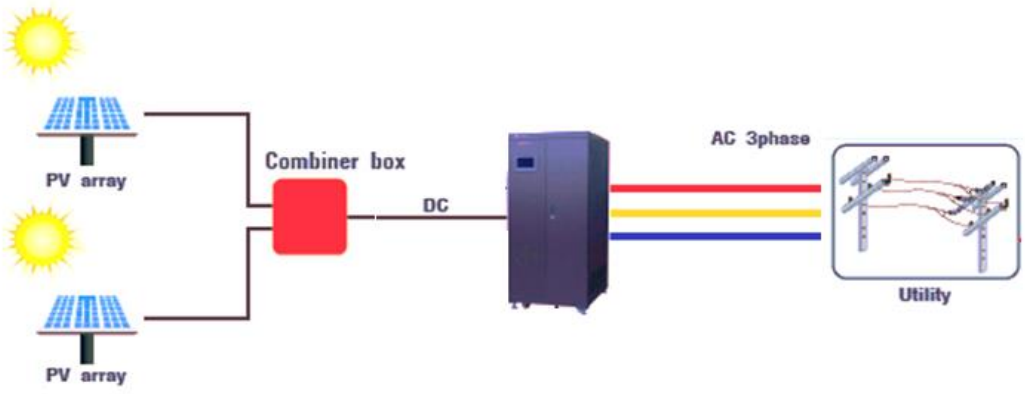
สมการของกำลังในการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมที่ได้คือ

$$Pw = \frac{1}{2}\rho AV^3Cp \quad (5)$$

TREC-14(MJU)

ทฤษฎีของระบบการทำงานของ Solar Cell

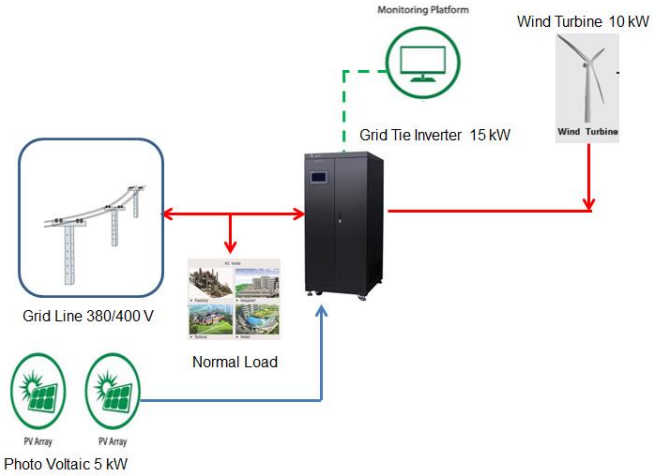
แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีกำลังการผลิตรวม 5 กิโลวัตต์ โดยจะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline และทำการเชื่อมต่อสายไฟเข้าด้วยกัน โดยมี JUNCTION BOX ทำหน้าที่รวมเอาแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นชุดเดียวกัน รวมถึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันและกระแส(ฟิวส์) จากนั้นก็จะส่งต่อแรงดันกระแสตรงที่ได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไปยังเครื่องแปลง(อินเวอร์เตอร์) เพื่อทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ เพื่อต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า โดยเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงส่งไปยังชุด MPPT Module ที่อยู่ภายในเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าจะถูกควบคุมอยู่ระหว่าง 400-800 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถทำงานได้ โดยจะดึงพลังงานจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดทำงานสูงสุดในเวลานั้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ มีแรงดันไฟฟ้า 3 Phase 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ และเชื่อมโยงกับระบบของการไฟฟ้าฯ ทั้งนี้การทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะต้องอาศัยไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้าฯ อยู่เสมอ ในกรณีที่ไฟฟ้าในระบบดับหรือขัดข้องหรือผิดปกติ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานทันที เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับระบบ และที่สำคัญก็เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่จากการไฟฟ้าฯ ซึ่งต้องปฏิบัติงานบำรุงรักษาและแก้ไขระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะมีคุณสมบัติและคุณภาพเหมือนไฟฟ้าในระบบ ผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายในตู้ควบคุม กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมิเตอร์นี้จะถูกนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหรืออาคาร ถ้าพลังงานไฟฟ้าถูกใช้น้อยกว่าที่ระบบผลิตได้ ส่วนที่เหลือใช้จะถูกส่งผ่านมิเตอร์ของการไฟฟ้าฯ ที่ติดอยู่กับเสาไฟฟ้า จานจะหมุนกลับทางเป็นการขายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 3 แสดงระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม แบบเชื่อมต่อเข้าสู่สายส่ง

ทฤษฎีหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบผสมผสาน

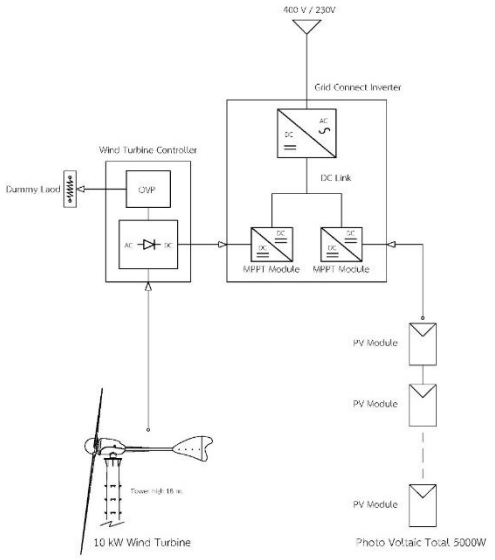
การทำงานของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือในเวลากลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีแดด เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ส่วนกังหันลมจะมีข้อจำกัดเรื่องของลม กล่าวคือเมื่อไม่มีลมก็จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ แต่กังหันลมจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งตอนกลางวันและกลางคืนตราบใดที่ยังมีลม เมื่อรวมเอาข้อจำกัดและข้อดีของแต่ละเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน จะทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีประสิทธิภาพและมีความต่อเนื่องของการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น ซึ่งในช่วงเวลาตอนกลางวันที่มีแสงแดดจะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยชั่วโมงในการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน และกังหันลมผลิตไฟฟ้า ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 แสดงระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าแบบผสมผสาน ระหว่างกังหันลมผลิตไฟฟ้าและเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 4 แสดงแผนผังและรูปแบบการทำงานแบบผสมผสานของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน ซึ่งประกอบด้วย 2 ระบบ คือ

1. ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำชนิดเชื่อมต่อสายส่งขนาด 5 กิโลวัตต์
2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์ ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง



10 kW Wind Turbine and 5 kW Solar Cell Hybrid System Diagram

ภาพที่ 5 แสดงระบบการทำงานของการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

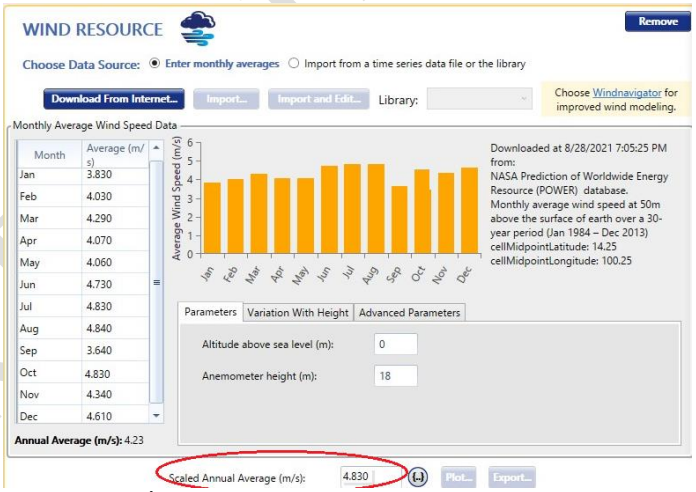
การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมผลิตไฟฟ้าและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่ง โดยใช้เครื่องแปลงกระแสฟ้าเครื่องเดียว โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้นจะมีหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรง DC เป็นกระแสสลับ AC เพื่อจ่ายเข้าสู้สายส่งของการไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 380/400 โวลต์

หลักการทำงานของระบบ ในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดและความเร็วลมที่ดี แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาเป็นกระแสตรงโดยมีแรงดันอยู่ที่ 400Vdc ถึง 800Vdc แล้วส่งพลังงานไปยังชุด MPPT Module ภายในเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Grid Connect Inverter) โดยชุด MPPT Module นี้จะทำการดึงพลังงานสูงสุดที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามช่วงแรงดันที่เกิดขึ้น แล้วจ่ายไปยังระบบ DC Link เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสสลับ เช่นเดียวกันกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า แต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าของกังหันลม (Generator) นั้นจะเป็นแบบกระแสสลับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทำการเปลี่ยนเป็นกระแสตรงโดยใช้ชุดควบคุมการทำงานของกังหันลม (Wind Turbine Controller) โดยชุด Wind Turbine Controller นี้ ยังทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าไปยังชุด Dummy Load ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จาก Generator มีค่าสูงเกินกว่า 10 กิโลวัตต์ (ความเร็วลมสูงมาก) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับกังหันลม กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากชุด Wind Turbine Controller จะเป็นแบบกระแสตรงและจ่ายไปยังระบบ DC Link เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสสลับ โดย DC Link จะทำหน้าที่รวมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากกังหันลมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำเพื่อเปลี่ยนเป็นกระแสสลับต่อไป

วิธีการวิจัย

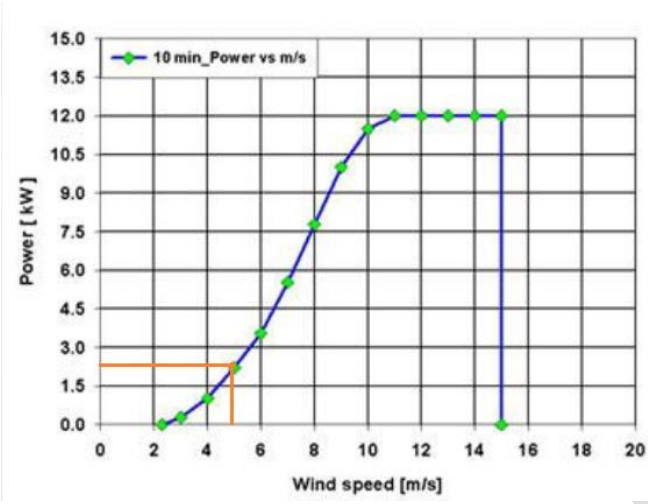
การวิจัยนี้ได้นำเอาพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งเป็นต้นแบบโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน โดยกังหันลมมีขนาดการผลิตสูงสุด 10 กิโลวัตต์ มาผสมผสานกับโซล่าเซลล์ลอยน้ำที่วางในคูเมืองขนาด 5 กิโลวัตต์ โดยติดตั้งจริงที่ตลาดน้ำนางพิม ต.รั้วใหญ่ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี เปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากโปรแกรม PVsyst - Simulation

ศักยภาพพลังงานลมในเบื้องต้นโดยการใช้โปรแกรม HOMMERได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ 4.83 เมตรต่อวินาที[2] ซึ่งสามารถใช้ลมในการทำงานผลิตไฟฟ้าได้เนื่องจากกังหันลมออกแบบมาให้ทำการเริ่มการทำงานที่ความเร็วลมไม่เกิน 2.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นการออกแบบให้ทำงานที่ความเร็วลมต่ำเหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าจากความเร็วลมในประเทศไทยและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ศักยภาพความเร็วลม ณ จุดดำเนินโครงการ

เมื่อนำเอาค่าความเร็วลมที่ได้มาเทียบกับ Power curve ของกังหันลมผลิตฟ้าขนาด 10 Kw ที่ความเร็วลม 4.83 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะให้ค่าพลังงานสูงสุดที่ประมาณ 2.65 กิโลวัตต์ ดังนั้นเมื่อทำการผลิตไฟฟ้าที่ภาวะทำงานปกติกังหันลมจะผลิตไฟฟ้าประมาณ 23,000 หน่วยไฟฟ้าต่อปี โดยเฉลี่ยประมาณเดือนละประมาณ 1500 หน่วยไฟฟ้าต่อเดือนหรือประมาณวันละ ประมาณ 65 หน่วยไฟฟ้าต่อวันในการทำงานปกติของกังหันลมที่ระบบและภาระทางไฟฟ้าสมดุลปกติป้อนพลังงานเข้าสู่สายส่งได้อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 10 ประสิทธิภาพของกังหันลมขนาด 10 กิโลวัตต์

ส่วนศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากโปรแกรม PVsyst - Simulation พบว่าสถานที่ติดจั้งจริงจะผลิตไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 7361 หน่วยไฟฟ้าต่อปี หรือประมาณวันละ 20 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน

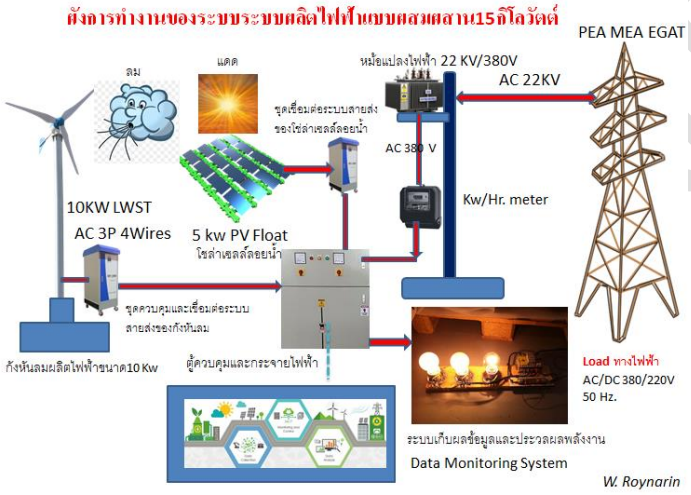
ตารางที่ 1 แสดงค่าพลังงานที่ผลิตได้จากโปรแกรม PVsyst - Simulation

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	131.8	59.88	24.77	150.3	142.6	0.662	0.641	0.812
February	133.0	77.28	26.93	143.8	136.5	0.631	0.611	0.810
March	161.5	89.02	29.36	166.4	158.0	0.720	0.698	0.799
April	175.4	87.06	30.88	173.2	164.4	0.744	0.681	0.749
May	168.9	84.99	31.00	159.0	150.0	0.682	0.660	0.791
June	157.3	81.73	29.93	145.7	137.4	0.629	0.608	0.795
July	153.0	77.66	29.47	143.0	135.0	0.618	0.597	0.795
August	139.5	85.28	28.92	135.0	127.6	0.586	0.552	0.780
September	136.0	75.87	27.91	138.0	130.6	0.601	0.581	0.802
October	132.3	79.91	27.89	140.0	132.9	0.613	0.565	0.768
November	118.5	71.91	26.48	129.7	123.1	0.572	0.553	0.812
December	126.1	69.07	24.99	142.9	135.7	0.633	0.613	0.817
Year	1733.3	939.66	28.21	1767.0	1673.9	7.691	7.361	0.793

ดังนั้นผลการวิเคราะห์ของระบบ Hybrid ของทั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากโซล่าเซลล์ลอยน้ำทำให้ได้การผลิตไฟฟ้าต่อวันรวมกันประมาณวันละ 90 -110หน่วยไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่งในสภาะการทำงานปกติของระบบผลิตพลังงานทดแทนแบบผสมผสานกังหันลมและโซล่าเซลล์ลอยน้ำ

ภาพที่ 11 การประกอบติดตั้งโซล่าเซลล์และทุ่น

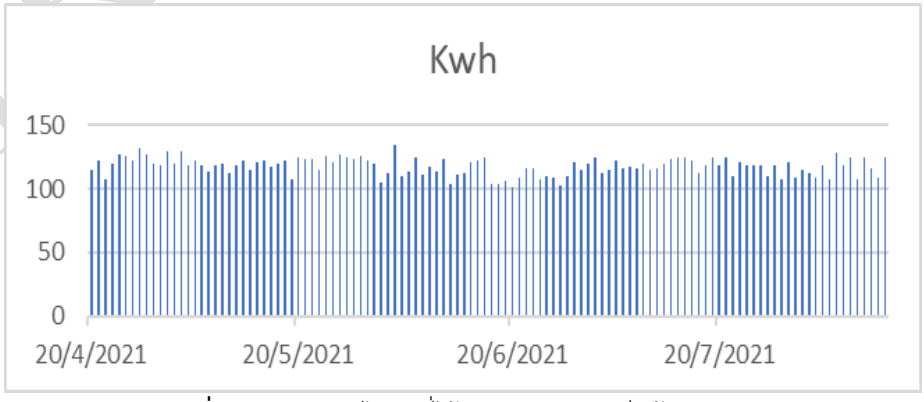
ภาพที่ 12 การติดตั้งกังหันขนาด 10 กิโลวัตต์



ภาพที่ 13 ผังการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานขนาด 15 กิโลวัตต์

ภาพที่ 13 แสดงการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมผลิตไฟฟ้าและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่ง โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้นจะมีหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรง DC เป็นกระแสสลับ AC เข้าสู่ตู้ควบคุมไฟฟ้า เพื่อจัดเก็บข้อมูลและประมาลผลพลังงาน และทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย



ภาพที่ 14 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบเก็บข้อมูล (kWh)

จากผลการทดสอบเก็บข้อมูลของระบบที่ทำงานผสมผสานกันทั้งพลังงานลมและแสงอาทิตย์ที่ป้อนเข้าในระบบการผลิตพลังงานสูงสุดในสภาวะทางไฟฟ้าที่ปกติทำให้ได้ค่าเฉลี่ยในการผลิตไฟฟ้าของระบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเป็นเวลา 4 เดือนได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณวันละ 118 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน คิดเป็นการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปีๆละประมาณ 42,340 หน่วยไฟฟ้าต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบ พบว่า สถานที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีความเร็วเฉลี่ยที่ 5.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งความเร็วลมเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นกำลังสามจากสมการที่ 5 $Pw = \frac{1}{2}\rho AV^3Cp$ ทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้ามากกว่าที่ออกแบบไว้เพราะโปรแกรมที่ใช้ออกแบบเป็นการใช้ค่าความเร็วลมจากอดีตที่ผ่านมาเป็นตัวเลขในการคำนวณนั้นเอง และในส่วนของพลังงานจากโซล่าเซลล์ลอยน้ำก็ที่ได้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่ได้จากจากคำนวณด้วยโปรแกรมอาจเนื่องจากว่า โปรแกรมที่ใช้ออกแบบเป็นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังค่า แต่ระบบติดตั้งจริงเป็นโซล่าร์เซลล์ลอยน้ำซึ่งมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าการติดตั้งบนหลังคาทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นและได้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

โดยรวมนั้นระบบผสมผสานพลังงานลมและแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้เป็นที่น่าพอใจใกล้เคียงกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ และจากผลการเก็บข้อมูลจะเห็นได้ว่าได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณวันละ 118 หน่วยไฟฟ้าต่อวันซึ่งมากกว่า กว่าที่ทำการประเมินไว้ในเบื้องต้นที่วันละ 90 -110หน่วยไฟฟ้า เนื่องจากความเร็วลม และสภาพอากาศบริเวณจุดติดตั้ง มีค่าดีกว่าที่ประเมินไว้ ประมาณ 10% จะเห็นได้ว่าการผลิตไฟฟ้าแบบระบบผสมผสานกังหันลมและโซล่าเซลล์ลอยน้ำทำให้การผลิตไฟฟ้าเข้าระบบสายส่งมีความต่อเนื่องมากกว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเดียว และตอบสนองการใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในช่วงเวลาที่ทางตลาดไม่มีโหลดจะทำให้กังหันลมทำการล็อกโรเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับตัวกังหันลม ดังนั้นควรเพิ่มระบบกักเก็บพลังงานเข้าไปในระบบเพิ่มเติมคือใส่แบตเตอรี่เข้าไปในระบบเพื่อว่าในขณะที่กังหันลมผลิตไฟฟ้าไม่ได้จ่ายโหลดยังสามารถเก็บพลังงานฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในเวลาอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)ในการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณะทำงานทุกๆท่านที่ทำการสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโครงการนี้ ทีมผู้วิจัย ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Global Solar Atlas, “ Global Photovoltaic Power Potential by Country,”. [Online]. Available: https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study. [Accessed: Sep 21, 2021].

[2] Weather radar, wind, and waves forecast https://www.windy.com/14.488/100.116?14.186,100.116,9, m:d3jaiV0. [Accessed: Sep 21, 2021].

[3] ดร. วิรชัย โรยนรินทร์. การออกแบบกังหันลมโดยการใช้ Momentum Theory, วารสารวิศวกรรม ฉบับที่ 12 ประจาเดือน กันยายน -ตุลาคม 2547.

[4]บุญยัง ปลั่งกลาง, "ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์,"ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

TREC-14 (MUT)

การพัฒนากับดักแสงไฟหนอนเจาะเมล็ดทุเรียนพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำร่วมกับระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยี IoT พื้นที่อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส

Development of Light Trap Mudaria Luteileprosa Holloway Low Cost Solar Energy Cooperated the Environment Monitoring System with IoT Technology at Cho-airong Narathiwat

พลากร พรหมเมศร์[1]* หาญรงณ์ บัวทอง[2] และวรางคณา เทพนิมิตร[3]
Palakorn Prommet[1*] Hanrong Buathong[2] and Warangkana Thepnimitr[3]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000
[2] สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000
[3] สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ สงขลา 90110

Abstract

This paper presents development of light trap mudaria luteileprosa holloway low cost solar energy cooperated the environment monitoring system with IoT technology at Cho-airong Narathaiwat. With the objective of eliminating and preventing pests that damage the orchard farmers, and to break the life cycle of insect pests by using ultraviolet light wavelengths (Ultra-Violet; UV), against insect pests that like to play with light, such as heliothis armigera, spodoptera litura, mudaria luteileprosa Holloway etc.,. By using a 5 blade exhaust fan and a set of black light lamps 20 watt insect trap, with a 12 volt battery with a capacity of 100 ampere-hours, without having to connect to the main electrical system of the building. By using a 120 watt 12 volt polycrystalline solar panel as a source of electrical energy, it has a total timer control system for 7 working modes. As well as the development of an online environment monitoring system (IoT Monitoring System) and collecting weather image data, and can be accessed in the form of a cloud computer (ThingSpeak), from general web browsers in areas with internet access. To collect statistical weather images at the time of pest infestation, for planning during the pest epidemic in the harvesting cycle of durian garden.
Keywords: Ultra-Violet, Mudaria Luteileprosa Holloway, Cloud Computer

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนากับดักแสงไฟหนอนเจาะเมล็ดทุเรียนพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำร่วมกับระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยี IoT พื้นที่อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส โดยมีวัตถุประสงค์ในการกำจัดและป้องกันแมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรสวนผลไม้ โดยการตัดวงจรชีวิตของแมลงศัตรูพืช ที่อาศัยแสงไฟในช่วงความยาวคลื่นแสงเหนือม่วง (Ultra-Violet; UV) กับแมลงศัตรูพืชที่ชอบเล่นแสงไฟ ได้แก่ หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้ หนอนเจาะเมล็ดทุเรียน เป็นต้น โดยใช้พัดลมดูดอากาศแบบ 5 ใบพัดและชุดหลอดไฟแบล็คไลท์ สำหรับชุดดักจับแมลง ขนาด 20 วัตต์ ร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ที่ขนาดความจุ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง โดยไม่ต้องต่อร่วมกับระบบไฟฟ้าหลักของอาคารบ้านเรือน ซึ่งใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 วัตต์ 12 โวลต์ ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า มีระบบควบคุมตั้งเวลาทำงานได้ทั้งสิ้น 7 โหมด อีกทั้ง มีการพัฒนาระบบตรวจวัดสภาพอากาศในรูปแบบออนไลน์ (IoT Monitoring System) และเก็บผลข้อมูลภาพอากาศรวมถึงสามารถเข้าถึงได้ในรูปแบบคราวน์คอมพิวเตอร์ (ThingSpeak) จากเวปบราวเซอร์ทั่วไปในพื้นที่ที่มีระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลภาพอากาศเชิงสถิติในช่วงเวลาที่เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช สำหรับวางแผนในช่วงเวลาที่เกิดการระบาดในวงรอบการเก็บเกี่ยวผลลิตทุเรียน

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553

Development of Modular Solar Air Conditioners for Small Room According to Thailand Industrial Standard 2134-2553

เจริญศักดิ์ เขียวเล่ง[1*] พลากร พรหมเมศร์[2] และปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว[3]
Chroeysak Khiaoleng[1*] Palakorn Prommet[2] and Paroon Mayacherw[3]

[1]สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส

Abstract

This research article presented the development of modular solar air conditioners for small room according to Thailand industrial standard 2134-2553. With a cooling capacity of 12,000 B.T.U. and the floor size of the room, width 3 meters, length 4 meters, using 4 numbers 320 watt polycrystalline solar panels connected to a 3,000 watt off-grid inverter together with the battery lead-acid type of 4 numbers at a voltage of 24 volts, which uses solar energy from the photovoltaic power generation system alone, and does not can be connected with the distribution system of the electricity. From the development of modular solar air conditioners for small room according to Thailand industrial standards, it was found that the air conditioning system can cool up to 1-9 hours/day with the air conditioner temperature set at 25 degrees celsius according to the standard for saving electricity, air conditioner start working at night time 21.00 – 06.00 am. air conditioner operation up to 9 hours, and during the day time start working time 13.00 – 17.00 pm. the operation of the air conditioner can be up to 4 hours by setting the air conditioner temperature at 25 degrees celsius and the air conditioning refrigerant pressure equal to 70 bar, Refrigerant type R-22 measure the voltage during the working period equal to 204 – 221 volts and has a maximum current of 4.31 amperes. From the development of modular solar air conditioners compare with air conditioners that use electricity from the electrical distribution system at the same cooling capacity of 12,000 B.T.U., it can be seen that the modular solar air conditioners for small rooms meet Thailand industrial standards 2134-2553, the temperature was set according to the standard for saving electricity of the air conditioner at 25 degrees celsius, the cooling at different temperatures and time intervals were the same, but the modular solar air conditioner found that the system was able to cool, average up to 1-9 hours.

Keywords: Air Conditioner, Solar Panel, Thailand Industrial Standard

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอการพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 ที่ขนาดทำความเย็น 12,000 บี.ที.ยู. และขนาดพื้นห้อง กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร โดยออกแบบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 320 วัตต์ จำนวน 4 แผง เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์แบบออฟกริด ขนาด 3,000 วัตต์ ร่วมกับแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่วกรด จำนวน 4 ลูก ที่ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ ซึ่งจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและไม่ได้ต่อร่วมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จากการ

TREC-IAOMJO

พัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 พบว่า ระบบเครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้สูงสุด 9 ชั่วโมง/วัน โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐานการประหยัดไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ ทดสอบการทำงานในช่วงเวลากลางคืน เวลา 21.00 น. – 06.00 น. การทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ 9 ชั่วโมง และช่วงเวลากลางวัน เริ่มการทำงานช่วงเวลา 13.00 น. – 17.00 น. การทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ 4 ชั่วโมง โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส และมีความดันน้ำยาปรับอากาศ เท่ากับ 70 บาร์ สารทำวามเย็นชนิด R-22 วัดแรงดันไฟฟ้าในช่วงการทำงาน เท่ากับ 220 – 221 โวลต์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 3.69 แอมแปร์ จากการพัฒนาเครื่องปรับอากาศที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ที่ขนาดการทำความเย็น 12,000 บี.ที.ยู เท่ากัน จะเห็นได้ว่า เครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 โดยตั้งอุณหภูมิตามมาตรฐานการประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส การทำความเย็นที่ระดับอุณหภูมิและช่วงเวลาต่าง ๆ มีค่าเท่ากัน หากแต่เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำความเย็นได้เฉลี่ยสูงสุด 1-9 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เครื่องปรับอากาศ, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และทำให้มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประเทศไทยได้เจอวิกฤตการณ์ด้านพลังงานไฟฟ้าในปี 2559 เป็นวิกฤตการณ์ที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงที่สุดและปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 29,600.8 เมกะวัตต์ เป็นผลทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และมองเห็นความสำคัญของพลังงานทดแทนมากขึ้นที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและหนึ่งในพลังงานทดแทนคือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [1-2] และจากการสำรวจศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม มีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน บริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี ชัยภูมิ ขอนแก่น และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ และทำให้การใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะมากขึ้น และเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก และอากาศร้อนชื้นทำให้เกิดสภาวะความต้องการไฟฟ้าสูงสุด และทำให้มีการนำระบบเครื่องปรับอากาศเข้ามาช่วยให้การดำเนินชีวิตให้มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น พลังงานนับได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การใช้เพื่อให้แสงสว่าง ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ประยุกต์ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่บริสุทธิ์และไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ดังนั้น ได้มีการศึกษาและวิจัยเป็นจำนวนมากและพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะในด้านการประหยัดพลังงาน

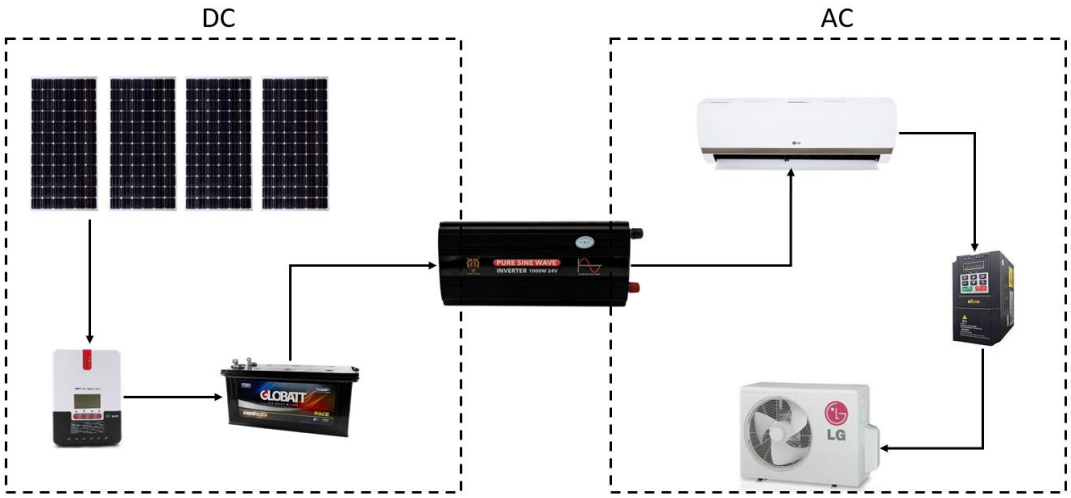
จากข้อมูลความสัมพันธ์ที่สอดคล้อง หากนำพลังงานแสงอาทิตย์มาปรับเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าจะช่วยการจ่ายภาระทางไฟฟ้าในเวลาที่มีสภาพอากาศร้อนได้ และอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของเครื่องปรับอากาศ คือ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องปรับอากาศ และมอเตอร์พัดลมหมุนเวียนอากาศด้านคอยล์ร้อนและมอเตอร์หมุนเวียนอากาศด้านคอยล์เย็นมีก็มีสัดส่วนเล็กน้อยในการใช้พลังงานไฟฟ้า [3-4 โดยปัจจุบันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ที่ใช้กันมากในเครื่องปรับอากาศ คือ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์กระแสสลับชนิดที่ไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ และส่วนใหญ่ใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 และเป็นคอมเพรสเซอร์ชนิดโรตารี่ จึงได้มีการพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขนาดเครื่องทำความเย็น 12,000 บี.ที.ยู แบบระบบธรรมดาโดยมาเป็นระบบอินเวอร์เตอร์ปรับค่าความเร็วรอบ [5-7]

ในงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 ที่ขนาดเครื่องทำความเย็น 12,000 บี.ที.ยู โดยไม่ต่อร่วมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยการออกแบบจะมี 2 ส่วน คือ 1)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 320 วัตต์ จำนวน 4 แผง เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์แบบออฟกริด ขนาด 3,000 วัตต์ ร่วมกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด จำนวน 4 ลูก ทำงานที่ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ และ 2) การประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำงานของระบบสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จากระบบธรรมดา ให้เป็นระบบอินเวอร์เตอร์ โดยใช้ วงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor Drive; DC Drive) ชนิด Inverter AC to AC Converter ระบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาด 1,500 วัตต์ ในการควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนาดเครื่องทำความเย็น 12,000 บี.ที.ยู

วิธีการวิจัย

เนื่องจากการออกแบบพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 บี.ที.ยู ใช้กับพื้นที่ห้องขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร เป็นห้องพักขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 โดยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ขนาด 320 วัตต์ จำนวน 4 แผง และค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1,280 วัตต์ วัตต์ และมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 725 วัตต์ โดยเชื่อมต่อวงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 1,500 วัตต์ มาควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงเหมาะในการนำมาออกแบบระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4 แผง และได้ค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1,280 วัตต์ ในขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มพิกัดของโหลดที่ 725 วัตต์ จะเห็นได้ว่า ควรเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ขนาด 320 วัตต์ จำนวน 4 แผง และประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ จึงจะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์โดยวงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor Drive; DC Drive) ชนิด Inverter AC to AC Converter

จากภาพที่ 1 การทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และใช้เครื่องปรับขนาดการทำความเย็นที่ 12,000 บี.ที.ยู โดยใช้โซล่าเซลล์ จำนวน 4 แผง ขนาด 320 วัตต์ เท่ากับ 1,280 วัตต์ เพื่อส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไปยังโซล่าชาร์จเจอร์ ขนาด 40 แอมแปร์ โดยควบคุมการชาร์จไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซล่าเซลล์ มาจัดเก็บในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดจำนวน 4ลูก ขนาด 24 โวลต์ 400 แอมแปร์ โดยให้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 3,000 วัตต์ ทำการแปลงไฟกระแสตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟกระแสสลับ (AC Voltage) โดยสามารถเปลี่ยนแปลง แรงดันและความถี่ได้ เพื่อให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยัง อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น

(Cooling Coil) และส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยัง วงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor Drive; DC Drive) ชนิด Inverter AC to AC Converter ระบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาด 1,500 วัตต์ ในการควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยการแปลงไฟฟ้า AC เป็น AC ช่วยในการควบคุมแรงดันไฟฟ้า ความถี่และเฟสของรูปคลื่นที่จ่ายให้กับโหลดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า AC โดยส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้ทำงาน

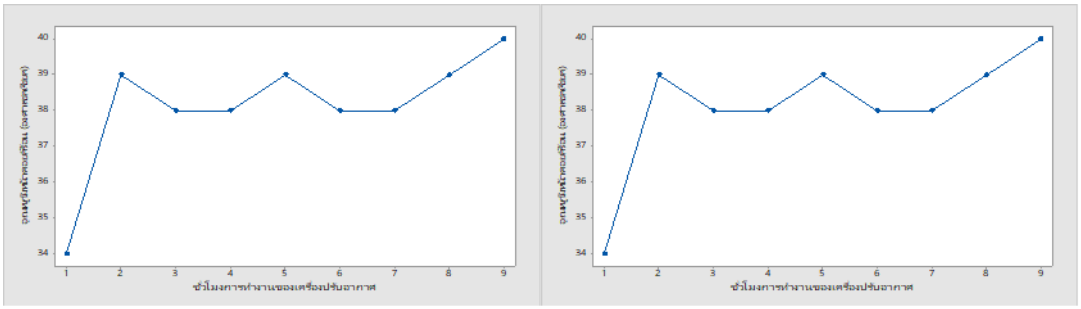
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการการพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้วงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor Drive; DC Drive) ชนิด Inverter AC to AC Converter ระบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาด 1,500 วัตต์ ในการควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และใช้เครื่องปรับขนาดการทำความเย็นที่ 12,000 บี.ที.ยู ในการออกแบบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 320 วัตต์ จำนวน 4 แผง เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ ขนาด 3,000 วัตต์ ร่วมกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด จำนวน 4 ลูก ที่ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ และเชื่อมต่อวงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 1,500 วัตต์ มาควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและไม่ได้ต่อร่วมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จากผลการทดสอบการพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2134-2553 พบว่า วัดแรงดันไฟฟ้าในช่วงเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 220 – 221 โวลต์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 3.65 แอมแปร์ โดยระบบเครื่องปรับสามารถทำงานได้ 9 ชั่วโมง/คืน โดยสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ สำหรับสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยใช้ค่าประสิทธิภาพพลังงาน EER หรือ Energy Efficiency Ratio เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ขีด ความสามารถในการทำความเย็น (BtU./hr.) รวมสุทธิและกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความ เย็น (Watt) โดยค่า EER มีหน่วยเป็น BtU./hr./Watt

ตารางที่ 1 การทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

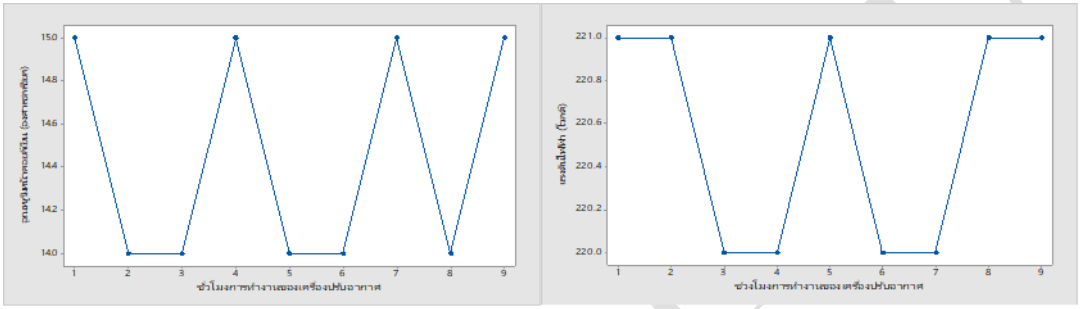
ชั่วโมงการทำงาน	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิหน้าคอยล์เย็น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ค่าความดันน้ำยาปรับอากาศ (บาร์)	ชนิดน้ำยา
1	221	3.65	25	15	34	25	70	R-22
2	221	3.62	25	14	39	25	70	R-22
3	220	3.69	25	14	38	25	70	R-22
4	220	3.65	25	15	38	25	70	R-22
5	221	3.63	25	14	39	25	70	R-22
6	220	3.60	25	14	38	25	70	R-22
7	220	3.61	25	15	38	25	70	R-22
8	221	3.50	25	14	39	25	70	R-22
9	221	3.44	25	15	40	25	70	R-22

TREC-14(MJU)



ก) ความสัมพันธ์ของชั่วโมงการทำงานกับกระแสไฟฟ้า ข) ความสัมพันธ์ของชั่วโมงการทำงานกับแรงดันไฟฟ้า

ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ของชั่วโมงการทำงานกับแรงดันและกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ฯ



ค) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิหน้าคอยล์เย็น ง) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อน

ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิคอยล์เย็นและอุณหภูมิคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ฯ

สรุปผลการวิจัย

การทำงานของเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนสำหรับห้องขนาดเล็กขนาด 12,000 บี.ที.ยู. โดยใช้วงจรขับนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor Drive; DC Drive) ชนิด Inverter AC to AC Converter ระบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและไม่ได้ต่อร่วมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จากการวัดทดสอบผล พบว่า ระบบเครื่องปรับอากาศทำงานได้เฉลี่ยสูงสุด 9 ชั่วโมง/คืน โดยที่อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหน้าแผงคอยล์เย็น ในช่วงเวลากลางคืน เวลา 21.00 น. – 06.00 น. เฉลี่ยเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหน้าแผงคอยล์ร้อน ในช่วงเวลากลางคืน เวลา 21.00 น. – 06.00 น. เฉลี่ยเท่ากับ 38 องศาเซลเซียส มีค่าความดันน้ำยาปรับอากาศ เท่ากับ 70 บาร์ และวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องทำความเย็นได้ 25 องศาเซลเซียส วัดแรงดันไฟฟ้าในช่วงเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 220 – 221 โวลต์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 3.65 แอมแปร์

เอกสารอ้างอิง

[1] วีระชาติ ขวดแก้ว, กิตติศักดิ์ มณีทอง, ธวัชชัย ปัดถา และ ชัชวาล แข่งขัน, นพพร พัชรประกิติ. การออกแบบและพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA).**

[2] พลังงานแสงอาทิตย์กับประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2015; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2564. ได้จาก https://ienergyguru.com/2015/07/solar-resource-map-of-thailand/

[3]ระบบทำความเย็น (Refrigeration System) [อินเทอร์เน็ต]. 2012; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564. ได้จาก http://refrigerations.blogspot.com/2012/01/vapor-compression-system.html

[4] วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ. [อินเทอร์เน็ต]. 2015; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2564. ได้จาก https://ienergyguru.com/2015/09/vapor-compression-system/

[5]Mohammad O. Hamdan, A. & Bassam A. Abu-Nabah. (2017). **Solar Air-Conditioning: Case Study of Solar Absorption versus Photovoltaic Vapor Compression Systems. IEEE**

[6] Mehdi OUADA, N BENAMIRA, G., Bilel MEGHNI, S.T., & Djalel DIB, J. (2019). **Optimal Control of Variable Speed Air Conditioning System Fed by Solar PV System. IEEE**

[7] การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. **วารสารวิชาการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน (TEC TEAM).**

TREC-14 (MJU)

การพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะที่ตรวจรู้สภาพแวดล้อมและการทำงานด้วยตนเอง
Developing a Smart Solar Panel that Recognizes the Environment and Works by Itself

ศุภวิชญ์ อดิศัยศักดา[1*] พลากร พรหมเมศร์[2] และปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว[3]
Suppawich Adisaisakda[1*] Palakorn Prommet[2] and Paroon Mayachearw[3]

[1]สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000

Abstract

This research paper presents developing a smart solar panel that recognizes the environment and works by itself. The system measures the environment and the work of solar panels using a total of 6 types of sensors, air dust measurement device (PMS7003 G7), light intensity measurement device (BH1750), temperature measurement device and Humidity (DHT22), solar panel temperature sensing (DS18B20), current sensing (ACS274) and voltage divider circuit sensor. Using LoRa32u4 board to receive data from sensor and transmit data wirelessly by wave. 433.00 MHz frequency to the laboratory to collect data in cloud computer format (Thing Speak) collected every 30 minutes and display the measurement results from the measuring device in real-time and historical graphs. From the experiment, it was found that The amount of light intensity and temperature of the solar panel Affects the power generation for the load. At 11:00 AM, the power was 26.48 W at a solar panel temperature of 38.93 °C and a light intensity of 32,319 Lux, and at 11:30 a.m. the power was 24.95 W. at a solar panel temperature of 50.43 °C and a light intensity of 44,338 Lux.

Keywords: Solar Panel, Cloud Computer

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอการพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะที่ตรวจรู้สภาพแวดล้อมและการทำงานด้วยตนเอง โดยระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัด ทั้งสิ้น 6 ชนิด ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นในอากาศ (PMS7003 G7) อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณความเข้มแสง (BH1750) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (DS18B20) อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า (ACS274) และวงจรตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider) และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ LoRa32u4 รับค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัดและส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยคลื่นความถี่ 433.00 MHz ไปยังห้องปฏิบัติการ เพื่อเก็บข้อมูลในรูปแบบคลาวน์คอมพิวเตอร์ (Thing Speak) โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที และแสดงผลการตรวจวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดในรูปแบบกราฟเวลาจริงและย้อนหลัง จากการทดลองพบว่า ปริมาณความเข้มแสงและอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด โดยช่วงเวลา 11:00 น. มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 26.48 W ที่อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 38.93 °C และความเข้มแสง 32,319 Lux และช่วง 11:30 น. มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 24.95 W ที่อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 50.43 °C และความเข้มแสง 44,338 Lux

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ คลาวด์คอมพิวเตอร์

TEC-14(MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การออกแบบและพัฒนาระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

The Design and Development of a Whirlpool Hydroponic System by Solar Cell

อัษฎางค์ บุญศรี[1] จิตรกร สัมมานุช[2*] พายุ สุขน้อย[3] และ เทพ เกื้อทวีกุล[4]
Ussadang Boonsri[1] Jittakorn Sammanuch[2*] Phayu suknoi[3] and Thep Kueathaweekun[4]

[1,2,3,4] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

This article presents the design and building of a whirlpool hydroponic system by solar cell. As well as to find the efficiency of the developed system Has designed the structure of the house, 1.2 meters wide, 1.8 meters long, 1.8 meters high. Inside the whirlpool pick-up, a 1-inch pipe has been drilled with a 10 mm hole, connected to a 12 Volt 3 Amp DC water pump to create the flow process whirlpool by 50 Watt solar cell. The results of the system efficiency test showed that the electrical conductivity (EC) average value in the initial stage was 875 µS/cm, the medium term was 1770 µS/cm and the pre-harvest stage was 1021 µS/cm, while the pH average value is 6.01. The temperature average value is 31.72 ºC. The power of the system produced the average power is 35.04 watts, which the total amount of electricity will affect the rotation of the motor. Overall, the whirlpool system can work. In addition, the growth of all three phases of lettuce was in accordance with the amount of fertilization in each period. and the survival rate of lettuce plants was 64.81%.

Keywords : Hydroponic , Whirlpool , Solar cell

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาขึ้น ได้ทำการออกแบบโครงสร้างโรงเรือน ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.8 เมตร สูง 1.8 เมตร ภายในกระบะน้ำวนได้วางท่อขนาด 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร ต่อเข้ากับปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ 3 แอมป์ เพื่อสร้างกระบวนการไหลของน้ำวน โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานจากแผงโซลล่าเซลล์ขนาด 50 วัตต์ ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ในระยะเริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 875 µS/cm ระยะกลาง ค่าเท่ากับ 1770 µS/cm และ ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 1021 µS/cm ในขณะที่ ค่าความเป็นกรด-เป็นด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.01 ค่าอุณหภูมิในสภาพน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.72 ºC กำลังไฟฟ้าของระบบที่ผลิตได้ มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 35.04 วัตต์ ซึ่งค่าปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดจะส่งผลต่อรอบในการหมุนของมอเตอร์ โดยภาพรวมสามารถทำให้ระบบน้ำวนทำงานได้ นอกจากนี้การเจริญเติบโตของผัดสลัดทั้ง 3 ระยะ เป็นไปตามปริมาณการให้ปุ๋ยในแต่ละช่วง และอัตราการอยู่รอดของต้นผักสลัดคงอยู่ร้อยละ 64.81 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : ไฮโดรโปรนิกส์ , กระบะน้ำวน , พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ในช่วงประมาณปี ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ใน

TREC-14 (MJU)

ดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า ทำให้การปลูกพืชแบบไฮโดรโปรนิกส์จำเป็นต้องมีระบบน้ำและสารละลาย ข้อดีของระบบน้ำจะช่วยในเรื่องของความร้อนของน้ำที่จะเย็นกว่าระบบอื่น และยังช่วยลดการทำงานในฟาร์ม เพราะวัดค่าปุ๋ยในน้ำ (EC) หรือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ภายในบ่อ สามารถใช้เครื่องเติมปุ๋ยและกรดแบบอัตโนมัติได้เพื่อช่วยควบคุมค่าน้ำให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชให้มากที่สุด

จะเห็นได้ว่า การควบคุมอุณหภูมิหรือปุ๋ยและความค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ มีความจำเป็นอย่างมากต่อการจัดเตรียมสถานที่ในการเพาะผัดกาดหอม ซึ่งโรงเรือนส่วนใหญ่จะขาดการจัดการในเรื่องของระบบการใช้ไฟฟ้า ส่งผลให้ต้นทุนทางการผลิตสูงและเข้าถึงได้ยาก จึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ค่อยนิยมนำระบบอัตโนมัติไปทำเป็นอาชีพเสริม จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น หากมีการนำปัญหามาทบทวนและพัฒนาออกแบบใหม่ขึ้น อาจช่วยให้ได้ระบบที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้นได้ โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการปลูกผักแบบระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบอัตโนมัติ ภาคย์ สธนเสาวภาคย์ [1] จากผลการวิจัยพบว่าระบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ โดยที่ระบบสามารถผสมน้ำและสารละลายธาตุอาหารได้อย่างแม่นยำ โดย ค่าเฉลี่ยของค่า pH อยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 และค่า EC อยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.7 ผลผลิตที่ได้จากการปลูกผักในระบบอัตโนมัติมี ผลผลิตที่ดีกว่าระบบปกติ ประมาณ 26.91 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบนี้พบว่า มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าประมาณ 454 หน่วย ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าแล้วพบว่า เมื่อปลูกแต่ ละรอบ (ประมาณ 30 วัน) จะใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าประมาณ 1,100 บาทต่อเดือน ศุภฤกษ์ เชาวลิตตระกูล [2] การปลูกผักสลัดด้วยวิธีการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ เมื่อนำมาปลูกในคอนโด หรือห้องเช่า แล้ว พบ ปัญหานั้นก็คือ แสงแดดไม่เพียงพอต่อความต่อการของผักสลัด ซึ่งผักสลัดนั้นเป็นพืชที่ ต้องการแสงแดดใน ปริมาณมาก สาเหตุที่ในคอนโด หรือห้องเช่านั้นแสงแดดไม่เพียงพอเกิดจากในบางห้องอยู่ตรงจุดอับของตึก หรือโดนตึกที่สร้างใกล้เคียงกันบังแสงแดด

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาการสร้างระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงเรือนผักกาดหอม โดยการใช้ระบบโซล่าเซลล์เข้ามาทำงานร่วมกับระบบ จากนั้นจะทำการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบภายในโรงเรือนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม จำนวนทั้งหมด 54 ต้น เพื่อเป็นแนวทางการลดต้นทุนในด้านของค่าไฟฟ้าและสามารถนำไปใช้ในสถานที่ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงได้อีกด้วย

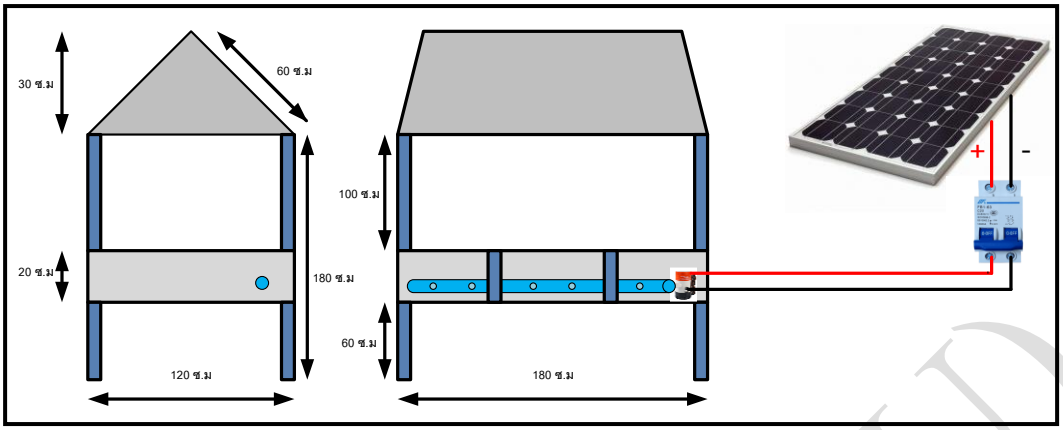
วิธีการดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ตามขั้นตอนดังภาพที่ 1

1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
3. สร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
4. ทดสอบระบบและเก็บข้อมูลระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
5. วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผลการทดลอง

การออกแบบระบบระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบระบบระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการออกแบบโครงสร้างโรงเรือน ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.8 เมตร สูง 1.8 เมตร ความสูงของหลังคาที่ปกคลุมด้วยพลาสติก 0.3 เมตร และด้านประกอบหน้าจั่วของหลังคากว้าง 0.6 เมตร ความสูงระหว่างกระบะน้ำวนและหลังคามีระยะห่าง 1 เมตร ความลึกของกระบะมีขนาด 0.2 เมตร ภายในกระบะน้ำวนได้วางท่อขนาด 1 นิ้ว โดยท่อที่วางจะทำการเจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร เพื่อสร้างกระบวนการไหลของน้ำวนให้ปุ๋ยในน้ำมีการกระจายให้กับผักสลัดอย่างทั่วถึง และต่อเข้ากับปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ 3 แอมป์ โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานจากแผงโซลล่าเซลล์ขนาด 50 วัตต์ ต่อตรงเข้ากับปั๊มน้ำ

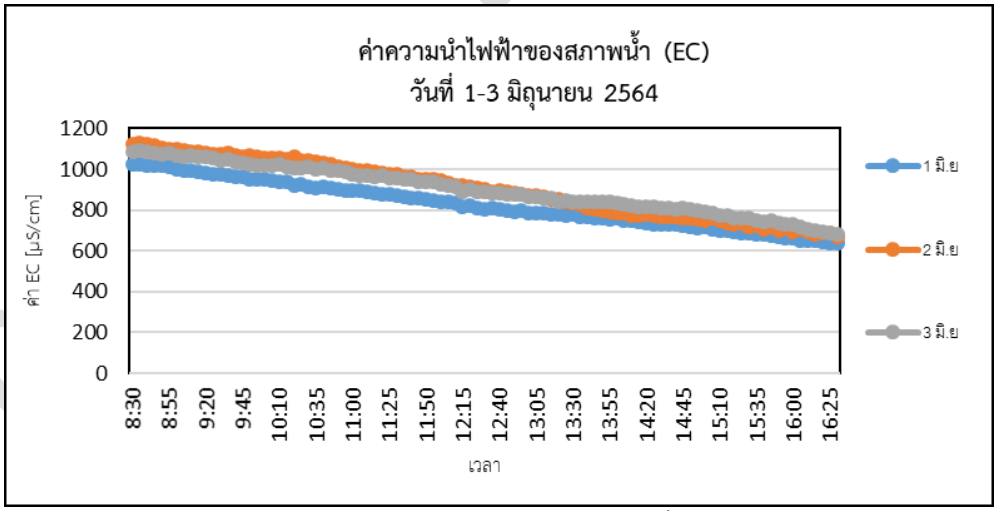


ภาพที่ 1 ภาพของการออกแบบระบบ

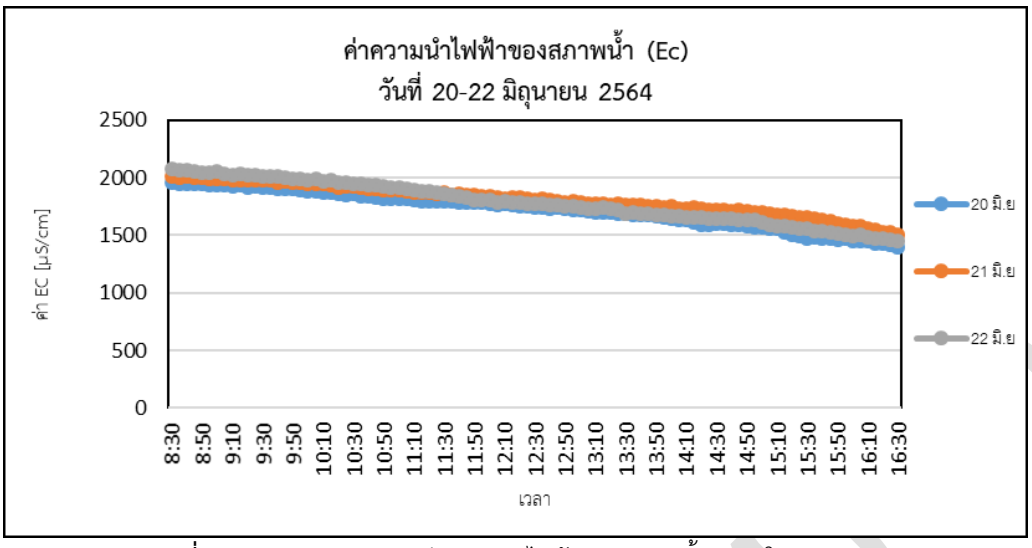
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการแสดงผลการทดสอบระบบระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการทดสอบผลของค่าความนำไฟฟ้าออกเป็น 3 ระยะ คือ ช่วงระยะเริ่มต้น ตั้งแต่วันที่ 1 - 3 มิถุนายน 2564 ช่วงระยะกลาง ตั้งแต่วันที่ 20 - 22 มิถุนายน 2564 และ ช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ตั้งแต่วันที่ 10 - 12 กรกฎาคม 2564 จากนั้นจะแสดงผลข้อมูลค่าสภาพความเป็นกรด-เป็นด่าง อุณหภูมิ และ ค่าการผลิตพลังไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 50 วัตต์ เฉพาะในช่วงวันที่ 1 - 3 มิถุนายน 2564 เนื่องจากมีกระบวนการซ้ำกันในทุกวันตลอดการเพาะปลูก ซึ่งผลการทดสอบทั้งหมดจะ เก็บผลตั้งแต่เวลา 08.30 – 16.30 น. ในทุกๆ 5 นาที นอกจากนี้ยังแสดงผลในส่วนของการเจริญเติบโตทางกายภาพทั้ง 3 ระยะ สามารถแสดงผลได้ดังนี้

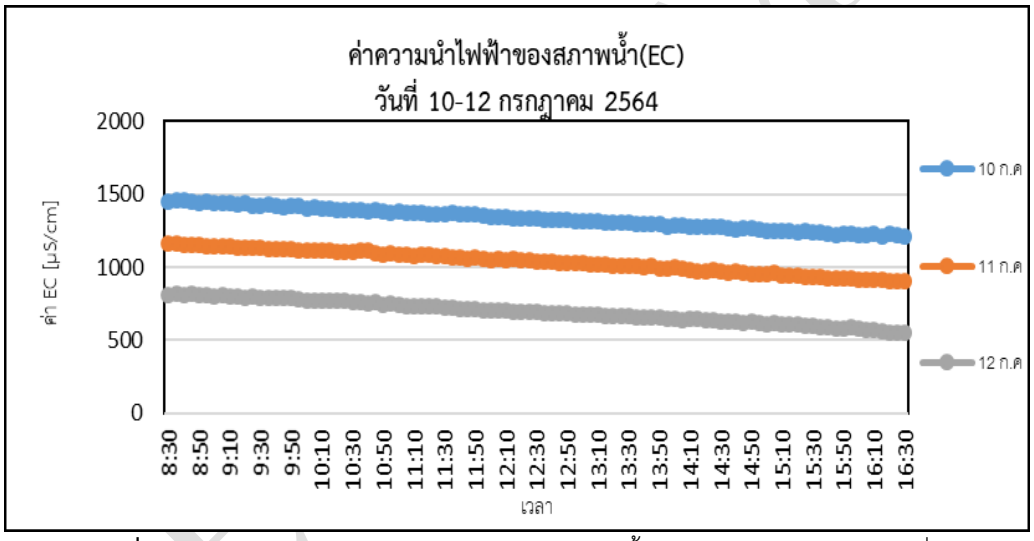
ผลการทดลองค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ(EC) ทั้ง 3 ระยะ



ภาพที่ 2 แสดงผลการทดลองค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ในระยะเริ่มต้น



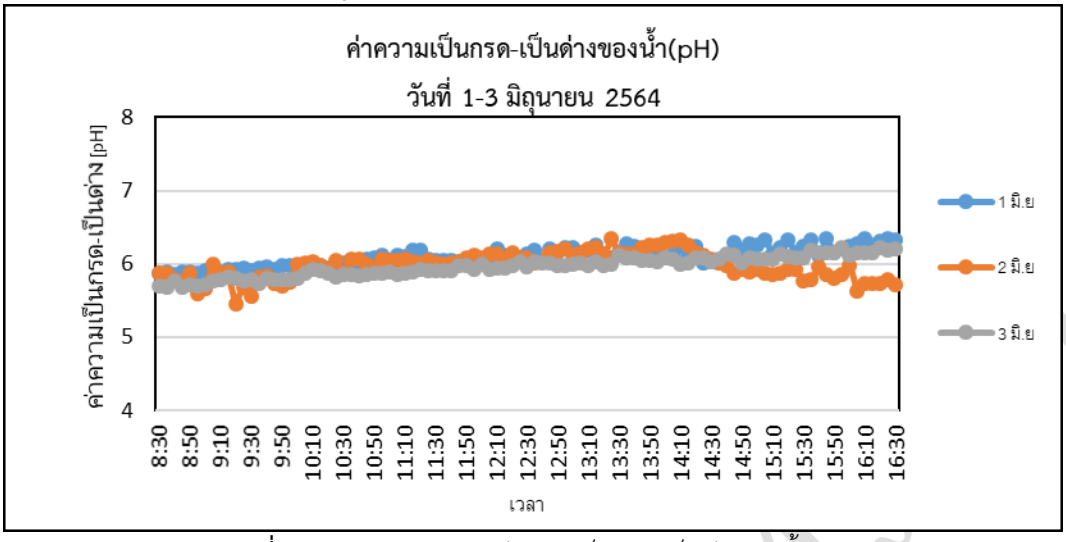
ภาพที่ 3 แสดงผลการทดลองค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ในระยะกลาง



ภาพที่ 4 แสดงผลการทดลองค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว

ค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ ทั้ง 3 ระยะ มีแนวโน้มเป็นกราฟเส้นตรงแบบความชันลบไปในทิศทางเดียวกัน โดยจะมีค่าความเข้มข้นของปุ๋ย AB สูงในช่วงเช้า และลดลงเรื่อย ๆ ไปจนถึงช่วงเย็น ในช่วงระยะเริ่มต้นในวันที่ 1-3 มิถุนายน 2564 มีค่าความนำไฟฟ้าประมาณ 800 - 1200 µS/cm ดังภาพที่ 2 ถัดมาเป็นช่วงระยะกลางในวันที่ 20-22 มิถุนายน 2564 มีค่าความนำไฟฟ้าประมาณ 1300 - 1800 µS/cm เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของผักสลัด ดังภาพที่ 3 และ ในช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ในวันที่ 10-12 กรกฎาคม 2564 มีค่าความนำไฟฟ้าประมาณ 500 - 1300 µS/cm โดยช่วงนี้จะไม่มีการเติมปุ๋ย AB จนน้ำในระบบเจือจางไม่เหลือปุ๋ยที่ใช้บำรุง ดังภาพที่ 4

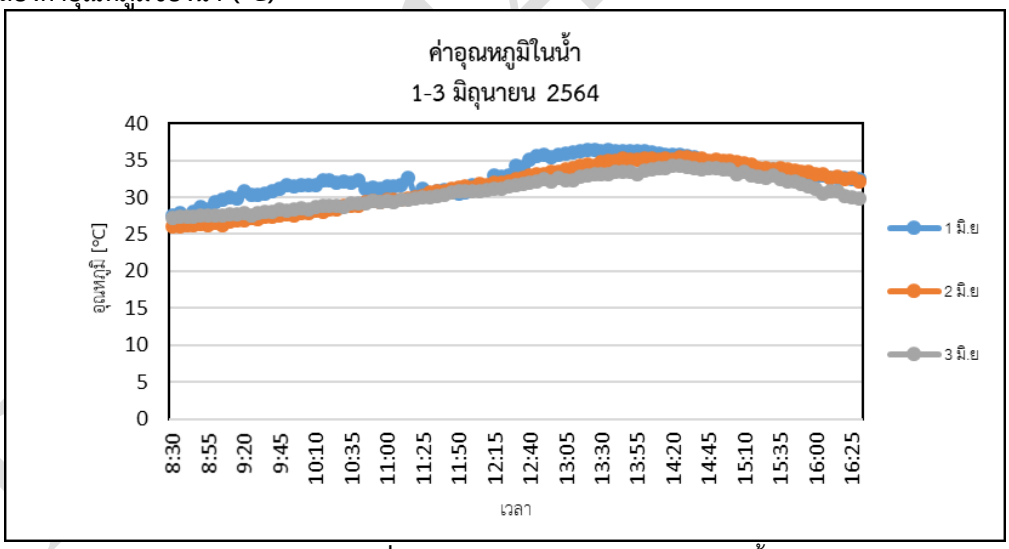
ผลการทดลองค่าความเป็นกรด-เป็นด่าง (pH)



ภาพที่ 5 แสดงผลการทดลองค่าความเป็นกรด-เป็นด่างของน้ำ(pH)

จากภาพที่ 5 พบว่า ค่าความเป็นกรด-เป็นด่างของสภาพน้ำ จะเริ่มต้นจากความเป็นกรดอ่อนในช่วงเช้าเนื่องจากเริ่มต้นเติมกรดฟอสฟอริก ต่อมาน้ำจะเปลี่ยนภาพเกือบเป็นกลางในช่วงเย็นซึ่งค่า pH เป็นไปตามกำหนดในทุก ๆ วัน ยกเว้นในวันที่ 2 มีการทดสอบเพิ่มเติม จึงทำให้เกิดความเป็นกรดอ่อนเหมือนในช่วงเช้า

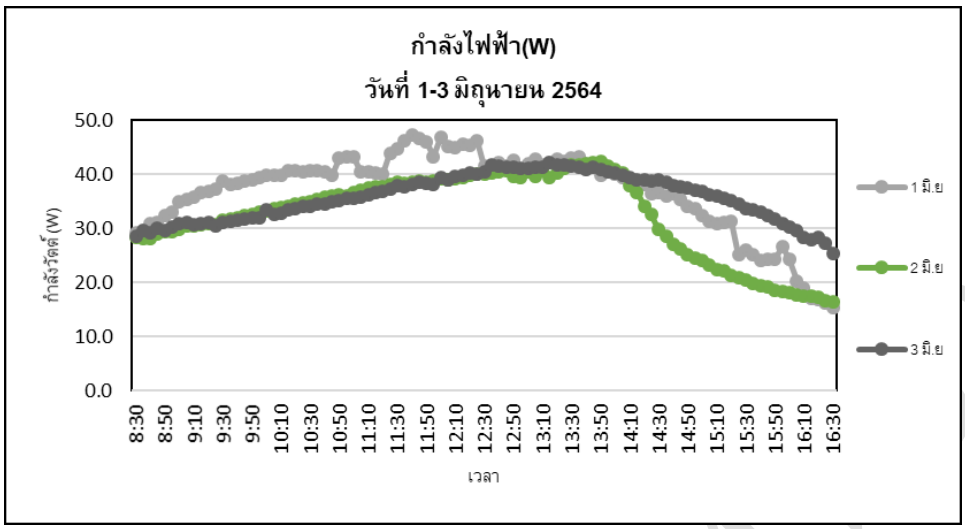
ผลการทดลองค่าอุณหภูมิของน้ำ (°C)



ภาพที่ 6 แสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิในน้ำ

จากภาพที่ 6 พบว่า จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือจะมีอุณหภูมิต่ำในช่วงเช้า และค่อยเพิ่มขึ้นในช่วงสายจนถึงบ่าย จากนั้นจะค่อยๆลดลงในช่วงเย็น ตามสภาพอากาศในระหว่างวัน ซึ่งอุณหภูมิน้ำที่วัดได้อยู่ในช่วง 25 – 36 องศาเซลเซียสอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก

ผลการทดสอบการวัดค่ากำลังไฟฟ้า



ภาพที่ 7 แสดงผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของระบบ

จากภาพที่ 7 พบว่า กำลังไฟฟ้าทั้งสามระยะมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน กำลังไฟฟ้าที่จ่ายต่อตรงเข้ากับปั๊มน้ำ เมื่อกำลังไฟฟ้าสูงจะทำให้ปั๊มน้ำมีการทำงานของมอเตอร์ที่เร็วขึ้น ส่งผลให้น้ำในกระบะไหลวนได้ดี ในช่วงสายถึงบ่ายที่มีแสงแดดจัด ส่วนในช่วงเช้าหรือช่วงเย็นที่มีกำลังไฟฟ้าที่ลดลง จะทำให้มอเตอร์ปั๊มน้ำมีการหมุนช้า แต่ยังเพียงพอที่จะสามารถทำให้น้ำหมุนวนในกระบะได้

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบกระบะน้ำวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการเพาะปลูกผักสลัด จำนวน 54 ต้น จากการทดสอบ พบว่า การนำไฟฟ้าของสภาพน้ำเพื่อวัดระดับปุ๋ย AB ในช่วงระยะแรกจะมีค่าความเข้มข้นสำหรับต้นอ่อนอยู่ในช่วง 800-1000 µS/cm เมื่อลำต้นโตได้ในระยะกลาง จะทำการปรับปุ๋ยให้อยู่ในช่วง 1300-1800 µS/cm และ ระยะก่อนการเก็บเกี่ยวจะทำการหยุดการให้ปุ๋ยเพื่อจางความเข้มข้นในน้ำโดยมีค่าอยู่ในช่วง 500-1200 µS/cm ส่วนค่าความเป็นกรด-เป็นด่างจะปรับให้อยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-6.5 โดยใช้กรดฟอสฟอริกในการปรับ ค่าอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสตามสภาพอากาศ ส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์จะได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 35.04 วัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อระบบน้ำวนในกระบะ ในส่วนของลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากผู้วิจัยต้องการเห็นประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบไว้ ทำให้มีอัตราการรอดของผักสลัดอยู่ 64.81 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้คิดคำนวณค่าไฟฟ้าตลอดการใช้งานใน 45 วัน ในอัตราหน่วยละ 4 บาท โดยมีการใช้งานเฉลี่ยวันละ 8 ชั่วโมง พบว่ามีการใช้งานวันละ 0.288 หน่วย คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อรอบการเพาะปลูกเท่ากับ 51.84 บาทต่อ 1 โรงเรือน ส่งผลให้งานวิจัยนี้มีข้อดีต่อเกษตรที่สนใจเพาะปลูกเป็นอย่างมาก เนื่องจากต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่เป็นศูนย์ จะเป็นการช่วยลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากหน่วยงานรัฐ ดังนั้นหากมีการไปประยุกต์ใช้ต่อแล้ว จะสามารถขยายการเพาะปลูกผักสลัดสำหรับโรงเรือนที่ใหญ่กว่านี้ และโครงการวิจัยที่ทดสอบในครั้งนี้อาจจะช่วยเป็นแนวทางนำไปทดลองใช้ในท้องถิ่นหรือนำไปประยุกต์ใช้เป็นอาชีพได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ภาคย์ สธนเสาวภาคย์. (2562). **การวิจัยและพัฒนาระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

[2] ศุภฤกษ์ เชาวลิตตระกูล. (2561). **ระบบปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. กรุงเทพฯ.

[3] ณัฐพงศ์ ศรีบรรเทา และคณะฯ. (2561). **การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน.**สำหรับการปลูกไฮโดรโปรนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. เชียงใหม่.

[4] นางสาวกรรณิการ์ ใจมา. (2560). **ต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกเมล่อน กรณีศึกษาสวนผักสุขสวัสดิ์ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์. ลำปาง.

[5] พัชรี ชูชาติ และ ถิระวรรธน์ สืบธนะวงษ์. (2561). **การออกแบบการวัดสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์โดยใช้บอร์ดอาดูโน่.** วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.

[5] อังคณา ธนสัญญา. (2556). **การออกแบบและสร้างชุดไฮโดรโปนิกส์แบบใช้พลังงานจากเซลล์สุริยะ.** คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

[6] บุญญฤทธิ์ วังงอน. (2561). **ประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัย.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. พิษณุโลก.

TREC-14 (MUD)

การออกแบบและสร้างชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตร ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

The Design and Construction of a PWM Voltage Regulators for Watering by Solar Cell

อัษฎางค์ บุญศรี[1] ปฏิภาณ บรรทัด[2*] ณัฐพงศ์ ชาตะรูป[3*] นิวดี คลังสีดา[4] อิทธิพล เหลาพรม[5] อานนท์ วงษ์มณี[6]
Ussadang Boonsri[1] Patiphan bantad[2*] Nattapong chataroop[3*] Nivadee Klungsida[4]
Ittipon Laoprom[5] Arnon Wongmanee[6]

[1,2,3,4]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[5]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[6]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

This paper presents the design and construction of a PWM voltage regulator for solar agricultural watering. As well as to find the efficiency of the developed system and designed a set of voltage regulator circuits It generates a pulse signal from the Node MCU to amplifies the signal through a TLP250 integrated circuit and MOSFET 40 Amp to drive a 600-Watt water pump by solar cell 330-Watt 2 amount connect series. It was found that the efficiency of the designed cycle can effectively control the speed of the water pump by adjusting the voltage of the PWM signal from ascending to high. The rotation speed and watering distance can be adjusted accurately and cooling through the sync is good. Resulting in the designed circuit with good stability. Suitable for application of agricultural in garden grooves or other plants that need to adjust watering as appropriate.

Keywords: Pulse Width Modulation, Voltage Regulators, Solar Cell

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตร ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาขึ้น ได้ทำการออกแบบชุดวงจรปรับแรงดัน ด้วยการสร้างสัญญาณพัลส์จาก Node MCU ขยายสัญญาณผ่านวงจรรวม TLP250 เข้ามอสเฟตขนาด 40 แอมป์ เพื่อขับปั๊มน้ำขนาด 600 วัตต์ ด้วยแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 2 แผง ต่อแบบอนุกรม พบว่า ประสิทธิภาพของวรจรที่ออกแบบสามารถควบคุมความเร็วรอบของปั๊มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ปรับระดับแรงดันของสัญญาณ PWM จากน้อยไปมาก สามารถปรับความเร็วรอบและระยะการรดน้ำได้อย่างถูกต้อง การระบายความร้อนผ่านซิงค์ทำได้อย่างไม่มีปัญหา ส่งผลให้วงจรที่ออกแบบมีเสถียรภาพที่ดี เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้การรดน้ำทางการเกษตรแบบร่องสวน หรือการปลูกพืชชนิดอื่นที่ต้องการปรับรูปแบบระยะการรดน้ำตามความเหมาะสม

คำสำคัญ : พัลส์วิตท์มอดูเลชั่น , การปรับแรงดัน , พลังงานแสงอาทิตย์,

บทนำ

TREC-14(MJU)

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน ภาคการเกษตรยังคงมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ คนส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพทำการเกษตร และผลการพัฒนาการเกษตรที่ผ่านมา พบว่ารายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรโดยรวมดีขึ้น แม้แต่ในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจที่ผ่านมาภาคการเกษตรได้รับผลกระทบน้อยกว่าภาคอื่น ๆ ของประเทศ ซึ่งเป็นผลมาจากการดำเนินนโยบายรัฐบาลรวมทั้งการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรทำการเกษตรในแนวทฤษฎีใหม่หรือแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเกษตรกรรมคือน้ำ น้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช วิธีการให้น้ำของเกษตรกรจึงจำเป็นอย่างมาก ที่ผ่านมา วิธีการให้น้ำของเกษตรกร ถ้าเป็นชาวนาหรือชาวไร่ ก็จะทำการสูบน้ำโดยใช้ท่อพญานาคเข้านาหรือไร่ หากเป็นชาวสวนก็จะใช้วิธีการรดน้ำแบบสปริงเกอร์หรือระบบหยดน้ำตามสายยาง และถ้าเป็นร่องสวนน้ำ เกษตรกรจะทำการให้น้ำด้วยเรือ จะเห็นว่า วิธีการให้น้ำแบบวิธีสุดท้าย เกษตรกรยังนิยมใช้เชื้อเพลิง ทำให้เกษตรกรยังคงต้องมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มขึ้น หากมีวิธีการที่จะช่วยเกษตรกรในส่วนนี้โดยใช้พลังงานทดแทน จะส่งผลให้เกษตรลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนทำการเกษตรได้เป็นอย่างมาก

สำหรับวิธีการให้น้ำแบบร่องสวนโดยส่วนใหญ่ จะเป็นที่นิยมใช้กับพืชที่ต้องการน้ำในการเจริญเติบโตมาก อาทิ เช่น ส้ม มะละกอ มะนาว สวนส้มโอ หรือ ร่องสวนผัก ปัญหาของเกษตรที่รดน้ำแบบร่องสวน มักจะมีความผิดพลาดในการประมาณระยะของการรดน้ำ ทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอหรือได้น้ำเกินความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ซึ่งเกิดจากเครื่องยนต์กลไกของเรือรดน้ำ มีขนาดไม่พอหรือมากเกินไป นอกจากนี้เครื่องยนต์ของเกษตรกรที่ใช้รดน้ำ จำเป็นต้องเชื้อเพลิงซึ่งมีราคาสูงมาก และจำเป็นต้องใช้ทุกวัน หากมี เทคนิคหรือวิธีการรดน้ำที่สามารถควบคุมได้ด้วยเกษตรกรเองและสามารถใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยได้ จะสามารถสร้างประสิทธิภาพในการรดน้ำของเกษตรกรได้ดียิ่งขึ้น และลดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการทำเกษตรได้อีกด้วย ซึ่งที่ผ่านมานั้นได้มีงานวิจัยที่รดน้ำแบบร่องสวนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดย เทพ เกื้อทวีกุล และคณะฯ [1] ได้ออกแบบและพัฒนาระบบรดน้ำในร่องสวนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับสวนส้มสุขสำราญ ตำบลวังแขม อำเภอคลองขลุง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถใช้งานรดน้ำได้เป็นอย่างดี ถัดมาเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวงจรเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้า ภีรศักดิ์ เผ่าผาง [2] โดยงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติโดยวิธีการสวิตช์ชิ่ง ซึ่งใช้วิธีการควบคุมแรงดันทางด้านขาออก โดยนำหลักการของอิเล็กทรอนิกส์กำลังมาประยุกต์ จะเห็นได้ถึงการออกแบบวงจร และสามารถปรับแรงดันที่สามารถนำมาเป็นแนวคิดและประยุกต์ใช้ในการทำชุดควบคุมการรดน้ำทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้ได้

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการให้น้ำทางการเกษตรแบบร่องสวนด้วยการออกแบบวงจรปรับแรงดันไฟฟ้าเพื่อควบคุมระยะการรดน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบบนร่องสวนแบบตั้งอยู่กับที่ เพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรปรับแรงดันที่ออกแบบขึ้นที่ใช้กับปั๊มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 600 วัตต์ ซึ่งผู้วิจัยหวังว่า ระบบที่ทำขึ้นจะเป็นแนวทางให้กับการสร้างงานประดิษฐ์ที่ช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพการให้น้ำกับพืชแบบร่องสวน และเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในด้านอื่นๆ ที่มีแนวทางการวิจัยที่คล้ายกันต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

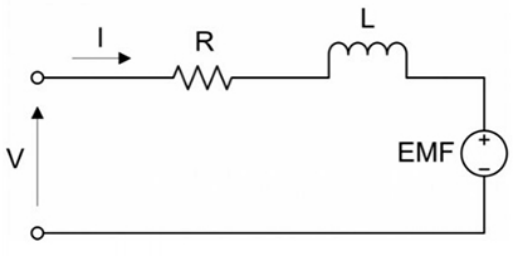
คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการปรับแรงดันสำหรับการรดน้ำทางการเกษตรแบบ PWM ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ตามหัวข้อดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
3. สร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางเกษตร
4. ทดสอบและเก็บข้อมูลชุดควบคุมการปรับแรงดันสำหรับการรดน้ำทางเกษตร
5. วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผลการทดลอง

การศึกษาทฤษฎีการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง [3]

TREC-14 (MJU)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้วิธีการปรับแรงดันแบบการพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) หลักสำคัญของการปรับความเร็วมอเตอร์จึงเริ่มต้นจากวงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรมอเตอร์แม่เหล็กถาวร DC

จากภาพที่ 1 พิจารณาจากสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์ ได้ดังสมการที่ (1)

$$E_b = V - I_a R_a \tag{1}$$

โดยที่ E_b คือ แรงดันไฟฟ้าป้อนกลับ

V คือ แรงดันขาเข้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (โวลต์)

I_a คือ กระแสของขดลวดอเมเจอร์ (แอมป์)

R_a คือ ความต้านทานของขดลวดอเมเจอร์ (โอห์ม)

เมื่อ แรงดันป้อนในมอเตอร์กลับมีคุณสมบัติตามสมการที่ (2)

$$E_b = (\phi ZN)\left(\frac{P}{A}\right) \tag{2}$$

เมื่อ ϕ คือ ฟลักซ์ของสนามแม่เหล็ก (เวเบอร์)

Z คือ จำนวนตัวนำในอาร์เมเจอร์ เท่ากับจำนวนตัวนำต่อสล็อต X จำนวนสล็อท

N คือ ความเร็วรอบของอาร์เมเจอร์ (r.p.m)

P คือ จำนวนขั้ว

A คือ จำนวนทางขนานในอาร์เมเจอร์

นำสมการที่ (1) และมาเปรียบเทียบกับสมการที่ (2) จะได้ว่า

$$(\phi ZN)\left(\frac{P}{A}\right) = V - I_a R_a \tag{3}$$

จากสมการที่ (3) จะหาความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ดังสมการที่ (4)

$$N = \left[\frac{V - I_a R_a}{\phi}\right]\left(\frac{A}{ZP}\right) \tag{4}$$

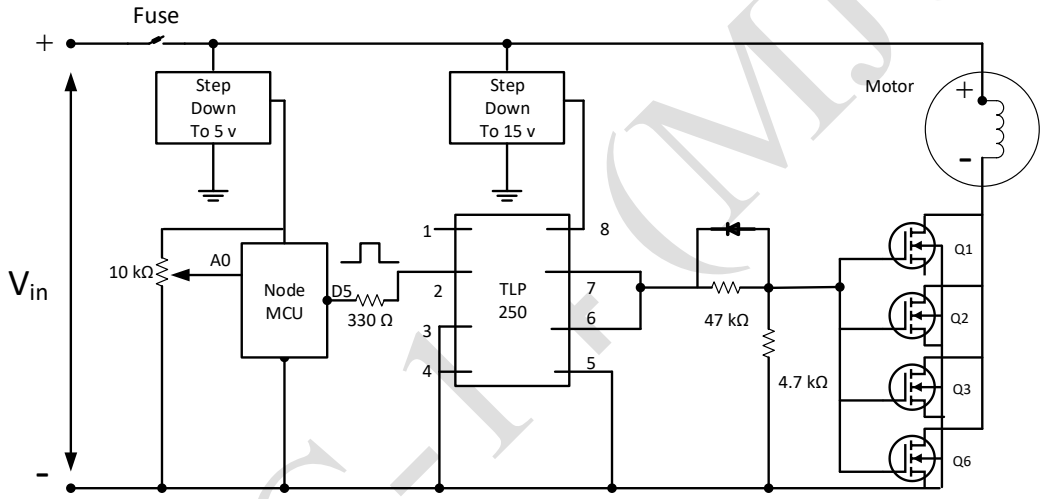
TREC-14 (MJU)

เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงมีคุณสมบัติในการควบคุมความเร็วได้โดยใช้วิธีการปรับแรงดันขาเข้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ เมื่อมองค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เป็นค่าคงที่ และ ความเร็วรอบแปรผันตามแรงดัน จะสามารถปรับความเร็วรอบได้ดังสมการที่ (5)

$$N \propto \frac{E_b}{\phi} \tag{5}$$

ออกแบบชุดควบคุมการปรับแรงดันสำหรับการรดน้ำทางการเกษตรแบบ PWM ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

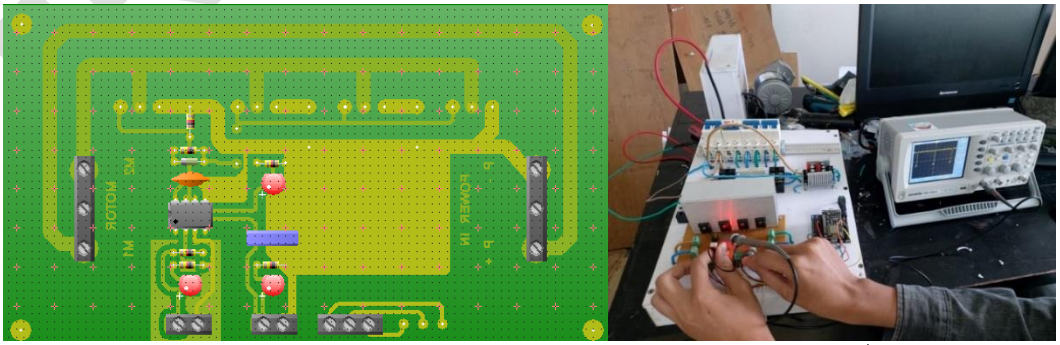
ในการออกแบบชุดควบคุมแรงดันด้วยสัญญาณพัลส์วิตมอดูเลชั่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มจากการป้อนแรงดันขาเข้าจากแผงโซลล่าเซลล์ จากนั้น ทำการลดแรงดันเพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับชุดควบคุม 5 โวลต์ สำหรับชุดป้อนสัญญาณพัลส์ และ 15 โวลต์ สำหรับชุดขับเกต TLP250 สัญญาณที่ได้จะนำไปขับมอตเฟสขนาด 40 แอมป์ ทั้งหมด 4 ตัวที่ต่อขนานไว้ เพื่อช่วยแบ่งกระแสในการขับมอเตอร์ แรงดันขาเข้าทั้งหมดจะถูกปรับจากตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ ขาอนาล็อก A0 และ แปลงเป็นสัญญาณ PWM ที่ขา D5 ด้วย Node MCU โดยสามารถแสดงแบบวงจรได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบชุดควบคุมการปรับแรงดันสำหรับการรดน้ำทางการเกษตร

การสร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพชุดควบคุมการปรับแรงดันสำหรับการรดน้ำทางเกษตร

หลังจากที่ได้ออกแบบวงจร ผู้วิจัยจึงทำการสร้างวงจรชุดควบคุมแรงดันลงแผ่น PCB ตามภาพที่ 3 (ก) และประกอบขึ้นเป็นชุดทดสอบที่ใช้งานจริงดังภาพที่ 3 (ข) ตามลำดับ



(ก) สร้างชุดวงจรควบคุมลงบนแผ่น PCB (ข) ชุดทดสอบที่ใช้งานจริง

ภาพที่ 3 การสร้างชุดควบคุมแรงดันที่ได้ออกแบบขึ้น

TREC-IRMUTT

การทดสอบประสิทธิภาพ

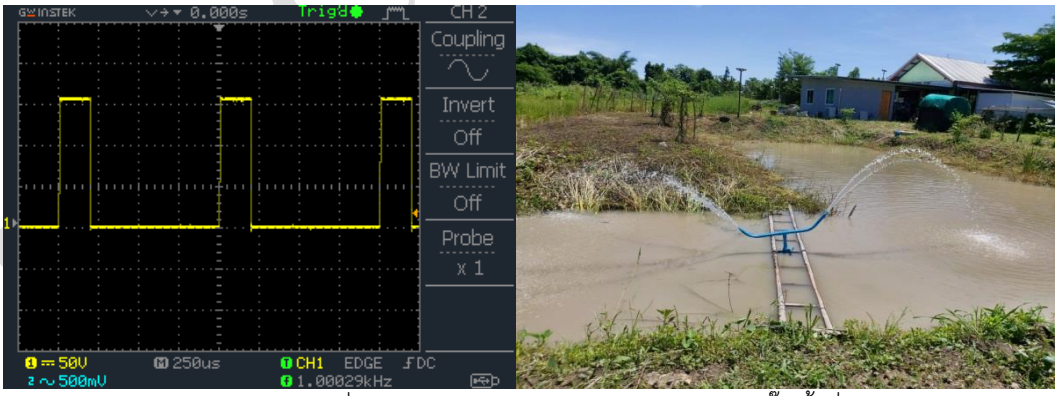
การทดสอบประสิทธิภาพของชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ขนาด 10% จนถึง 100% โดยทำการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าขาเข้าจากแหล่งจ่ายแผงโซล่าเซลล์ 330 วัตต์ จำนวน 2 แผง ต่อแบบอนุกรม และข้อมูลทางไฟฟ้าขาออกจากปั๊มน้ำขนาด 600 วัตต์ ดังแสดงได้ตามตัวอย่างภาพที่ 4(ก) และ 4(ข) ตามลำดับ

(ก) การวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า (ข) การทดสอบการปรับแรงดัน

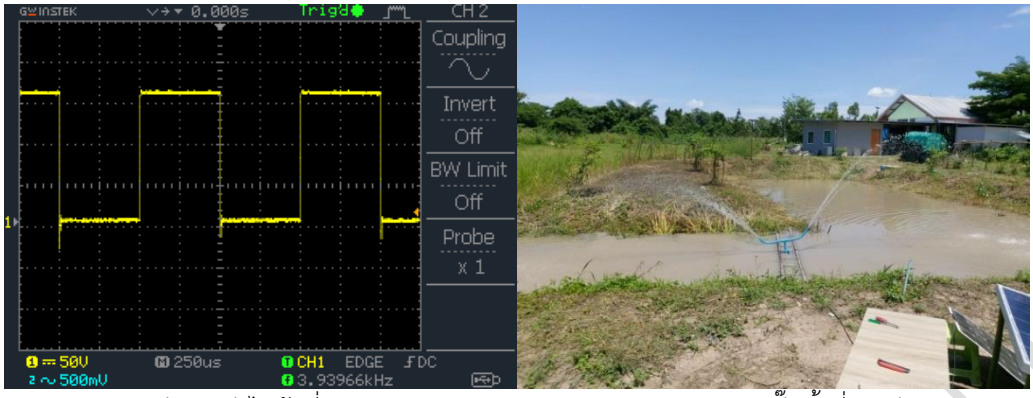
ภาพที่ 4 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดรดน้ำทางการเกษตร

ผลการวิจัย

สำหรับผลการวิจัยของชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้จัยได้ทำการทดสอบการปรับแรงดันตั้งแต่ขนาดแรงดัน 10% ไปจนถึง 100% เพื่อดูระยะของการรดน้ำ ซึ่งผลการวิจัย พบว่า เมื่อทำการปรับแรงดันในช่วงเริ่มต้นการปรับแรงดัน ระยะของการรดน้ำจะมีรัศมีวงแคบ และค่อยๆเพิ่มกว้างขึ้นเมื่อปรับแรงดันสูงขึ้น โดยสามารถแสดงตัวอย่างการปรับแรงดันที่ระดับ 20 % และ 75 % ที่ 50 V เทียบกับคาบเวลา 250 µs ดังภาพที่ 5(ก) และ 5(ค) และแสดงตัวอย่างของรัศมีการรดน้ำได้ดังภาพที่ 5(ข) และ 5(ง) ตามลำดับ



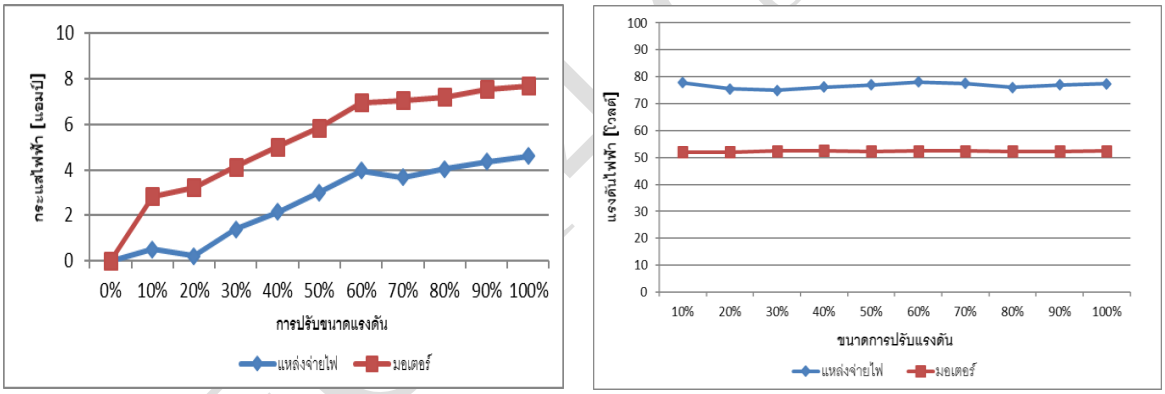
(ก) การปรับแรงดันไฟฟ้าที่ 20 % (ข) การทำงานของปั๊มน้ำที่แรงดัน 20%



(ค) การปรับแรงดันไฟฟ้าที่ 75 % (ง) การทำงานของปั๊มน้ำที่แรงดัน 75%

ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ

ในภาพที่ 6 แสดงผลข้อมูลทางไฟฟ้า พบว่าเมื่อมีการปรับแรงดัน PWM ตั้งแต่ 10% - 100% พบว่า แรงดันขาเข้าและขาออกจะมีค่าคงที่ โดยมีแรงดันแหล่งจ่าย สูงกว่าแรงดันที่จ่ายเข้าปั๊มน้ำ แสดงได้ดังภาพที่ 6 (ก) แต่จะมีผลต่อกระแสที่จ่ายเข้าโหลด โดยที่ขนาดแรงดัน PWM ต่ำ กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายจะมีค่าน้อย ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าปั๊มน้ำมีค่าน้อย และจะค่อยๆเพิ่มสูงเมื่อปรับขนาดแรงดัน PWM สูง ดังแสดงได้ดังภาพที่ 6 (ข)



(ก) แรงดันไฟฟ้า (ข) กระแสไฟฟ้า

ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการออกแบบชุดควบคุมการปรับแรงดันแบบ PWM สำหรับการรดน้ำทางการเกษตร ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 330 วัตต์ 2 แผง ต่อแบบอนุกรม ใช้กับปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 600 วัตต์ พบว่า ประสิทธิภาพของวงจรที่ออกแบบสามารถควบคุมความเร็วรอบของปั๊มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ปรับระดับแรงดันของสัญญาณ PWM จากน้อยไปมาก สามารถปรับความเร็วรอบและระยะการรดน้ำได้อย่างถูกต้อง การระบายความร้อนผ่านซิงค์ทำได้อย่างไม่มีปัญหา ส่งผลให้วงจรที่ออกแบบมีเสถียรภาพที่ดี เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้การรดน้ำทางการเกษตรแบบร่องสวน หรือการปลูกพืชชนิดอื่นที่ต้องการปรับรูปแบบระยะการรดน้ำตามความเหมาะสม หรืออาจนำไปพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IOT) เพื่อประยุกต์ใช้งานได้อย่างทันสมัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ในโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ที่ให้คำปรึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงสถานที่ทำงานวิจัย ในส่วนของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] ประกวด หงษาชาติ และ คณะฯ. (2555**). การพัฒนาเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบควบคุมกระแสขนาด 10 แอมป์.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[2] ภีรศักดิ์ เผ่าผาง. (2559). **การทำงานของอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติโดยวิธีการสวิตช์ชิ่ง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[3] ปัญญา ยอดโอวาท. (2546). **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง.** ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ : กรุงเทพฯ. หน้า 165.

[4] พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2543). **ทฤษฎี วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1.** ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัดมหาชน : กรุงเทพฯ.

[5] บุญเรือง วังศิลาบัตร (2561). **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง.** ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัดมหาชน : กรุงเทพฯ.

TREC-14 (MJU)

การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนร่วมกับเทอร์โมอิเล็คทริกสำหรับครัวเรือน
Design and development of hot air dryer with thermoelectric for households

สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงค์ และรัชนีวรรณ อังกุรบุตร*
Sutthinan Srirattayawong andRachaneewan Aungkurabrut*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Abstract

This research aims to design and develop a small hot air dryer for households. Its main components are the thermoelectric plates for air humidity control, the heater for heating the air and a fan to achieve air circulation in the incubator. The dimension of the dryer is 40 cm x 75 cm x 100 cm with a drying area of 1 square meter. The built drying cabinets were tested to compare between enabling the humidity control system to work with the heating control system in order to evaluate the drying efficiency. The fresh mulberry leaves (125 g) were dried for 2 hours at 40 °C under ambient temperature and relative humidity of 27 °C and 90%RH, respectively. The results showed that the thermoelectric dehumidification system combined with the heater had better drying effectiveness than the case of hot air drying from the heater of 1.1.

Keywords: Dryer, Dehumidified, Thermoelectric

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งลมร้อนขนาดเล็กสำหรับครัวเรือน โดยมีส่วนประกอบหลักได้แก่ เทอร์โมอิเล็คทริกสำหรับควบคุมความชื้นของอากาศ ฮีตเตอร์เพื่อให้ความร้อนกับอากาศ และพัดลมเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศในตู้อบ ตู้อบแห้งที่ออกแบบจะมีขนาดความกว้าง ยาว และสูง คือ 40 cm x 75 cm x 100 cm มีพื้นที่ในการอบแห้ง 1 ตารางเมตร ตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นได้ถูกทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานระบบควบคุมความชื้นโดยเทอร์โมอิเล็คทริกทำงานร่วมกับระบบควบคุมความร้อนโดยฮีทเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการอบแห้ง ใบหม่อนสดปริมาณ 125 กรัม ถูกอบแห้งที่ 40 °C โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมคือ 27 °C และ 90%RH เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าการนำระบบลดความชื้นด้วยเทอร์โมอิเล็คทริกร่วมกับฮีตเตอร์จะมีประสิทธิผลในการอบแห้งดีกว่ากรณีที่อบแห้งด้วยลมร้อนจากฮีตเตอร์ เท่ากับ 1.10

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง ลดความชื้น เทอร์โมอิเล็คทริก

บทนำ

ประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งผลผลิตที่ได้จะถูกนำไปจำหน่ายตามท้องตลาด อย่างไรก็ตามผลผลิตที่มีจำนวนมากเกินความต้องการของตลาดในช่วงฤดูกาล ทำให้จำหน่ายไม่ได้ หรือ มูลค่าตกต่ำ ก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเสีย ส่งผลให้เกษตรกรสูญเสียรายได้ การนำเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเข้ามาช่วย จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เสื่อมลง การนำผลผลิตมาแปรรูปด้วยการอบแห้ง เพื่อลดความเสียหายและเพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้นจึงเป็นวิธีที่นิยมมาก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำและทำได้ง่าย ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งเพื่อผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ก่อให้เกิดการพัฒนารูปแบบและกลไกการอบแห้งที่หลากหลายสำหรับผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง [1-5] การอบแห้งเป็นวิธีการแปรสภาพที่ใช้งานได้จริง มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและชดเชยการขาดแคลนอาหารในห่วงโซ่อุปาทาน หรือนอกฤดูกาล การอบแห้งเป็นกระบวนการง่าย ๆ ด้วยการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ใน

TREC-14 (NIDA)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การออกแบบและติดตั้งระบบออนกริด (On Grid) ขนาด 3.3 กิโลวัตต์ สำหรับการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์

The Design and Installation of On Grid Systems 3.3 kW for Hydroponics Melon

อัษฎางค์ บุญศรี[1] อัษฎา คล่องใจ[2*] ฉัตรชัย อินกราด[3*] เทพ เกื้อทวีกุล[4] และ นิวดี คลังสีดา[5]
Ussadang boonsri[1] Assada Kongchai[2*] Chatchai inkard[3*] Thep Kueathaweekun[4] and nivadee Klungsida[5]

[1,2,3,4] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[5] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

This paper presents the design and construction of on gird system 3.3 kW for hydroponics melon. The total system using energy consumption value is 13.04 kWh the use of AC power from the PEA is 1.6 kWh. The amount of electricity generated from solar energy is up to 11.80 kWh. Total cost savings equal to 47.2 baht and can calculate the payback period. where the investment of the system the cost is 60,000 baht, while the production of electricity from the on-grid system can reduce costs per year equal to 5,664 baht, this will result of farmers reducing a payback period about 10 years and 7 months

Keywords: On Grid Systems, hydroponics, melon

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบไฟฟ้าพลังงานทางเลือกด้วยโซล่าเซลล์แบบขนานร่วมกับการไฟฟ้าจากทางภาครัฐ (On Grid) ขนาด 3.3 กิโลวัตต์ สำหรับการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่า ระบบมีค่าการใช้พลังงานอยู่ที่ 13.04 กิโลวัตต์ชั่วโมง มีการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากทางภาครัฐอยู่ที่ 1.6 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งค่าปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงถึง 11.80 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ประหยัดได้เท่ากับ 47.2 บาท และ สามารถคำนวณระยะเวลาการคืนทุน โดยที่การลงทุนของระบบ มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 60,000 บาท ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากระบบออนกริดสามารถลดค่าใช้จ่ายต่อปีได้เท่ากับ 5,664 บาท คิดเป็นระยะเวลาการคืนทุนได้ประมาณ 10 ปี 7 เดือน จะส่งผลเกษตรกรสามารถลดต้นทุนการเพาะปลูกได้เป็นจำนวนมากหลังจากระยะการคืนทุน

คำสำคัญ : ระบบพลังงานแสงอาทิตย์, ไฮโดรโปรนิกส์ , เมล่อน

บทนำ

ปัจจุบันนี้ เกษตรกรไทยหันมาทำการเกษตรแบบโรงเรือนกันอย่างจริงจัง และมีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยเกษตรกรจะนิยมปลูกพืชที่มีราคาสูง เพื่อให้คุ้มกับการลงทุนทำโรงเรือน เช่น แคนตาลูป เมล่อน “วงจรชีวิตแตงเมล่อนหรือแคนตาลูป” โดยช่วงวันที่ 1-10 เป็นขั้นตอนการเพาะกล้า ช่วงวันที่ 11-22 เป็นขั้นตอนการตัดแต่งแขนง ช่วงวันที่ 23-25 เป็นระยะผสมเกสร ช่วงวันที่ 26-30 เป็นระยะคัดผลและแขวนลูก ช่วงวันที่ 36-60 เป็นระยะเร่งลูก บำรุงปุ๋ยให้ต้นเมล่อนญี่ปุ่นเจริญเติบโตตามที่ต้องการ ช่วงวันที่ 61-70 วัน เน้นเพิ่มความหวาน และช่วงวันที่ 71-75 เป็นระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นระยะที่ยาวนานในการเพาะปลูกจนกระทั้งถึงการเก็บเกี่ยวโดยเกษตรกรเองต้องใช้พลังงานจำนวนมากในระหว่างกระบวนการเพาะปลูก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายจำนวนมากที่ตัวเกษตรกรต้องจ่ายในแต่ระรอบทำให้รายได้ของเกษตรกรไม่คุ้มกับการลงทุน พลังงานคือหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่ว่าอุตสาหกรรมใดก็มีความต้องการ ยิ่งในด้านการเกษตรที่มีการต้องการพลังงานปริมาณมากและยังต้องเป็นพลังงานสะอาด เหมาะสมกับคนในชุมชน โซลาร์เซลล์จึงกลายเป็นสิ่งที่ตอบโจทย์ด้านพลังงานพื้นฐานของการเกษตรแบบโรงเรือนเป็นอย่างดี ซึ่งในระดับสากลโซลาร์เซลล์ก็มีบทบาทในการช่วยเกษตรกรอย่างมากมาย

TREC-14 (MJU)

การเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ เป็นอีกหนึ่งพืชเกษตรที่มีการใช้น้ำในการหมุนเวียนในการเพาะปลูกตลอดอายุการเจริญเติบโตของเมล่อน โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ทำการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์นั้น จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในการให้น้ำเมล่อน ส่งผลให้ต้นทุนเรื่องของพลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรสูงมาก ดังนั้นพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเพาะปลูก การใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมีทางเลือกหลากหลายรูปแบบ อาทิ ใช้ไฟฟ้าจากหน่วยงานภาครัฐโดยตรง หรือ ใช้พลังงานทางเลือกร่วมกับไฟฟ้าจากหน่วยงานรัฐ หรือ ใช้พลังงานทางเลือกเพียงอย่างเดียว สำหรับการปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ จำเป็นต้องมีระบบการให้น้ำที่มีเสถียรภาพทางไฟฟ้าสูง วิธีการที่จะเหมาะสมที่สุดคือ การใช้พลังงานทางเลือกร่วมกับระบบไฟฟ้ากับหน่วยงานภาครัฐหรือระบบ “ออนกริด” ซึ่งที่ผ่านมา ยังไม่ค่อยมีงานวิจัยที่นำระบบออนกริดมาใช้กับการเกษตรแบบสมาร์ทฟาร์ม แต่จะนิยมใช้กับวิธีการดังกล่าวกับที่อยู่อาศัยหรือสำนักงาน ยกตัวอย่างเช่น กชพรรณ สาครจิตร์ และ ชนาธิป ปานผอบ.[1] ได้ออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์แบบออนกริดหรือแบบเชื่อมต่อกับกริด ซึ่งได้ทำการศึกษาและปฏิบัติงาน ณ บริษัท นิวเพาเวอร์ ซิสเท็ม จำกัด ระบบที่นำเสนอนี้ถูกเชื่อมต่อไปยังกริดของการไฟฟ้าและไม่ต้องการแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน ถัดมาเป็นงานวิจัย วรวุฒิ เทพแสน [2] ทำการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริด โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงงานสหกิจศึกษา มหาลัยสยาม โครงงานนี้ได้อธิบายถึงการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริด ภายในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โซลาร์ โกไทรเพชร

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างระบบไฟฟ้าพลังงานทางเลือกด้วย โซลาร์เซลล์แบบขนานร่วมกับการไฟฟ้า (On Grid) ขนาด 3.3 กิโลวัตต์ มาใช้ในการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ เพื่อศึกษาและเป็นแนวทางเลือกให้กลุ่มเกษตรที่สนใจการเพาะปลูกในรูปดังกล่าว นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนเพื่อเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรที่จะนำไปใช้เพาะปลูกกับพืชชนิดอื่นๆต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

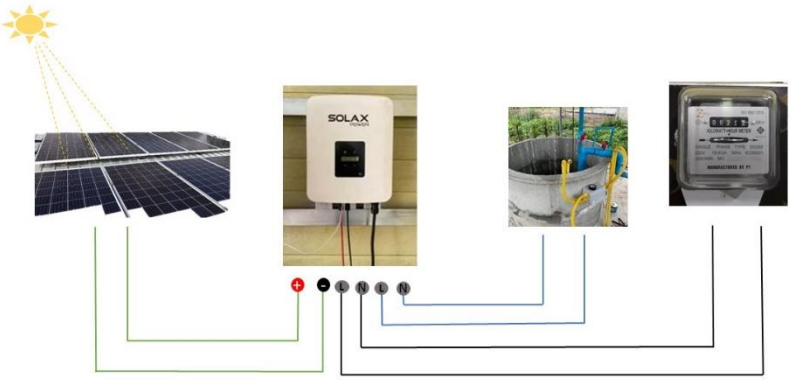
คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อนตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบระบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อน
3. ทดสอบหาประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อน
4. เก็บข้อมูลระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อน
5. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริด

ในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อนซึ่งเป็นวิธีการนำพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากหน่วยงานภาครัฐ โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์จำนวน 10 แผง คิดเป็นกำลังผลิตทั้งหมด 3.3 กิโลวัตต์ ทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์แบบออนกริดขนาด 3.3 กิโลวัตต์ และต่อขนานเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไฟฟ้ากับหน่วยงานภาครัฐแบบ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ มาใช้กับภาระทางไฟฟ้าของระบบการเพาะปลูกในโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ สามารถแสดงการออกแบบได้ดังภาพที่ 1 และแสดงการติดตั้งระบบได้ดังภาพที่ 2 (ก) และ 2 (ข) ตามลำดับ

EE-EC-14 (MJU)



ภาพที่ 1 ภาพของการออกแบบระบบออนกริดขนาด 3.3 กิโลวัตต์

(ก) การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (ข) การติดตั้งอุปกรณ์ระบบออนกริด

ภาพที่ 2 การติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริด ขนาด 3.3 กิโลวัตต์

ทดสอบหาประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อน

ในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบออนกริด โดยทำการหาค่าพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งรูปแบบกำลังไฟฟ้ากระแสตรงและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ในการทดสอบ จะทำการหาหน่วยการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ($Unit_{use}$) ที่วัดได้จากการเก็บข้อมูล เทียบกับหน่วยการใช้ไฟจากไฟฟ้าหน่วยภาครัฐ ($Unit_{pea}$) ที่ได้จากมาตรวัดไฟฟ้าเพื่อหาหน่วยไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบออนกริด ($Unit_{gen}$) ได้ตามรูปแบบสมการที่ (1)

$$Unit_{gen} = Unit_{use} - Unit_{pea} \quad (1)$$

โดยที่ ($Unit_{use}$) หาได้จากผลรวมของหน่วยไฟฟ้าที่คิดได้ต่อชั่วโมง ($Unit_{use/hr}$) เมื่อ P_i คือกำลังไฟฟ้าขณะใดๆ และ N คือจำนวนข้อมูลกำลังไฟฟ้าใน 1 ชั่วโมง สามารถแสดงการคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

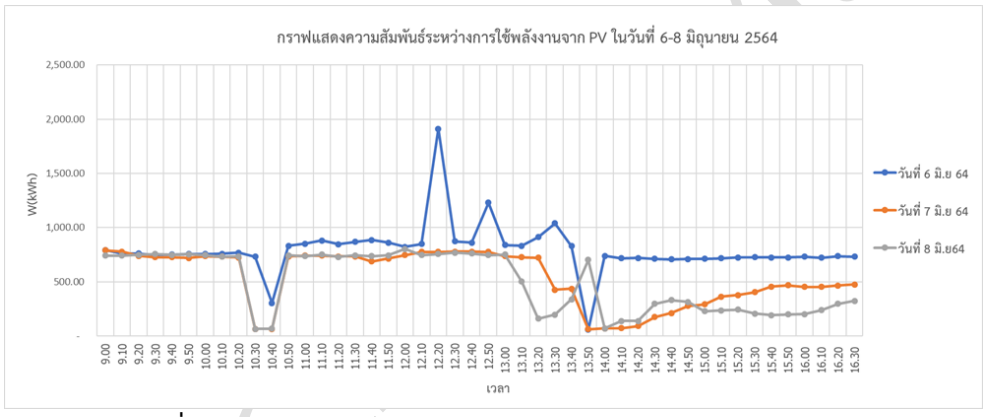
$$Unit_{use/hr} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} P_i \quad (2)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการแสดงผลการทดสอบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริด แบ่งการทดสอบผลของค่าการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกเป็น 2 แบบ คือ การวัดกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 09.00 น. ถึง 16.30 น. และ

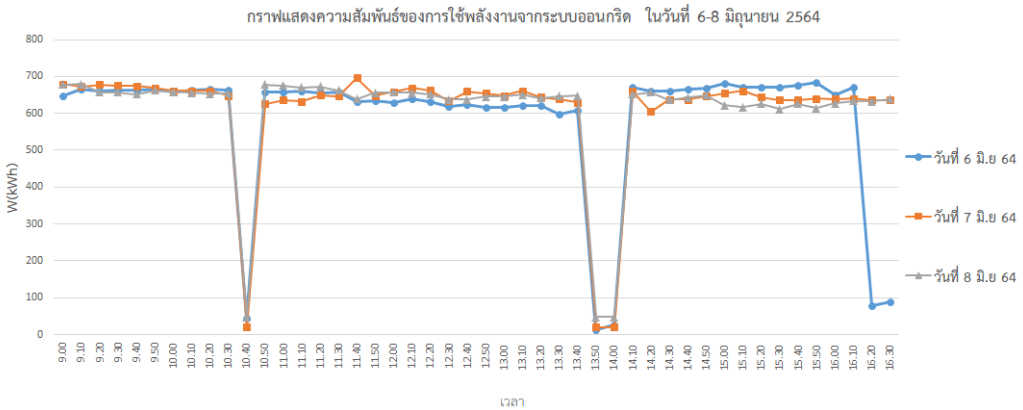
การวัดค่าพลังงานที่ใช้ไปทั้งหมดในช่วงเวลา 09.00 น. ถึง 16.30 น. โดยเริ่มการเก็บข้อมูลตั่งแต่วันที่ 6 - 8 มิถุนายน 2564 เป็นระยะเวลาทั้งหมด 3 วัน และเนื่องจากต้องการทราบค่าพลังงานที่พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ในช่วงเวลาที่เท่ากันในแต่ละวัน อาจมีปัจจัยต่าง ๆ เช่น เมฆฝนหรือร่มเงาในระยะเวลาทั้ง 3 วัน สามารถแสดงการทดสอบได้ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การเก็บผลทดสอบระบบออนกริด 3.3 กิโลวัตต์



ภาพที่ 4 แสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากแหล่งจ่ายโซลาร์เซลล์

ในภาพที่ 3 เป็นเก็บค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตเข้าระบบออนกริด โดยในช่วงเช้าที่มีแดดอ่อน ระบบจะผลิตไฟฟ้าได้อยู่ช่วงประมาณ 700-800 วัตต์ และจะสูงขึ้นช่วงสายไปจนถึงช่วงบ่าย โดยวัดค่าสูงสุดจากทั้ง 3 วันได้ประมาณ1900 วัตต์ และในช่วงบ่ายไปจนถึงเย็น กำลังการผลิตจะลดลงเหลืออยู่ประมาณ 700-800 วัตต์



ภาพที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานในโรงเรือนทั้ง 3 วัน

ในภาพที่ 5 จะแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 3 วัน โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 10 นาที ในการใช้ไฟฟ้าของแต่ละวันมีความคล้ายคลึงกัน โดยภาระทางไฟฟ้าของโรงเพาะปลูกเมล่อนจะใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 600-700 วัตต์ และจะมีค่าที่ 0-100 วัตต์ เมื่อปิดการใช้งานของโหลดหรือมีการลดการใช้งาน ซึ่งเป็นระบบการทำงานแบบอัจฉริยะของอินเวอร์เตอร์ที่จะมีการหยุดการทำงานเมื่อไม่มีการใช้งานของภาระทางไฟฟ้า เนื่องจากระบบมีการป้องกันการผลิตไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อไม่มีการใช้งาน

(ก) ภาพตัวอย่างแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าก่อนการเก็บข้อมูล (ข) ภาพตัวอย่างแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าหลังการเก็บข้อมูล

ภาพที่ 6 การแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐ

ในภาพที่ 6 เป็นการเก็บข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังในช่วงระหว่างการทดสอบ เนื่องทางผู้วิจัยต้องการทราบการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลเข้าระบบ ดังนั้นจึงทำการเก็บของข้อมูลดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบโดยนำหน่วยการไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันของภาพที่ 5 มาหาผลต่างกับหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งานจากภาครัฐในภาพที่ 6 โดยนำวิธีการที่ได้จากสมการที่ (1) และสมการที่ (2) มาคำนวณ สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบออนกริด

วันที่	**กระแสไฟฟ้าจากภาครัฐ [kW/hr]**	**กระแสไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด [kW/hr]**	**กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ [kW/hr]**
6 มิถุนายน 2564	0.51	4.28	**3.77**
7 มิถุนายน 2564	0.52	4.56	**4.04**
8 มิถุนายน 2564	0.57	4.56	**3.99**
รวม	1.60	13.40	**11.80**

จากตารางที่ 1 พบว่า ตลอดระยะเวลาการใช้งานทั้งหมดเป็นเวลา 3 วัน ค่ากำลังไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้ถึง 11.80 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีความต้องการใช้ไฟฟ้าจากภาครัฐเพียง 1.60 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยการใช้งานทั้ง 3 วัน มีค่าการใช้กำลังไฟฟ้ารวมอยู่ที่ 13.40 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ผลการหาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยกำลังไฟฟ้า

ชนิดของกำลังไฟฟ้า	**ค่ากำลังไฟฟ้า [kW/hr]**	**ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย [บาท]**	**รวมค่าใช้จ่าย [บาท]**
กำลังไฟฟ้าจากภาครัฐ	1.60	4	6.4
กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานทั้งหมด	13.40	4	53.6
กำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	**11.80**	**4**	**47.2**

จากตารางที่ 2 พบว่าหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งานทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 13.40 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 53.6 บาท ซึ่งเป็นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐจำนวน 1.6 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 6.4 บาท และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานโซลาร์เซลล์จำนวน 11.80 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 47.2 บาท เมื่อมีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานทั้ง 3 วัน ก็จะเห็นได้ว่าการใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ออนกริดสำหรับโรงเพาะปลูกเมล่อนนั้นสามารถลดค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าได้จริง นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณระยะเวลาการลงทุน โดยที่การลงทุนของระบบออนกริดขนาด 3.3 กิโลวัตต์ มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 60,000 บาท ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากระบบสามารถลดค่าใช้ 3 วันคิดเป็น 47.2 บาท คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายต่อปีได้เท่ากับ 5,664 บาท ดังนั้นสามารถคิดเป็นระยะเวลาการคืนทุนได้ประมาณ 10 ปี 7 เดือน

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานทางเลือกด้วยโซล่าเซลล์แบบ (On Grid) ขนาด 3.3 กิโลวัตต์ สำหรับการเพาะปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์ ทางผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการลดต้นทุนในการใช้พลังงาน โดยนำระบบไฟฟ้าแบบออนกริดเข้ามาทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งหาระยะเวลาการคืนทุนในระยะเวลาทั้ง 3 วัน พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้ถึง 11.80 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ส่งผลให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้าจากภาครัฐเพียง 1.60 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง มีค่าการใช้กำลังไฟฟ้ารวมอยู่ที่ 13.40 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 47.2 บาท นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณระยะเวลาการลงทุน โดยที่การลงทุนของระบบออนกริด ขนาด 3.3 กิโลวัตต์ มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 60,000 บาท ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากระบบออนกริดสามารถลดค่าใช้จ่ายต่อปีได้เท่ากับ 5,664 บาท ดังนั้นสามารถคิดเป็นระยะเวลาการคืนทุนได้ประมาณ 10 ปี 7 เดือน และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการใช้งานที่มีระยะยาวนานของระบบออนกริดกับการปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปรนิกส์นั้น พบว่าการใช้ระบบออนกริดกับการเกษตรการปลูกเมล่อนสามารถลดต้นทุนในการปลูกเมล่อนได้จริงและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตรชนิดอื่นๆที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงได้และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตส่งผลทำให้รายได้เพิ่มอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กชพรรณ สาครจิตร์ และ ชนาธิป ปานผอบ. (2560). การออกแบบและติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด. (สหกิจศึกษา). วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.กรุงเทพฯ.

[2] วรวุฒิ เทพแสน. (2562). การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบออนกริด ณ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โซลาร์ โก ไทรเพชร. (สหกิจศึกษา). วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

[3] ccsolar-thai. แผงโซลาร์เซลล์ สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2564. จาก : http://www.ccsolarthai.com.

[4] a-recyclegroup. อินเวอร์เตอร์. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2564 จาก : http://www.a-recyclegroup.com.

[5] eurooriental. ปั๊มน้ำ. ค้นหาเมื่อ 15 สิงหาคม 2564 จาก : https://www.eurooriental.co.th.

TREC-14(AMD)

สภาพพื้นผิวสะท้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน
The effect of reflective surface on bifacial photovoltaic efficiency

นเรนทร์ฤทธิ์ กันทะ[1] สราวุธ พลวงษ์ศรี [*] อัครินทร์ อินทนิเวศน์[1] และสุลักษณา มงคล[1]
Narenrit Kantha[1] Sarawut Ponvongsri[*] Akarin Intaniwet[1] and Sulaksana Mongkon[1]

[1] สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50210

Abstract

This paper presents the surface testing that affects power generation efficiency of a haft cut mono-crystalline bifacial solar panel with a power of 430 W_p. The panel was mounted at tilt angle of 18°, facing to the south and the height above the floor to the lower edge panel of 1.00 m. Data was recorded from 9:00 a.m. to 4:00 p.m. at School of Renewable Energy Maejo University. There were four surfaces which use in this study such as the concrete surface, the white painted concrete surface, the soil surface and the grass surface, respectively. From the test, it was found that the reflectance rate or albedo of concrete surface, the white painted concrete surface, the soil surface, grass surface was 0.22, 0.53, 0.26, and 0.30 respectively. The white painted concrete surface had the highest albedo value, so the power generation resulted in a maximum value of 404.1 W and a peak electricity generation efficiency of 20.51%. For the concrete surface, grass surface and soil surface could produce of 376.8 W, 360.4 W, and 385.8 W, respectively. The power generation efficiency was 18.12%, 18.35. %, and 18.57%, respectively.

Keywords: Bifacial Photovoltaic Panel, Albedo, Surface, Electricity Generation

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการทดสอบพื้นผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน ชนิด Monocrystalline แบบ haft cut cell พิกัดกำลังไฟฟ้า 430 Wp ทำการติดตั้งแผงมุมเอียง 18° หันไปทางทิศใต้ และมีความสูงจากพื้นถึงขอบล่างของแผงเท่ากับ 1 m ข้อมูลในการทดลองถูกบันทึกตั้งแต่ 9.00 น. – 16.00 น. ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พื้นผิวที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 4 พื้นผิว ได้แก่ พื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว พื้นผิวดิน และพื้นผิวหญ้า ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า อัตราการสะท้อนแสงหรือค่าอัลบีโดของ พื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว พื้นผิวดิน และพื้นผิวหญ้า มีค่าเท่ากับ 0.22 0.53 0.26 และ 0.30 ตามลำดับ จากที่พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาวมีค่าอัลบีโดสูงสุดส่งผลทำให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 404.1 W และมีค่าประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 20.51% สำหรับพื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวหญ้า และพื้นผิวดิน สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 376.8 W, 360.4 W, และ 385.8 W ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 18.12%, 18.35%, 18.57% ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน, อัลบีโด, พื้นผิว, การผลิตไฟฟ้า

บทนำ

ในปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานทั่วไปเป็นแบบรับแสงเพียงด้านเดียว (Monofacial PV) มีอยู่หลายชนิด เช่น Mono crystalline Poly crystalline Amorphous เรียกโดยภาพรวมว่า Conventional ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าทำงานโดยรับแสงจากด้านหน้าเพียงด้านเดียว แต่เทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้มีการพัฒนาขึ้นมาอย่างมากเพื่อเพิ่ม

TREC-IAOMJU

ประสิทธิภาพของแผงมากยิ่งขึ้น เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่รับแสงได้สองด้าน (Bifacial PV) ซึ่งเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความสามารถในการผลิตพลังงานต่อแผงสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบอื่น ๆ โดยสามารถผลิตไฟฟ้าจากการรับแสงอาทิตย์ทั้งด้านหน้าและด้านหลังแผง ในต่างประเทศมีการนำมาใช้กันแพร่หลายมากขึ้น เช่น Baloch [7] ได้ประเมินประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่ประเทศการ์ตา ทำการประเมินผลกระทบจากสภาพความสกปรกของแผง และ albedo ใน 2 ฤดู โดยพบว่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial ในเดือนมิถุนายน สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1.44 kWh และในเดือนธันวาคม เพิ่มขึ้นเป็น 1.72 kWh ในส่วนของ albedo นั้น เมื่อเปลี่ยนจากคอนกรีตเป็นแผ่นสีขาว สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.3% และสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น 29% จากการทำความสะอาดแผงโซล่าเซลล์ทุกวัน Jai Prakash SINGH [9] ได้ศึกษาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ bifacial ในสิงคโปร์ (ภูมิอากาศแบบเขตร้อน) ที่ติดตั้งบนหลังคาทรงแบน (Flat Slab) ของมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงค์โปร์ โดยติดตั้งด้วยความสูงจากพื้นหลังคา 100 cm หันหน้าไปทางทิศใต้ จากผลการทดลองประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ bifacial เพิ่มขึ้นเกือบ 10% เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Monofacial โดยที่ไม่ต้องปรับปรุงหลังคา (การสะท้อนแสง < 20%) หากปรับปรุงหลังคาให้มีการสะท้อนแสงมากขึ้น (การทาสีขาว หรือ เคลือบหลังคาด้วยวัสดุที่สะท้อนแสง) จะทำให้ค่าประสิทธิภาพสูงมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ bifacial สามารถทำงานได้ดีเมื่อการกระจายรังสีสูง และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในแนวตั้งและหันหน้าไปทางตะวันออก – ตะวันตก มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อเทียบกับการติดตั้งด้วยมุมเอียงประมาณ 10° โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้ (เข้าหาเส้นศูนย์สูตร)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial PV มีปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ที่เป็นตัวแปรในการเพิ่มประสิทธิภาพของแผง เช่น ความสูงของโมดูล มุม และพื้นผิวก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยเฉพาะการติดตั้งในประเทศไทย หากมีการนำมาใช้ในพื้นที่ผิวที่มีลักษณะแตกต่างกัน ย่อมส่งผลแตกต่างกัน ดังนี้จึงทำการศึกษาพื้นผิวที่ส่งผลสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจในการติดตั้งต่อไป

วิธีการวิจัย

ในการทดลอง จะทดสอบอัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน โดยพื้นผิวที่จะทำการทดสอบประกอบไปด้วย พื้นคอนกรีต(เก่า) พื้นคอนกรีตทาสีขาว พื้นดิน และพื้นหญ้า โดยติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความสูงจากพื้นถึงขอบล่างของแผง 1.00 m ที่มุมเอียง 18° ทิศทางของแผงหันไปทางทิศใต้ ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยพื้นผิวที่ทำการทดสอบ (พื้นคอนกรีตทาสีขาว พื้นดิน พื้นหญ้า) มีขนาด 4.10x5.00 m รวมพื้นที่ 20.50 m^2 โดยจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ห่างจากขอบพื้นผิวด้านละ 1.50 m แผงที่ใช้ทดสอบเป็นแผง Bifacial PV แบบ haft cut cell ยี่ห้อ LONGi พิกัดกำลังไฟฟ้า 430 Wp ขนาด 2,094x1,038x35 mm น้ำหนักแผง 27.5 kg ทดสอบในช่วงเดือนเมษายน – พฤษภาคม 2564 เวลา 9.00 – 16.00 น. บันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 นาที โดยตัวแปรที่เก็บข้อมูลได้แก่ ค่ารังสีอาทิตย์ อัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิว อุณภูมิอากาศแวดล้อม อุณภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่อง PV module analyzer เป็นเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า ทดสอบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

TREC-14(MJU)

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 การติดตั้งแผงแบบ Bifacial PV ด้านหน้า (ก) และด้านหลัง (ข)

การวัดค่ารังสีอาทิตย์ และ รังสีสะท้อนของพื้นผิวใช้เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์รวม ยี่ห้อ Apogee จำนวน 3 ตัว ในการตรวจวัด โดยตัวที่ 1 ติดตั้งบริเวณตรงกลางด้านข้างแผง ขนานในระนาบเดียวกับองศาของแผง เพื่อตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ (I_T) ตัวที่ 2 ติดด้านหลังแผงบริเวณด้านล่างกึ่งกลางแผง ($I_{R\ Bottom}$) และ ตัวที่ 3 ติดตั้งด้านหลังแผงบริเวณด้านบนกึ่งกลางแผง ($I_{R\ Top}$) เพื่อตรวจวัดค่ารังสีสะท้อนของพื้นผิว และนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย (I_R) เพื่อนำมาคำนวนอัตราการสะท้อนแสง หรือ Albedo ซึ่งคำนวนได้จาก [10]

$$\text{Albedo} = \frac{\text{Reflected Light}}{\text{Incident Light}} \qquad (1)$$

เมื่อ Reflected Light = รังสีที่สะท้อนกลับ

Incient Light = รังสีที่ดวงอาทิตย์แผ่ลงมา

การหาประสิทธิภาพคำนวนได้จาก

$$\eta_{bPV} = \frac{E_{bPV} = P_{PV}\Delta t}{E_{sun} \quad AI_T\Delta t} \qquad (2)$$

เมื่อ E_{sun} = พลังงานจากดวงอาทิตย์ (kWh)

E_{bPv} = พลังงานที่ไฟฟ้าผลิตได้ (kWh)

P_{PV} = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (W)

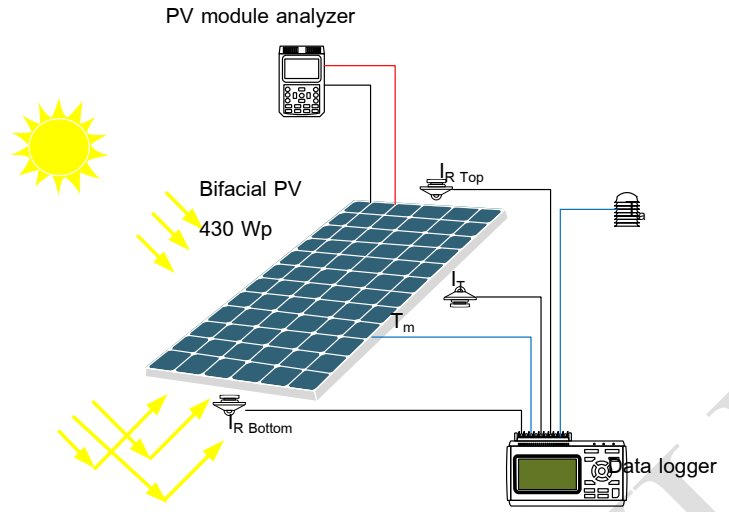
A = พื้นที่รับแสง (m^2)

I_T = รังสีอาทิตย์ด้านหน้า (W/m^2)

Δt= เวลา (minute)

พร้อมทั้งตรวจวัดอุณภูมิแวดล้อม (T_a) และ อุณภูมิแผง (T_m) โดยใช้สาย Thermocouple Type k ติดบริเวณด้านหลังตรงกลางแผงในส่วนที่ไม่มีเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเก็บค่าอุณภูมิแผง เก็บข้อมูลผ่าน Data logger ยี่ห้อ Graphtech ดังแสดงในภาพที่ 2

TREC-14 (MJU)

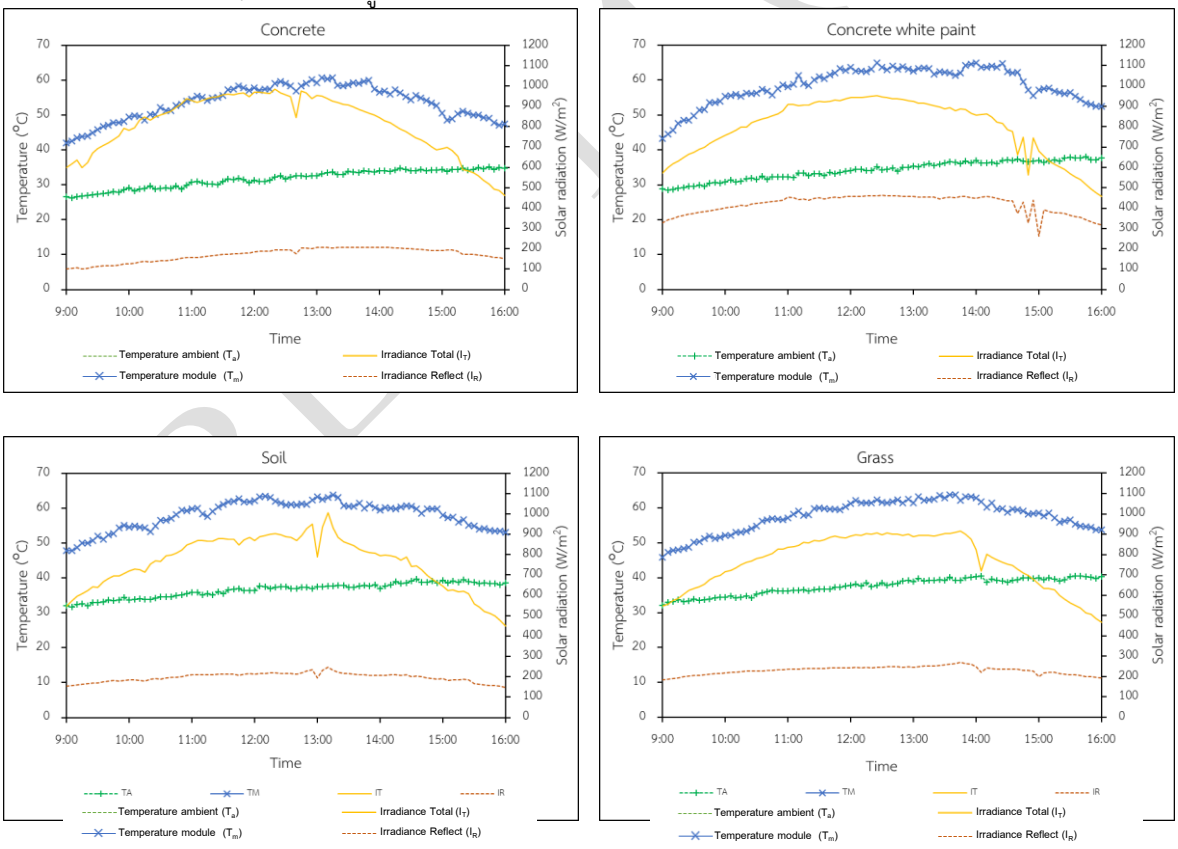


ภาพที่ 2 จุดติดตั้งเครื่อง มือที่ใช้ในการตรวจวัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. อัตราการสะท้อนแสงของแต่ละสภาพพื้นผิว

จากการทดสอบเก็บข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์และอัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิวในช่วงเดือน เมษายน – พฤษภาคม 2564 ใน 4 พื้นผิว ซึ่งได้แก่ คอนกรีต(เก่า) คอนกรีตทาสีขาว ดิน และ หญ้า โดยในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลมีค่ารังสีอาทิตย์อยู่ระหว่าง 100 – 1000 W/m^2 โดยข้อมูลที่ได้แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่ารังสีอาทิตย์ ค่ารังสีสะท้อน อุณภูมิแวดล้อม อุณภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในแต่ละพื้นผิว

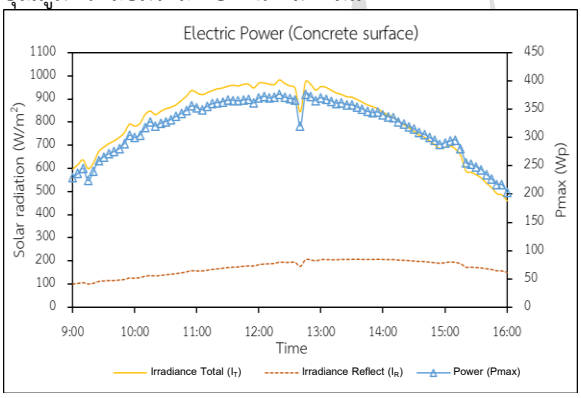
จากภาพที่ 3 แสดงข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ด้านหน้า (I_T) ค่ารังสีอาทิตย์ด้านหลัง (I_R) อุณภูมิแวดล้อม (T_a) และอุณภูมิแผง (T_m) ซึ่งพบว่ามีสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบใกล้เคียงกัน โดย อุณภูมิแวดล้อมในการทดสอบ กรณี พื้นผิวคอนกรีต(เก่า) พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว พื้นผิวดิน และพื้นผิวหญ้า มีค่า 31.6 °C, 34.1 °C, 36.5 °C, 37.5 °C ในขณะที่ค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบด้านหน้ามีค่าเฉลี่ย 810.10 W/m^2 (สะสม 20.66 MJ/m^2-day) 795.61 W/m^2 (สะสม 20.28 MJ/m^2-day) 762.36 W/m^2 (สะสม 19.44 MJ/m^2-day) 765.11 W/m^2 (สะสม 19.50 MJ/m^2-day) ตามลำดับ ในขณะที่ค่ารังสีสะท้อนมีค่า 170.49 W/m^2 (สะสม 4.34 MJ/m^2-day) 417.70 W/m^2 (สะสม10.65 MJ/m^2-day) 197.40 W/m^2 (สะสม 5.03 MJ/m^2-day) 230.45 W/m^2 (สะสม 5.87 MJ/m^2-day) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจาก อุณภูมิแวดล้อม (T_a) พบว่าเมื่อ ค่ารังสีอาทิตย์ด้านหน้า (I_T) สูง อุณภูมิแวดล้อม (T_a) จะสูงตามไปด้วย และเมื่อนำค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดได้มากคำนวนหาอัตราการสะท้อนแสง หรือ Albedo ตามสมการที่ (1) พื้นผิวคอนกรีต(เก่า) พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว พื้นผิวดิน และพื้นผิวหญ้า มีค่า Albedo อยู่ที่ 0.22 0.53 0.26 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งค่า Albedo ที่สูงจะทำให้ค่ารังสีที่สะท้อนตกกระทบบริเวณพื้นหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1

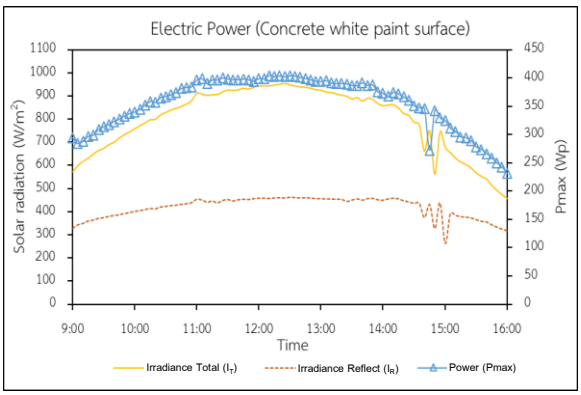
ตารางที่ 1 ค่าการสะท้อนแสงของพื้นพิวที่ทดสอบในแต่ละชนิด

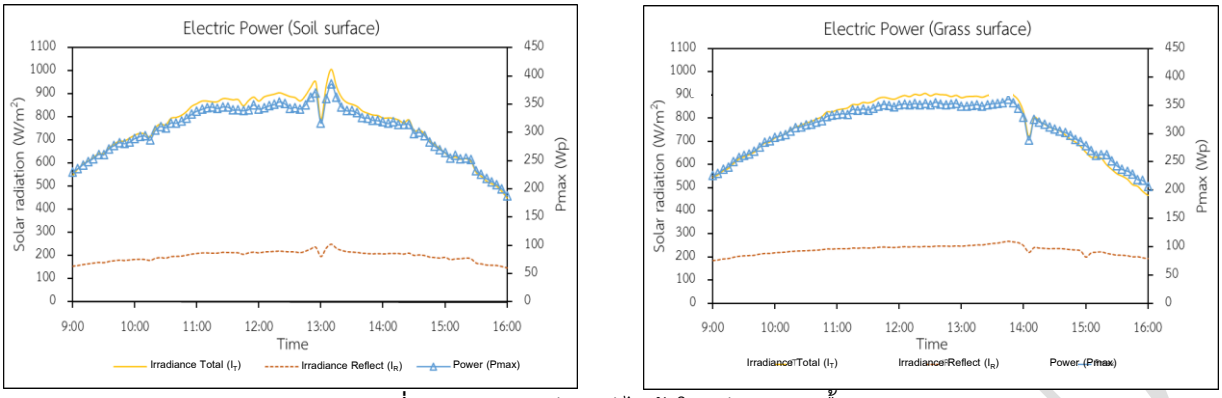
Type of surface	Concrete	Concrete white paint	Soil	Grass
Picture				
Albedo	0.22	0.53	0.26	0.30

2. ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านในแต่ละพื้นผิว

จากผลการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน ในแต่ละพื้นผิว ในสภาวะที่อุณภูมิแวดล้อมใกล้เคียงกัน แสดงในภาพที่ 4

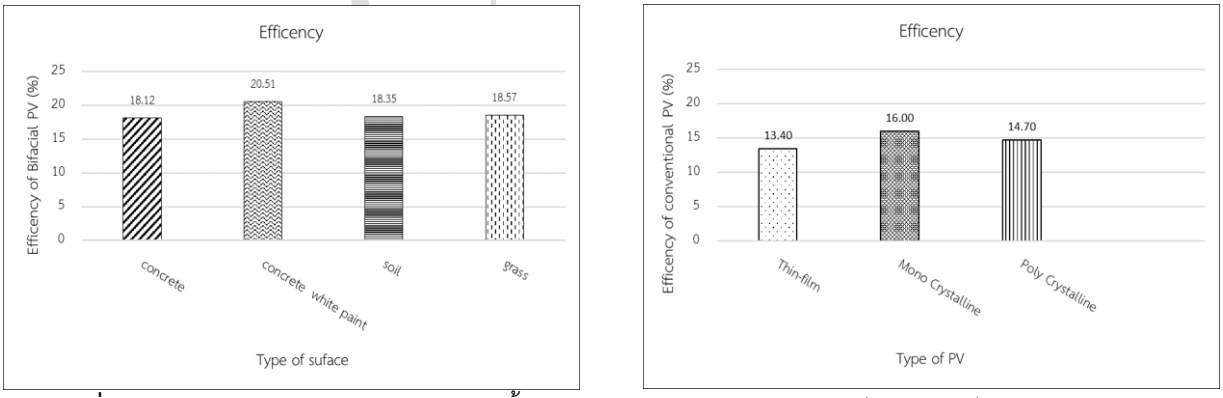






ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าในแต่ละสภาพพื้นผิว

จากภาพที่ 4 กราฟแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวคอนกรีต มีกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ผลิตได้ 203 Wp ในช่วงเวลา 16.00 น. ที่อุณภูมิแผง 47.5 °C และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 376.8 Wp ในช่วงเวลา 12.20 น. ที่อุณภูมิแผง 58.3 °C ให้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 2.26 kWh/day พื้นผิวดินมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ 187.9 Wp ในช่วงเวลา 16.00 น.ที่อุณภูมิแผง 53.1 °C และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 385.8 Wp ในช่วงเวลา 13.10 น.ที่อุณภูมิแผง 63 °C ให้พลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าคิดเป็น 2.15 kWh/day พื้นผิวหญ้ามีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ 206.7 Wp ในช่วงเวลา 16.00 น. ที่อุณภูมิแผง 53.7 °C และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 360.4 Wp ในช่วงเวลา 13.45 น. ที่อุณภูมิแผง 62.2 °C ให้พลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าคิดเป็น 2.18 kWh/day และพื้นผิวคอนกรีตทาสีขาวมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ 230.8 Wp ในช่วงเวลา 16.00 น. ที่อุณภูมิแผง 52.4°C และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 404.1 Wp ในช่วงเวลา 12.10 น. ที่อุณภูมิแผง 62.6 °C ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าไฟฟ้า 2.51 kWh/day โดยอุณภูมิของแผงณ กำลังไฟฟ้าสูงสุด อยู่ระหว่าง 60-65 °C ในช่วงเวลา 11.30-13.30 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านที่ติดตั้งบนพื้นผิวคอนกรีตทาสีขาวจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นผิวชนิดอื่น เนื่องจาก พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว มีอัตราการสะท้อนแสงหรือค่า Albedo ที่สูง ส่งผลให้รังสีสะท้อนตกกระทบบริเวณด้านหลังแผงมาก ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของแต่ละพื้นผิว และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Conventional

จากภาพที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 พื้นผิว โดยนำมาหาประสิทธิภาพจากสมการที่ (2) พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาวให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ 20.51% รองลงมาเป็นพื้นผิวหญ้า พื้นผิวดิน และคอนกรีตเก่าที่ 18.57%, 18.35% และ 18.12% ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมากจาก พื้นผิวสีขาวที่มี Albedo สูง ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงกว่า พื้นผิวชนิดอื่น และเมื่อเปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน กับ ประสิทธิภาพแผง conventional [3] พบว่า แผง bifacial มีประสิทธิภาพสูงกว่าทุกกรณี

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพื้นผิวที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial ในช่วงเวลา 9.00 น. – 16.00 น.พบว่า พื้นผิวคอนกรีต(เก่า) พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว พื้นผิวดิน พื้นผิวหญ้า มีอัตราการสะท้อนของรังสีอาทิตย์ (Albedo) อยู่ที่ 0.22, 0.53, 0.26 และ 0.30 กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial PV สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2.26 kWh/day, 2.51 kWh/day, 2.15 kWh/day, 2.18 kWh/day คิดเป็น 18.12%, 20.51%, 18.35% และ 18.57% ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว พื้นผิวคอนกรีตทาสีขาว ซึ่งมีอัตราการสะท้อนของรังสีอาทิตย์สูง ทำให้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bifacial PV สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ สำหรับการทำวิจัย รวมถึงทุนสนับสนุนโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2562 และ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ ขอขอบคุณหน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาโทในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). **หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โครงการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[2] กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). **สารานุกรมพลังงานทดแทน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท มีเดีย เอกซ์เพอร์ทีส อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด. 27-28.

[3] นิติกรณ์ ศิลป์ศิริวานิชย์, วสันต์ พลาสัย. (2563). **ผลการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการทดสอบกลางแจ้ง.** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 12 (2), 113-123.

[4] รายงานสถานภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2559-2560. (2561). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

[5] ดวงพร นพคุณ. (2536). **ภูมิอากาศวิทยา.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

[6] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). **รังสีอาทิตย์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม : เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป. 42-62.

[7] Ahmer A.B. Baloch., Maher Armoush., Basel Hindi., Abdelkader Bousselham., Nouar Tabet. (2017). **Performance Assessment of Stand Alone Bifacial Solar Panel Under Real Time Conditions.** IEEE Photovoltaic Specialist Conference (PVSC). 44th .

[8] Johan Peura., Jessica Torssell. (2018). **Evaluation of simulation methods and optimal installation conditions for bifacial PV modules.** Doctoral Dissertation. Linköping University.

[9] Jai Prakash SINGH., Timothly M WAKSH. (2012). **PERFORMANCE INVESTIGATION OF BIFACIAL PV MODULES IN THE TROPICS.** Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC). Vol 27.

[10] LG Electroincs Inc. (2017). **Bifacial Design Guide**. Brochure. Seoul. Korea : Author.

[11] Wenbo Gu a, b, Senji Li a, b, Xing Liu b, Zhenwu Chen b, Xiaochun Zhang b, Tao Ma a. (2021). **Experimental investigation of the bifacial photovoltaic module under real conditions.** Renewable Energy Vol 173. 1111-11122.

TREC-IA (MJU)

ระบบรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน
Hydroponics System for Reporting Water State of Melon Greenhouses with a Smartphone

อัษฎางค์ บุญศรี[1] จักรกฤษณ์ มันเทศ[2*] ยุทธพงศ์ จรแจ่ม[3*] และ เทพ เกื้อทวีกุล[4]
Ussadang Boonsri[1] Jakkrit Mantat [2*] Yuttaphong Jonjam[3*] and Thep Kueathaweekun[4]

[1,2,3,4]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

This paper presents the research on the hydroponics system for reporting the water state of melon greenhouses using a smartphone. The researcher has divided the system performance test into 2 parts: 1) the operation of the system and reporting results via a smartphone. By designing a system with a motor control circuit through a timer using a timer device and using a NodeMCU microcontroller, the results are reported via a smartphone and 2) the result of the water conductivity (EC), acidity- The alkalinity of the water state (pH) and the temperature value of the water state inside the greenhouses The results of the first section showed that The system can work efficiently, turning the system on and off at the set time. The melon plants in the greenhouse can grow evenly. Smartphone reporting performed well in part 2 over the entire 3 days, with the effect of the electrical conductivity (EC) averaged 1548.65 µS/cm, pH was the average value was 6.84 and the average water temperature was 30.80 °C which met the growth criteria. The results of the above-mentioned tests can enable melons to grow with quality and be harvested within 80 days. Therefore, this research is another option for farmers who are interested in melon cultivation.

Keywords: Water State, Hydroponic, Smart Phone

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอในงานวิจัยระบบรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทำงานของระบบและการรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟน โดยออกแบบระบบด้วยวงจรควบคุมมอเตอร์ผ่านการตั้งเวลาด้วยอุปกรณ์ไทม์เมอร์และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU รายงานผลผ่านสมาร์ทโฟน และ 2) ผลของค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสภาพน้ำ (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำภายในบ่อน้ำของโรงเรือน ผลการทดสอบในส่วนแรกแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการเปิด-ปิด ได้ตามเวลาที่ตั้งไว้ ทำให้ต้นเมล่อนในโรงเรือนเจริญเติบโตได้อย่างสม่ำเสมอ การรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟนสามารถทำงานได้ดี ในส่วนที่ 2 ตลอดระยะเวลาทั้ง 3 วัน ผลของค่าความนำไฟฟ้า (EC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1548.65 µS/cm ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.84 และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.80 °C ซึ่งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ของการเจริญเติบโต โดยการเก็บผลการทดสอบที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถทำให้เมล่อนเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวได้ตามกำหนดเวลาในเวลา 80 วัน และได้เมล่อนที่มีคุณภาพ เหมาะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรที่สนใจเพาะปลูก

คำสำคัญ : สภาพน้ำ , ไฮโดรโปนิกส์ , สมาร์ทโฟน

บทนำ

ในปัจจุบันเกษตรกรมีการปลูกเมล่อนกันอย่างแพร่หลาย เป็นที่ต้องการทางตลาดสูงและดูแลยาก มีทั้งการปลูกในดินในน้ำหรือแบบไฮโดรโปนิกส์ แต่การปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่นิยมปลูกกันมากนัก เนื่องจากการปลูกเมล่อนจะต้องมีเวลาดูแลคอยให้ปุ๋ยตรงเวลาอย่างสม่ำเสมอมากกว่าพืชผักผลไม้ชนิดอื่นๆ ทำให้ผู้เพาะปลูกต้องเข้าไปดูแลเมล่อนอยู่บ่อยๆ บางครั้งเกษตรกรอาจไม่ว่างเข้ามาดูแล และอาจจะทำให้เสียเวลาการทำงานอื่นๆ ทำให้เกษตรกรรุ่นใหม่มีแนวคิดที่จะปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จำเป็นต้องมีระบบน้ำและสารละลาย ข้อดีของระบบน้ำจะช่วยในเรื่องของความร้อนของน้ำที่จะเย็นกว่าระบบอื่น และยังช่วยลดการทำงานในฟาร์ม เพราะการวัดค่าปุ๋ยในน้ำ (EC) หรือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ภายในบ่อ สามารถใช้เครื่องเติมปุ๋ยและกรดแบบอัตโนมัติได้เพื่อช่วยควบคุมค่าน้ำให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชให้มากที่สุด

จะเห็นได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิหรือปุ๋ยและความค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ มีความจำเป็นอย่างมากต่อการจัดเตรียมสถานที่ในการเพาะปลูกเมล่อนซึ่งโรงเรือนส่วนใหญ่จะไม่มีการจัดการในเรื่องของระบบการรายงานของค่าสภาพแวดล้อมในน้ำ ส่งผลให้ต้นทุนทางการผลิตสูงและเข้าถึงได้ยาก จึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ค่อยนิยมนำระบบอัตโนมัติไปทำเป็นอาชีพเสริม จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น หากมีการนำปัญหามาทบทวนและพัฒนาออกแบบใหม่ขึ้น อาจช่วยให้ได้ระบบที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้นได้โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ คำคูณ พันธวงศ์ และรัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์[1] การปลูกพืชไร้ดินด้วยระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ถูกออกแบบ และพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในทุกพื้นที่โดยเฉพาะเขตที่มีอากาศร้อน และแห้งแล้งซึ่งภายในโรงเรือนสามารถลดอุณหภูมิเพิ่มความชื้น และควบคุมแสงแดดที่มากเกินไปเพื่อให้ง่ายและอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรในการดูแลผัก ระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ 1) ส่วนของเซ็นเซอร์ ใช้ในการวัดค่าความสว่างของแสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 2) ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ในการประมวลผล และตัดสินใจสั่งให้อุปกรณ์ทำงาน 3) ส่วนของแอคจูเอเตอร์ ได้แก่ปั๊มน้ำ พัดลม และมอเตอร์ซึ่งรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกโหมดการควบคุมระบบออกเป็น 3 โหมด ได้แก่ 1) โหมดอัตโนมัติ 2) โหมดแมนนวล 3) โหมดตั้งค่า ซึ่งผู้ใช้สามารเลือกโหมดการทำงานได้ผ่านทางจอแอลซีดี รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์ [2] ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IOT และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก ปัจจุบันการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านระบบเครือข่ายด้วยเทคโนโลยี Internet of thing (IOT) เริ่มได้รับความนิยมในภาคเกษตรกรรม ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ให้สามารถค วบคุมการทำงานได้แบบอัตโนมัติ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงออกแบบระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU เพื่อสั่งการให้ระบบทำงานแจ้งเตือนค่าความนำไฟฟ้าในสภาพน้ำ (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าอุณหภูมิในน้ำ ผ่านโทรศัพท์มือถือ และใช้ไทม์เมอร์ตั้งเวลาเพื่อให้น้ำวนเป็นเวลา จากนั้นจะทำการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบน้ำในโรงเรือน

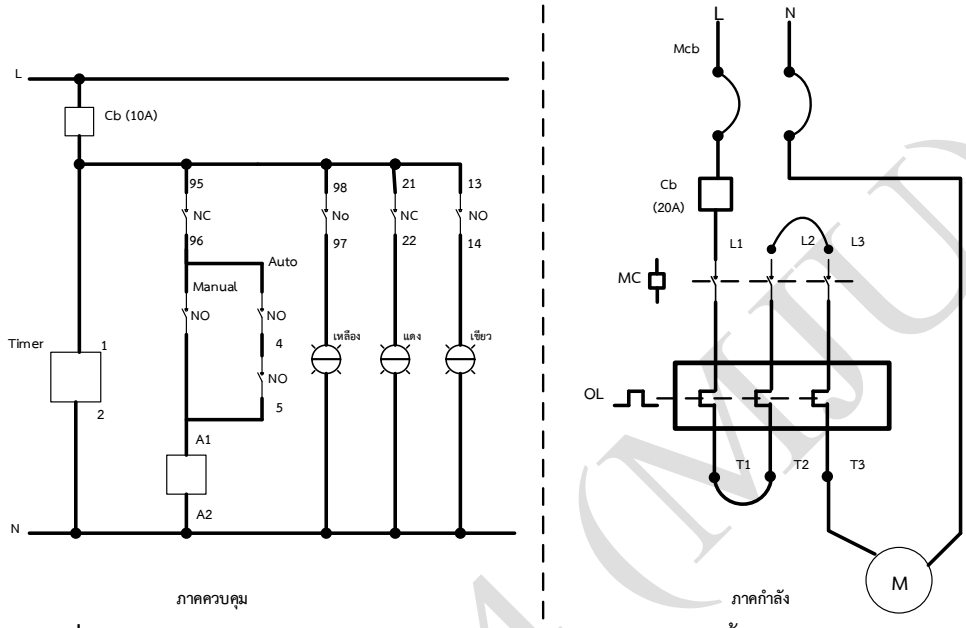
วิธีการดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน ตามขั้นตอนดังนี้

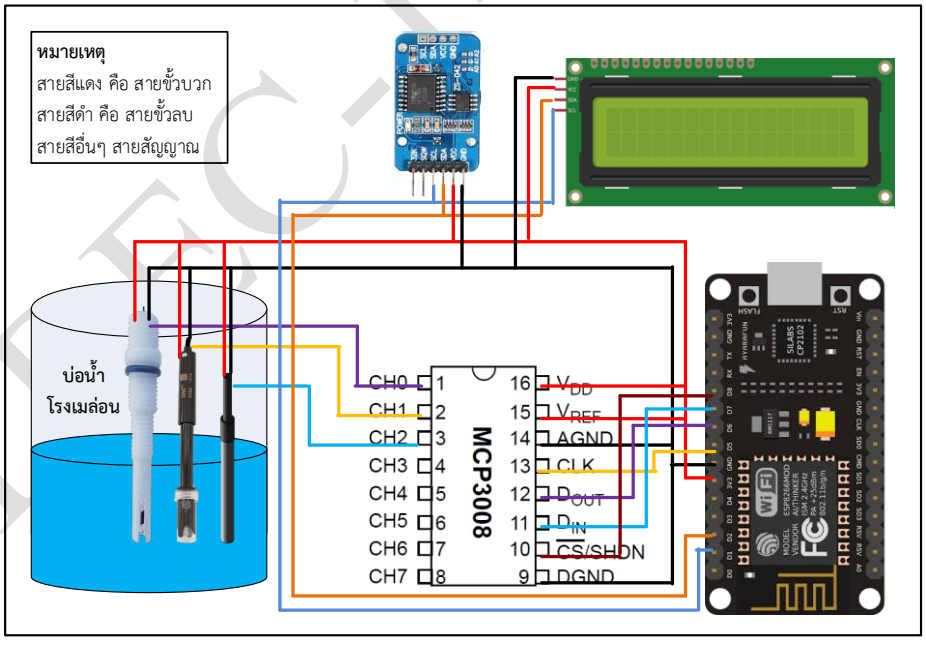
1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน
3. สร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน
4. เก็บข้อมูลระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน
5. วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผลการทดลอง

การออกแบบระบบระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน

ในการออกแบบระบบการรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน ได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยการตั้งเวลาการทำงานผ่านไทม์เมอร์ เพื่อควบคุมปั๊มน้ำแบบไดโวขนาด 400 วัตต์ ดังแสดงวงจรได้ดังภาพที่ 1 และ ออกแบบระบบการรายงานค่าสภาพแวดล้อมในน้ำผ่านสมาร์ทโฟนได้ดังภาพที่ 2 และติดตั้งประกอบเสร็จสมบูรณ์ ในภาพที่ 3(ก) และ 3(ข) ตามลำดับ

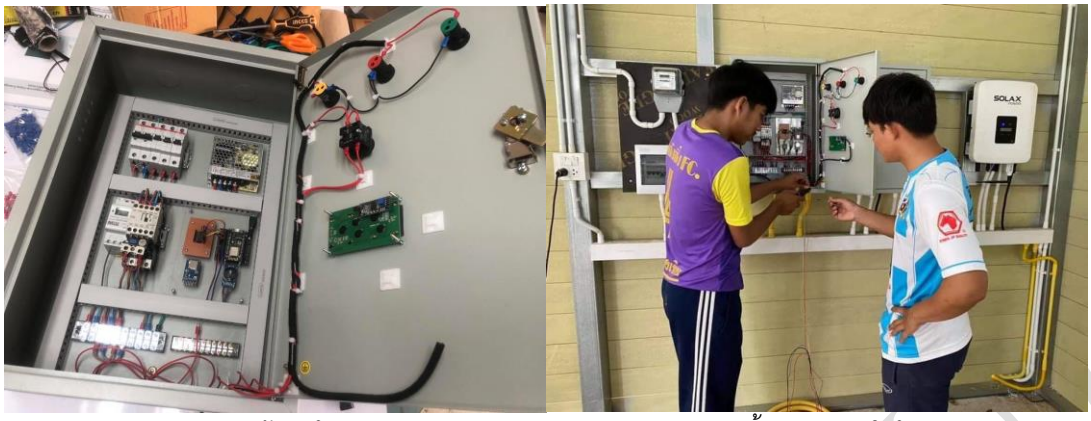


ภาพที่ 1 ภาพของการออกแบบวงจรภาคควบคุมและภาคกำลังของระบบน้ำวนในโรงเรือนเมล่อน



ภาพที่ 2 ภาพของการออกแบบระบบการรายงานค่าสภาพน้ำ

TEC-14 (MJU)



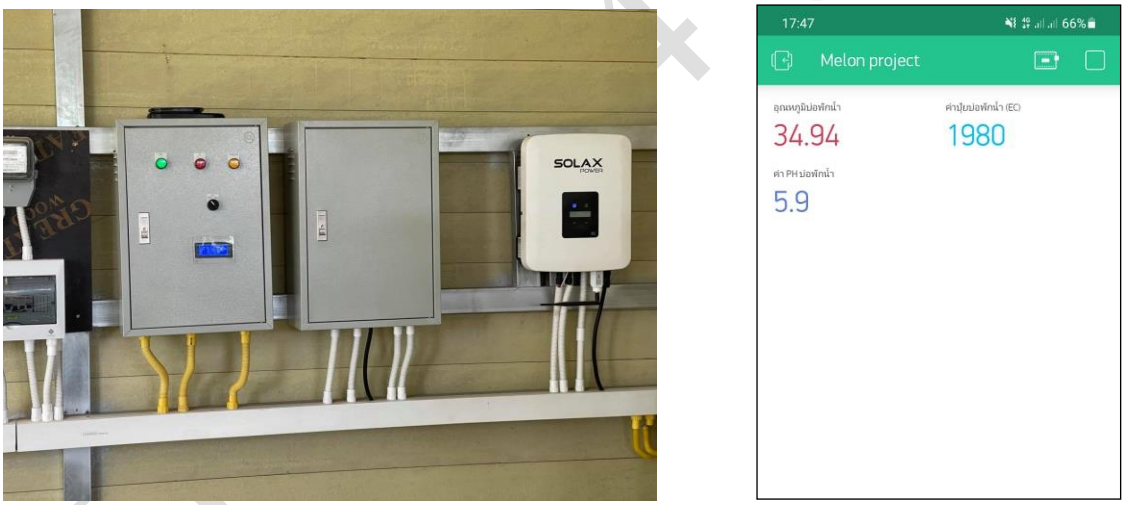
(ก) การประกอบตู้คอนโทรล (ข) การติดตั้งชุดควบคุมในโรงเมล่อน

ภาพที่ 3 ภาพของการออกแบบและติดตั้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน สามารถอธิบายผลทดสอบได้เป็น 2 ส่วนคือ 1) การทำงานของระบบและการรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟน และ 2) ผลของค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสภาพน้ำ (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำภายในบ่อน้ำของโรงเรือน โดยสามารถแสดงผลได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การทำงานของระบบและการรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟน

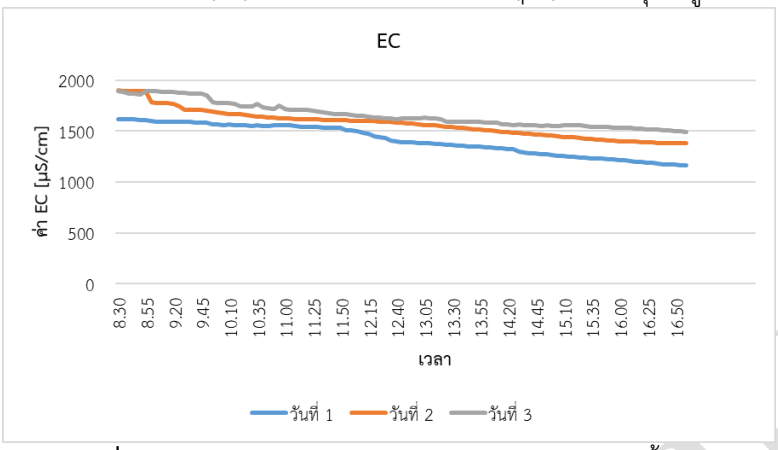


(ก) แสดงผลการทำงานของระบบที่โรงเรือน (ข) แสดงผลการรายงานผ่านสมาร์ทโฟน

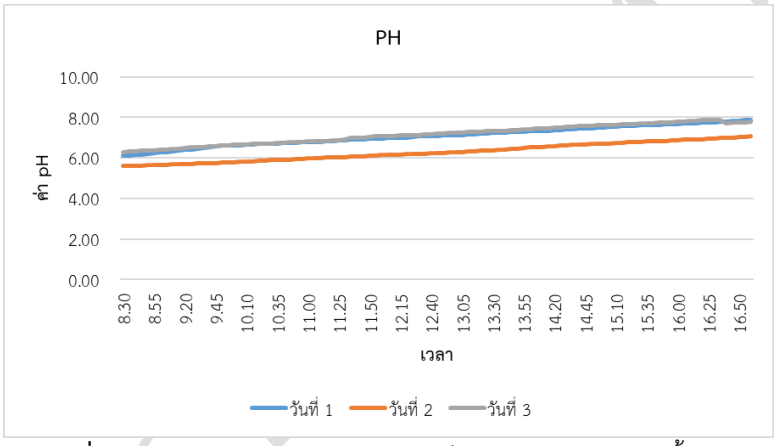
ภาพที่ 4 แสดงผลการทำงานของระบบ

ในภาพที่ 4 เป็นการแสดงผลการทดสอบในส่วนที่ 1 โดยภาพที่ 4 (ก) เป็นลักษณะของการควบคุมสถานะการทำงานของระบบน้ำวนในบ่อโรงเรือนเมล่อน โดยระบบได้ตั้งการทำงานด้วยอุปกรณ์ไทม์เมอร์ ตั้งแต่ช่วงเวลาเปิด-ปิด ทั้งหมด 4 ช่วง ช่วงละ 3 ชั่วโมงในเวลากลางวัน คือ 07.30-10.30 น. 10.45-13.45 น. 14.00-17.00 น. และ ช่วงเวลากลางคืนอีก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 22.00 -23.00 น. โดยจะทำงานผ่านระบบควบคุมน้ำวนในภาพที่ 1 ส่วนในภาพที่ 4(ข) เป็นการรายงานผลจากเซ็นเซอร์ในบ่อน้ำของโรงเรือน เพื่อแจ้งข้อมูลของระบบผ่านสมาร์ทโฟน โดยจะทำการรายงานค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสภาพน้ำ (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำ เพื่อแจ้งเตือนค่าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน

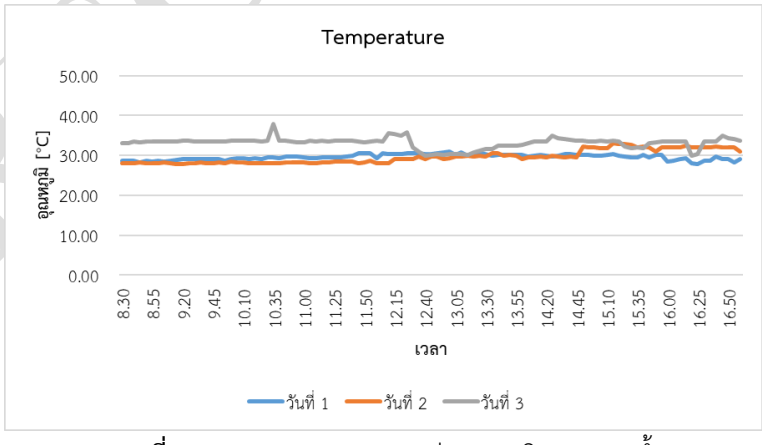
ส่วนที่ 2 ผลของค่าความนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของ (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำ



ภาพที่ 5 แสดงผลการทดลองของค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC)



ภาพที่ 6 แสดงผลการทดลองของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสภาพน้ำ (pH)



ภาพที่ 7 แสดงผลการทดลองของค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำ

ในภาพที่ 5 เป็นการแสดงผลของค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ ทั้ง 3 วัน โดยสภาพน้ำในบ่อมีแนวโน้มเป็นกราฟเส้นตรงแบบความชันลบไปในทิศทางเดียวกัน โดยจะมีค่าความเข้มข้นของปุ๋ย AB สูงในช่วงเช้า และลดลงเรื่อย ๆ ไปจนถึงช่วงเย็น ต่อมาในภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรด-เป็นด่างของสภาพน้ำ จะเริ่มต้นจากความเป็นกรดอ่อนในช่วงเช้าเนื่องจากเริ่มต้นเติม

กรดฟอสฟอริกในบ่อผสมน้ำ ต่อมาจะเปลี่ยนสภาพเกือบเป็นกลางจนเกือบถึงด่างอ่อนในช่วงเย็นซึ่งค่า pH เป็นไปตามกำหนดในทุก ๆ วัน (ยกเว้นในวันที่มีฝนตก) และในภาพที่ 7 คือ อุณหภูมิในบ่อน้ำจะต่ำในช่วงเช้า และค่อยเพิ่มขึ้นในช่วงสายจนถึงบ่าย จากนั้นจะค่อยๆลดลงในช่วงเย็น ตามสภาพอากาศในระหว่างวัน ซึ่งอุณหภูมิน้ำที่วัดได้อยู่ในช่วง 28 ถึง 37 องศาเซลเซียส โดยภาพรวมแล้วผลของค่าทั้งหมดอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัย ระบบรายงานค่าสภาพน้ำของโรงเรือนเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสมาร์ทโฟน ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทำงานของระบบและการรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟน และ 2) ผลของค่าความนำไฟฟ้าของสภาพน้ำ (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสภาพน้ำ (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำภายในบ่อน้ำของโรงเรือน ผลในส่วนแรกพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของการควบคุมระบบแบบน้ำวน มีเสถียรภาพการทำงานที่ดี ระบบไม่มีการฟ้องแจ้งเตือนสถานะโอเวอร์โหลด สามารถดำเนินการเปิด-ปิด ได้ตามเวลาที่ตั้งไว้ ทำให้ต้นเมล่อนในโรงเรือนเจริญเติบโตได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนการรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟนสามารถทำงานได้ดี เพียงแต่โมดูลที่ใช้รายงานผล จำเป็นต้องการเสถียรภาพของเครือข่ายที่ดีเพื่อความสมบูรณ์ต่อการรายงานผล ในส่วนที่ 2 ผลของค่าความนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าอุณหภูมิของสภาพน้ำ ตลอด 3 วัน มีค่า EC เฉลี่ยต่ำสุด 1342.67 µS/cm ค่าเฉลี่ยสูงสุด 1805.33 µS/cm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1548.65 µS/cm ค่า pH เฉลี่ยต่ำสุด 6.00 เฉลี่ยสูงสุด 7.61 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.84 และ อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 28.53 °C ค่าเฉลี่ยสูงสุด 33.30 °C และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.80 °C ซึ่งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ของการเจริญเติบโต โดยการเก็บผลการทดสอบที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถทำให้เมล่อนเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวได้ตามกำหนดในเวลา 80 วัน และได้เมล่อนที่มีคุณภาพ เหมาะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรที่สนใจเพาะปลูก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์ (2560). **ระบบโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก.** คณะวิศวกรรมคอมพิวเตอร์วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[2] คำคูณ พันธวงศ์และรัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์. (2559). **โรงเรือนไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ.** คณะวิศวกรรมคอมพิวเตอร์วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[3] ณัฐพงศ์ ศรีบรรเทา และคณะฯ. (2561). **การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน.**สำหรับการปลูกไฮโดรโปนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. เชียงใหม่.

[4] นางสาวกรรณิการ์ ใจมา. (2560). **ต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกเมล่อน กรณีศึกษาสวนผักสุขสวัสดิ์ อำเภอเมืองจังหวัดลำปาง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์. ลำปาง.

[5] อังคณา ธนสัญญา. (2556). **การออกแบบและสร้างชุดไฮโดรโปนิกส์แบบใช้พลังงานจากเซลล์สุริยะ.** คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

[6] บุญญฤทธิ์ วังงอน. (2561). **ประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัย.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. พิษณุโลก.

TREC-14 (MUD)

การพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สำหรับชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชร

Development of a 200-liter tank biogas system with LPG for Ban KhokMor community Kamphaeng Phet Province

ภาคิณ มณีโชติ[1] จันทร์นภา เกษหอม[2]* พีรพล แม้น ประสิทธิ์[3]อัษฎางค์ บุญศรี[4] และนิวดี คลังสีดา[5]
PakinManeechot[1] JannaphaKethom* Peerapol Manprasit[3] Ussadang Boonsri[4] and Nivadee Klungsida[5]

[1,2,3,4,5] สาขาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

In this research, the development of a 200-liter tank biogas system with LPG gas for Ban Khok Mor community is presented. Kamphaeng Phet Province. The objective is to develop and find the efficiency of using a 200-liter tank biogas system with LPG gas to save household expenses.

The 200 liter tank biogas system with LPG gas consists of a fermentation tank and one gas storage tank each connected to an LPG tank for cooking.In this research, we study and compare the consumption of biogas and LPG by collecting the LPG gas usage in cooking alone and using biogas in combination with LPG gas. The experiment will be conducted for 1 week by cooking 4 menu, namely fried eggs, boiled noodles, stir-fried morning glory and pad gapraowhen the biogas runs out, we will switch to LPG gas. (Add 2 kg of cow dung per day.) From the results of the study, it was found that 200-liter tank biogas combined with LPG gas can save LPG gas on average 40.60 baht/week. Therefore, the 200-liter tank biogas system with LPG can be applied to Ban Khok Mor community. Kamphaeng Phet Province has been able to reduce expenses for the family.

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สำหรับชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพการใช้ระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG ประกอบด้วยถังหมักและถังเก็บก๊าซอย่างละ 1ถังเชื่อกับถังก๊าซ LPG เพื่อใช้ในการประกอบอาหารในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพกับก๊าซ LPGโดยทำการเก็บข้อมูลการใช้ก๊าซ LPG ในการประกอบอาหารเพียงอย่างเดียวและ การใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG โดยจะทำการทดลองจำนวน 1 สัปดาห์ ด้วยการทำอาหาร 4 อย่าง คือ ทอดไข่ ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง ผัดกระเพราเมื่อก๊าซชีวภาพหมด(ใส่ขี้วัววันละ 2 กิโลกรัม) เราจะเปลี่ยนมาใช้ก๊าซ LPGจากผลการศึกษาพบว่า การก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สามารถประหยัดก๊าซ LPGเฉลี่ย 40.60บาท/สัปดาห์ดังนั้นระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สามาถนำไปใช้กับชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชรได้เพื่อลดค่าใช่จ่ายสำหรับเครือเรือนได้

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, ก๊าซLPG, พลังงานชุมชน

บทนำ

ปัจจุบันเรื่องพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ของโลก และนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อมวลมนุษยชาติมากขึ้นทุกที การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่ให้ความสำคัญในการร่วมหาหนทางแก้ไข ทำการศึกษา ค้นคว้า สำรวจ ทดลอง ติดตามเทคโนโลยีอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนำพลังงานทดแทนและเทคโนโลยี

TREC-14(MJU)

ใหม่ๆในด้านพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในประเทศไทย โดยคำนึงถึงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่าง เช่น พลังงานชีวภาพ ได้แก่ การนำของเสียจากสิ่งมีชีวิตเช่นขยะที่เป็นสารอินทรีย์หรือมูลสัตว์ไปหมัก ให้ย่อยสลายโดยปราศจากออกซิเจน จะได้ก๊าซมีเทน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง

จากการทำโครงการบริการวิชาการการใช้พลังงานจากขยะผลิตก๊าซชีวภาพใช้ในครัวเรือนเพื่อพัฒนาชุมชนต้นแบบชุมชนบ้านโคกหม้อ ตำบลท่าขุนราม อำเภอเมืองจังหวัดกำแพงเพชร โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซชีวภาพมากมาย มีทั้งการหมักก๊าซชีวภาพหาการเปรียบเทียบผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์กับเศษอาหาร ภาคิณ มณีโชติ[1] การผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียภายในโรงเรียนและการประยุกต์ใช้ในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวัน กรณีศึกษาโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก จังหวัดตาก ยุทธา ศรีอุดม[2] การผลิตแก๊สชีวภาพมีเทนจากกากชีวมวลข้าวฟ่างหวาน. วันดี ปลาวาฬ[3] การปรับสภาพขุยมะพร้าวเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกวิเจนร่วมกับมูลวัว. เวสารัช สุนทรชัยบูรณ์[4] พัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม สุพจน์ เกิดมี[5] จากผลการวิจัยพบว่าการหมักก๊าซชีวภาพในแต่ละงานวิจัย มีการใช้วัสดุในการหมักที่ต่างกัน เพื่อเก็บข้อมูล แต่ก็ยังสามารถเกิดก๊าซได้ ซึ่งการหมักก๊าซดังกล่าวสามารถใช้ในครัวเรือนได้เราจึงถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในครัวเรือนด้วยถังหมักก๊าซขนาด 200 ทั้งหมด 30 ครัวเรือน ประเมินความพึงพอใจในการสร้างเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มีความประสบความสำเร็จใช้งานจริง คิดเป็นร้อยละ 83.3 หลังจากนั้น 3 เดือน ได้ติดตามผลการใช้งาน ก๊าซชีวภาพในครัวเรือนผลคือการใช้งานก๊าซชีวภาพจาก 30 ครัวเรือน เหลือเพียง 5 ครัวเรือน โดยชุมชนให้เหตุผลว่าก๊าซชีวภาพให้ก๊าซน้อยไม่ทันใจต่อการใช้งาน เพราะต้องรอให้ก๊าซขึ้นหลังจากใส่มูลสัตว์หรือเศษอาหารอย่างน้อย 1 ชั่วโมงถึงจะเริ่มมีก๊าซ ชาวบ้านจึงกลับไปใช้ก๊าซ LPG เหมือนเดิม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตร ร่วมกับก๊าซ LPG ที่เหมาะสมกับ ชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชร ให้ชุมชนสามารถทำอาหารด้วยก๊าซชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพมากและต่อเนื่องอย่าง และเป็นชุมชนต้นแบบเพื่อขยายผลไปชุมชนใกล้เคียง

วิธีการวิจัย

1.ศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.ออกแบบการใช้งานก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG
3.ทดสอบประสิทธิภาพการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG
4.เก็บข้อมูลการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG
5.วิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบระบบระบบก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG

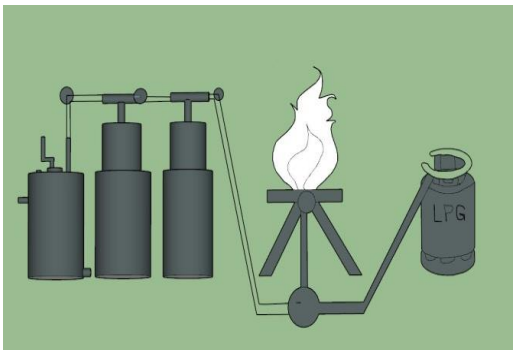
มีการออกแบบการใช้ก๊าซชีวภาพ ถังหมักขนาด 200 ลิตร ถังเก็บก๊าซ2ถัง ถังที่1 ขนาด180ลิตร ถังที่ 2 ขนาด 150 ลิตร โดยจะมีสายต่อเข้าวาล์วสามทาง ช่องที่ 1 จะเป็นการต่อสายมาจากถังหมักก๊าซชีวภาพ ช่องที่ 2 จะต่อเข้ากับเตาแก๊ส ช่องที่ 3 จะต่อมาจากถังก๊าซ LPG โดยสายที่ต่อมาจากถังก๊าซชีวภาพและถังก๊าซ LPG มีวาล์วเปิด/ปิดเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของก๊าซจากอีกฝั่งไปอีกฝั่ง

ผลการวิจัย

การใช้ก๊าซ LPG ในการทำอาหารมีค่าพลังงานความร้อนสูง กว่าก๊าซชีวภาพ แต่การใช้ก๊าซชีวภาพยังสามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซ LPG และในชุมชนมีเศษอาหารหรือมูลสัตว์ที่เป็นของเสียเราจึงนำเศษอาหารและมูลสัตว์มาใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพ แต่เริ่มต้นในการหมักโดยใช้ขี้วัว ในส่วนของเศษอาหารที่เหลือในแต่ละวันมีไม่ถึง 2 กิโลกรัมตามที่ตั้งไว้ จึงใช้เป็นขี้วัวในการหมักและเก็บข้อมูลในครั้งนี้ โดยที่ในแต่ละวันจะมีการเกิดก๊าซไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิในแต่ละวันก็เป็นผลในการเกิดก๊าซชีวภาพ เราจึงหมักก๊าซชีวภาพจนถังเก็บก๊าซทั้ง 2 ถังลอยขึ้นสูงสุด แล้วเราถึงจะใช้ทำอาหาร และในช่วงที่หมักก๊าซชีวภาพให้ขึ้นใหม่ เราจะใช้เป็นก๊าซ LPG ในการทำอาหาร เราได้ทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบขึ้นมา 2 ตาราง โดยตารางที่ 1 จะใช้ก๊าซ LPG 7วัน และตารางที่ 2 จะเป็นการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับ LPG 7 วัน แล้วนำมาเปรียบเทียบการลดค่าก๊าซ LPG ใน 7 วัน

TREC-14 (MEE)

โดยทดสอบการใช้ก๊าซ LPG ทำอาหาร 4 อย่างคือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่าและ ผัดผักบุ้งโดยวิเคราะห์การใช้พลังงาน เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพร่วมกับ LPG เพื่อหาผลต่างของการลดต้นทุนในการใช้ก๊าซ LPG ในครัวเรือน



(ก)โครงสร้างการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG (ข)ภาพการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG

ภาพที่ 1 การออกแบบการใช้ถังก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG

ภาพช่วงข้อต่อสารททางการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG

ภาพที่ 2 ถังหมักก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG

ทดสอบการใช้ก๊าซ LPG ทำอาหาร 4 อย่างคือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่าและ ผัดผักบุ้ง โดยวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ก๊าซ LPG เก็บผลการทดลอง 7 วัน

ตารางที่ 1 ทดสอบการใช้ก๊าซ LPG ทำอาหาร 4 อย่างทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่าและ ผัดผักบุ้ง

ครั้งที่	น้ำหนักก๊าซ LPG 35 (kg)	ทำอาหาร	เหลือ(kg)	ใช้ไป(kg)
1.	35	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	34.5	0.5
2.	34.5	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	34	0.5
3.	34	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	33.4	0.6
4.	33.4	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่าผัดผักบุ้ง	32.8	0.6
5.	32.8	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา	32.2	0.6

		ต้มมาม่าผัดผักบุ้ง			
6.	32.2	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา	31.4	0.8	
		ต้มมาม่าผัดผักบุ้ง			
7.	31.4	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา	30.9	0.5	
		ต้มมาม่าผัดผักบุ้ง			
เฉลี่ยการใช้ก๊าซ LPG / ครั้ง			0.58		

จากตารางทดสอบการใช้พลังงานจากก๊าซ LPG ทำอาหาร4 อย่างคือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่าและ ผัดผักบุ้ง โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการ ทดลองทำอาหาร 7 วัน ผลคือ การทำอาหารทั้ง 4 อย่างใช้พลังงาน ก๊าซ LPG เฉลี่ยครั้งละ 0.58 กิโลกรัมคิดเป็นเงิน 14.2 บาท (ก๊าซ LPGน้ำหนัก15 กิโลกรัมถังละ 370 บาท)

ทดสอบการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG ทำอาหาร 4 อย่างคือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่าและ ผัดผักบุ้งโดยจะใส่ขี้วัววันละ 2 กิโลกรัม[5] ในการหมักก๊าซชีวภาพ ใช้จนก๊าซหมดแล้วจึงใช้ LPG ทำอาหารต่อ โดยวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ก๊าซ LPG เก็บผลการทดลอง 7 วัน

ตารางที่ 2 การทดสอบใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG 7 วัน (โดยจะเติมขี้วัววันละ 2 กิโลกรัม)

วันที่	ทำอาหาร	อุณหภูมิ	ความสูงของก๊าซชีวภาพถัง 1และ2ถัง (ซม.)	ก๊าซ LPG 35(kg.)	ก๊าซชีวภาพเหลือ/ (ซม.)	ก๊าซ LPG เหลือ (kg.)	ใช้ก๊าซ LPG (kg.)	หมายเหตุ
1	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	31	1,7	28.5	1,7	28	0.5	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซ LPGอย่างเดียว
2	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	33	15,23	28	15,23	27.4	0.6	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซ LPGอย่างเดียว
3	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	28	22,30	27.4	0,0	27.1	0.3	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG
4	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	26	0,0	27.1	0,0	26.6	0.5	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซ LPGอย่างเดียว
5	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	32	6,15	26.6	6,15	26	0.6	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซ LPGอย่างเดียว
6	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	29	22,38	26	22,38	25.5	0.5	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซ LPGอย่างเดียว

TREC-IAMUJ

7	ทอดไข่ดาว ผัดกระเพรา ต้มมาม่า ผัดผักบุ้ง	*32*	*36,47*	*25.5*	*0,0*	*25.5*	*0*	ทำกับข้าวโดยใช้ก๊าซชีวภาพอย่างเดียว
เฉลี่ยใช้ก๊าซ *LPG*ร่วมกับก๊าซชีวภาพ / ครั้ง					*0.34*			

จากตารางทดสอบการใช้พลังงานจากก๊าซ *LPG*ร่วมกับก๊าซชีวภาพทำอาหาร *4* อย่างคือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่า และ ผัดผักบุ้ง โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการ ทดลองทำหาร ที่ใช้ร่วมกับก๊าซชีวภาพ *7* วัน ผลคือ การทำอาหารทั้ง *4* อย่างใช้พลังงาน ก๊าซ *LPG* เฉลี่ยครั้งละ *0.34* กิโลกรัม คิดเป็นเงิน *8.4* บาท(ก๊าซ *LPG*น้ำหนัก *15* กิโลกรัมถังละ *370* บาท)

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพแบบถัง 200 ลิตรร่วมกับ LPG สำหรับชุมชนบ้านโคกหม้อ จังหวัดกำแพงเพชร การทดสอบการใช้พลังงานจากก๊าซ LPG ทำอาหาร 4 อย่าง คือ ทอดไข่ดาว, ผัดกระเพรา, ต้มมาม่า และ ผัดผักบุ้งผลคือใช้ก๊าซ LPG เฉลี่ยครั้งละ 0.58 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 14.2 บาท ทดสอบใช้พลังงานจากก๊าซ LPGร่วมกับก๊าซชีวภาพทำอาหาร 4 อย่างเหมือนกัน ผลคือ ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG เฉลี่ยครั้งละ 0.34 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 8.4 บาทดังนั้นการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซ LPG ทำให้ประหยัดก๊าซLPG ในการทำอาหารเฉลี่ยครั้งละ 0.24 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 5.8 บาท

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่อุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณคุณภานุเดช สุริยวงศ์ ที่สนับสนุนขี้วัวในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ภาคิณ มณีโชติ (2558). **การเปรียบเทียบผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์กับเศษอาหาร**รายงานวิจัย. มหาวิทยาราชภัฏกำแพงเพชรจังหวัดกำแพงเพชร

[2] ยุทธา ศรีอุดม และคณะ (2556). **การผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียภายในโรงเรียนและการประยุกต์ใช้ในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวัน กรณีศึกษาโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก จังหวัดตาก** รายงานวิจัย.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[3] วันดี ปลาวาฬ และผกาวดี แก้วกันเนตร. (2552).**การผลิตแก๊สชีวภาพมีเทนจากกากชีวมวลข้าวฟ่างหวาน.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] เวสารัช สุนทรชัยบูรณ์ และคณะ. (2559).**การปรับสภาพขุยมะพร้าวเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกวิเจนร่วมกับมูลวัว.** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[5] สุพจน์ เกิดมีและคณะ. (2554). **พัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
จังหวัดเพชรบูรณ์

TREC-14 (MJU)

การสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน
Creating an automatic car battery alarm via smartphone

ภาคิณ มณีโชติ[1] เพชรวิสุทธิ์ ยาตระกาศ[2]* อดิศร เนื้อไม้[3] และ เทพ เกื้อทวีกุล[4]
Pakin Maneechot[1] Phetwisoot yatrakart[2]* Adisorn nuemai[3] and Thep Kueathaweekun[4]

[1,2,3,4,]สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร

Abstract

Automatic Car Battery Alert via Smartphone with the purpose of designing and creating Automatic Car Battery Alert via Smartphone. that can measure the voltage of a 12-volt car battery and show the location of the car automatically via Google map using the internet from a portable Wi-Fi router. In this research, the performance of measuring the voltage of a 12 volt car battery with an automatic car battery alarm via a smartphone and a Fluke digital mustimeter will be tested. And test the performance of sound alerts, car alarms and smartphone notifications. From the test results it can be seen that the automatic car battery alarm has passed. The smartphone has a 99.92% efficiency in measuring 12-volt car battery voltage. And the efficiency of notifications in cars and smartphones is 100%. So it makes automatic car battery alerts via built in smartphone. Can be used with cars to measure battery voltage before use for more convenience of car users.

บทคัดย่อ

เครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน ที่สามารถวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 โวลต์ และแสดงตำแหน่งของรถยนต์อัตโนมัติผ่าน Google map โดยใช้อินเทอร์เน็ตจากเราเตอร์ไวฟายพกพา ในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่รถยนต์ ขนาด 12 โวลต์ ด้วยเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ Fluke และทำการทดสอบประสิทธิภาพการแจ้งเตือนด้วยเสียง Alarm ในรถยนต์และการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนมีประสิทธิภาพการวัดแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์ อยู่ที่ 99.92 % และมีประสิทธิภาพการแจ้งเตือนในรถยนต์และสมาร์ทโฟนเท่ากับ 100 % ดังนั้นจึงทำให้เครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้กับรถยนต์เพื่อวัดแรงดันแบตเตอรี่ก่อนใช้งานเพื่อความสะดวกสะบายผู้ใช้รถยนต์มากขึ้น

คำสำคัญ แบตเตอรี่, แรงดันไฟฟ้า, อาดูยโน่

บทนำ

โลกในยุคปัจจุบันเป็นโลกที่ดำเนินไปด้วยเทคโนโลยี มนุษย์ได้นำเทคโนโลยีมาช่วยในการดำรงชีวิตเพื่อความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นในหลายอย่าง แต่ในข้อดีก็มีข้อเสียตามมาคือ ทำให้มีมลภาวะเกิดขึ้นในอากาศมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจนร่างกายมนุษย์ ทำให้เกิดโรคภัยต่าง ๆ ตามมา จึงทำให้มีการคิดค้นวิธีการตลอดจน นวัตกรรมที่จะนำมาใช้ทดแทนสิ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษอยู่เรื่อย ๆ เพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมเอาไว้[5] รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ก็เป็นอีกนวัตกรรมหนึ่งที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้แทนรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงที่นอกจากจะก่อให้เกิดมลพิษในอากาศแล้ว นับวันเชื้อเพลิงเหล่านี้ก็มีแต่จะหมดลง ในอนาคตคาดการว่าประเทศไทยจะนิยมหันมาใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามกระแสโลก แต่ประเทศไทยส่วนใหญ่ยังใช้รถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงอยู่และปัญหาของรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงคือ การเสื่อมสภาพแบตเตอรี่

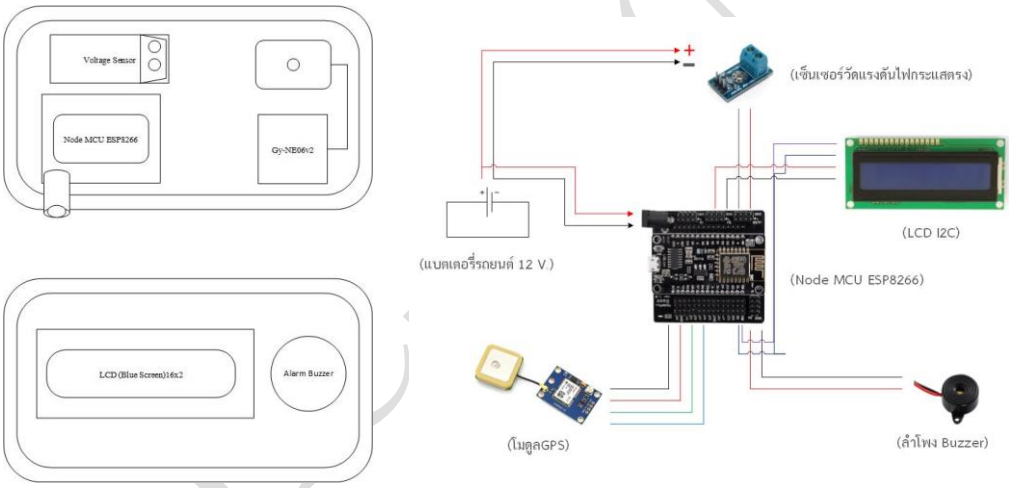
TREC-14 (MJU)

รถยนต์ ซึ่งพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยเช็คสภาพรถก่อนใช้งาน เดินทางต่างจังหวัดทั้งระยะใกล้และระยะไกล ที่พบเห็นบ่อยครั้งคือจอดรถยนต์แล้วสตาร์ทไม่ติด แล้วไม่มีพาวเวอร์แบงก์ช่วยสตาร์ท หรือถ้าเป็นผู้หญิงเดินทางไกลคนเดียวในตอนกลางคืนอาจทำให้เกิดอันตรายได้[1]

จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงคิดสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน ที่ใช้กับรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิง เพื่อตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ว่ายังสามารถใช้งานได้ปกติหรือไม่ ถ้าเกิดความผิดปกติหรือแรงดันต่ำกว่าที่กำหนด เครื่องจะแจ้งเตือนส่งข้อความในสมาร์ทโฟนทันที ทำให้เราสามารถนำรถเข้าตรวจศูนย์หรือร้านซ่อมแบตเตอรี่ เพื่อตรวจเช็คสภาพแบตเตอรี่ได้ก่อนที่จะสตาร์ทไม่ติดในการใช้งานครั้งต่อไป[2] เพราะถ้าหากเราทราบว่าแบตเตอรี่ใกล้เสื่อมสภาพจะทำให้เราแก้ไขซ่อมแซมได้ก่อนใช้งาน และเพิ่มฟังก์ชันติดตามรถยนต์เพื่อสามารถดูตำแหน่งของรถยนต์ได้

วิธีการวิจัย

1.ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.ออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน
3.ทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน
4.เก็บข้อมูลเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน
5.วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย



(ก) โครงสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์ (ข) วงจรเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์

ภาพที่ 1 โครงสร้างโครงสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์และวงจร

TREC (MJU)

ภาพที่ 2 เครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนโดยนำเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน ติดตั้งในรถยนต์ยี่ห้อ Toyota และแบตเตอรี่ยี่ห้อ Hitachi 12 โวลต์ โดยใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ของรถยนต์ให้สัญญานอินเทอร์เน็ตด้วยเราเตอร์ไวฟายพกพา และตั้งโปรแกรมไว้เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่รถยนต์ต่ำกว่า 12 โวลต์ ให้แจ้งเตือนผู้ใช้รถยนต์ทันที การแจ้งเตือนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 ได้แก่ การแจ้งเตือนที่มาร์ทโฟนของผู้ใช้งาน ประเภทที่ 2 ได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียง Alarm ที่อยู่ในเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติ[1]

ผู้วิจัยทำการทดสอบเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์[4] อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนและดิจิตอลมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ Fluke ทำการทดสอบ 10 ครั้ง ซึ่งจะแสดงผลดังต่อไปนี้

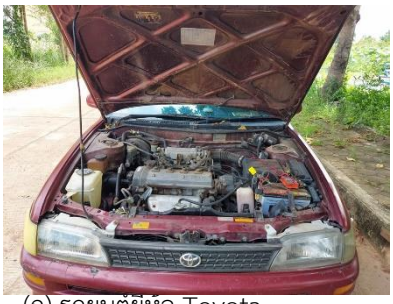
ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบการวัดแรงดันไฟฟ้า

ครั้งที่	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ fluke (โวลต์)	เครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติ ด้วยสมาร์ทโฟน (โวลต์)
1	12.56	12.54
2	12.52	12.53
3	12.56	12.58
4	12.50	12.52
5	12.56	12.54
6	12.54	12.57
7	12.53	12.55
8	12.56	12.58
9	12.58	12.56
10	12.59	12.57
ค่าเฉลี่ย	12.55	12.54

TREC-14(NIU)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟนมีค่าเฉลี่ยแรงดันเท่ากับ 12.55 โวลต์ กับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke เท่ากับ 12.54 โวลต์ ผลต่างของค่าเฉลี่ยคือ 0.01 โวลต์ คิดเป็นค่าความ คลาดเคลื่อน 0.08 %

และทำการทดสอบเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการแจ้งเตือนทางสมาร์ทโฟนและที่ตัวเครื่องที่ติดตั้งในรถยนต์ โดยใช้รถยนต์ดังภาพที่ 3 ทำการทดลองเปิดไฟหน้ารถทิ้งไว้กระทั่งเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่า 12 โวลต์ ระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียง Alarm ในรถยนต์[2] ดังภาพที่ 4 และจะแจ้งเตือนไปยังสมาร์ทโฟนของผู้ใช้รถยนต์ดังภาพที่ 5 ทำการทดสอบ 10 ครั้ง ซึ่งจะแสดงผลดังตารางที่ 2

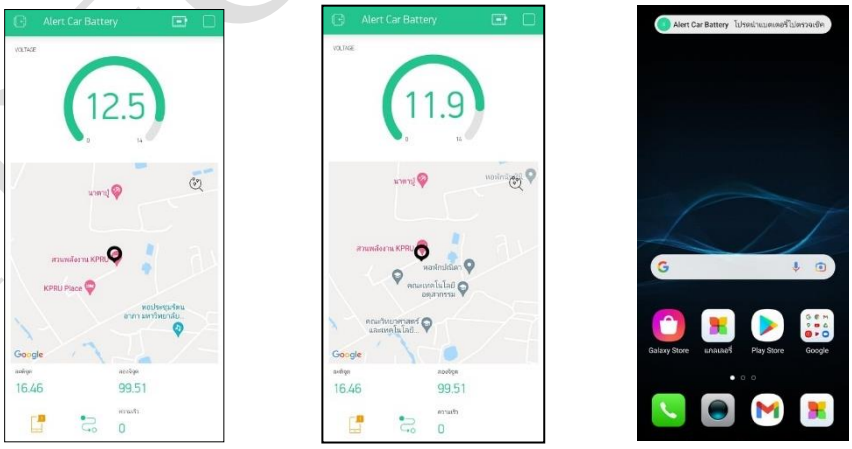


(ก) รถยนต์ยี่ห้อ Toyota (ข) แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

ภาพที่ 3 รถยนต์และแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบ

(ก) แรงดันเริ่มต้น (ข) แรงดันเมื่อแจ้งเตือน

ภาพที่ 4 การทดสอบการแจ้งเตือนด้วยเสียง Alarm ในรถยนต์



(ก) แรงดันเริ่มต้น (ข) แรงดันเมื่อแจ้งเตือน (ค) หน้าต่างแจ้งเตือน

ภาพที่ 5 การทดสอบการแจ้งเตือนทางสมาร์ทโฟน

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบการแจ้งเตือน

ครั้งที่	แรงดันเริ่มต้น (โวลต์)	แรงดันเมื่อแจ้งเตือน(โวลต์)	ทางสมาร์ทโฟน	ในรถยนต์
1	12.54	11.91	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
2	12.68	11.99	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
3	13.54	11.99	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
4	13.23	11.97	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
5	13.63	11.98	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
6	12.55	11.99	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
7	12.63	11.98	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
8	12.76	11.98	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
9	12.93	11.99	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
10	12.97	11.98	แจ้งเตือน	แจ้งเตือน
ค่าเฉลี่ย	12.95	11.98	10	10

จากการทดสอบประสิทธิภาพการแจ้งเตือนแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์[1] อัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟนมีผลดังนี้ แรงดันเริ่มต้นทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.95 โวลต์ แรงดันเมื่อระบบทำการแจ้งเตือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.98 โวลต์ ประสิทธิภาพการแจ้งเตือนในรถยนต์ด้วยเสียง Alarm ที่รถยนต์และทางสมาร์ทโฟนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ10 คิดเป็น 100 %

สรุปผลการวิจัย

การสร้างเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนนี้พบว่า ประสิทธิภาพการวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟนมี มีค่าความ คลาดเคลื่อน 0.08 % จากการเปรียบเทียบกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ Fluke และมีประสิทธิภาพการแจ้งเตือนเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่า 12 โวลต์ มีค่าเท่ากับ 100 % ทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องคอยวัดแรงดันแบตเตอรี่เอง สามารถดูค่าแรงดันแบตเตอรี่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนได้ช่วยให้สะดวกสบายมากขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นตัวเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนยังใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ลูกที่ทำการวัด และยังต้องใช้เราเตอร์ไวฟายในการปล่อยสัญญานอินเทอร์เน็ต เพื่อให้เครื่องแจ้งเตือนแรงดันแบตเตอรี่สามารถส่งค่าไปยังสมาร์ทโฟนแก่ผู้ใช้งานได้ จึงทำให้แบตเตอรี่มีแรงดันลดลงขณะใช้งานเครื่องแจ้งเตือนแบตเตอรี่รถยนต์อัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟน

เอกสารอ้างอิง

[1] วิทวัส ศรีสวัสดิ์กุล และคณะ. (2562).**การศึกษาค่ากระแสแครงกิ้งเย็นของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรด.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

[2] พรชัย พรหฤทัย และคณะ. (2554). **การทดสอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่อการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชมงคล ธัญบุรี. จังหวัดปทุมธานี.

[3] ปัญญา รอดวงษ์ และคณะ. (2554). **การศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นซับน้ำจากวัสดุทดแทนและ สร้างระบบควบคุมความเย็นทางไกลอัตโนมัติด้วยอาร์ดูโน่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่อารมณ์ดี.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. จังหวัดนครสวรรค์.

[4] อัครวัฒน์ ศิริพงษ์ และคณะ. (2560).**การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์.** มหาวิยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

[5] ภาคิณ มณีโชติ. (2563). **การพัฒนาสมารตมิเตอรสำหรับการใชในการจัดการพลังงานไฟฟาในศูนย์พลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.อุตรดิตถ์.

TREC-14 (MJU)

การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็ง
Study and Development of a Vacuum Freezing Dryer

ศุภโชค จองทุน สถาพร ลุงทุน และ ชูรัตน์ ธารารักษ์*
Supachok Jongtoon Sataporn Lungtoon and Churat Thararux*

วิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

This study and development aim to create a vacuum freezing dryer to be used to maintain the appearance, color and smell of kaffir lime leaves to be in a condition that can be stored for a long time. By studying the sublimation of ice crystals in kaffir lime leaves and the water in the kaffir lime leaves to form ice crystals can be done by soaking them in dry ice and a vacuum pump is used to create vacuum in the drying chamber to make ice crystals from kaffir lime leaves sublimated.

From the experiments, it was found that, the freeze dryer can actually dry by vacuum freezing dryer can do the lowest pressure - 0.9 bar. The results from the experiment of drying kaffir lime leaves at - 0.8 bar and - 0.9 bar found that at a pressure of - 0.8 bar, the initial moisture content of kaffir lime leaves is 54.60% wet basis dried to the final moisture content is 36.96% wet basis and that at a pressure of - 0.9 bar, the initial moisture content of kaffir lime leaves is 54.60% wet basis dried to the final moisture content is 25.65% wet basis. It takes the same drying time of 5 hours to dry. The drying constant (k) at - 0.8 bar and - 0.9 bar was k = 0.13513^{-h} and 0.25882^{-h}, respectively. From the analysis of the specific energy consumption rate of kaffir lime leaf drying was 19.938 MJ/kg and the quality of kaffir lime leaves was acceptable market standards. From the economic analysis principles, it was found that the payback period was 1.2 years.

Keywords: Vacuum Freezing Dryer, kaffir lime leaves and dry ice

บทคัดย่อ

การศึกษาและพัฒนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็ง เพื่อใช้การในรักษารูปลักษณ์ สี และกลิ่น ของใบมะกรูดให้อยู่ในสภาพที่เก็บได้นาน โดยศึกษาการระเหิดตัวของผลึกน้ำแข็งในใบมะกรูด และการทำให้น้ำในใบมะกรูดเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งทำได้โดยวิธีนำไปแช่ไว้ในน้ำแข็งแห้ง และใช้เครื่องสุญญากาศในการช่วยสร้างสุญญากาศภายในห้องอบ เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งจากใบมะกรูดระเหิดออกไป

จากการทดลองพบว่า เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็งสามารถอบแห้งได้จริงโดยเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็งสามารถทำความดันภายใต้สุญญากาศได้ต่ำสุดที่ - 0.9 บาร์ ผลจากการทดลองอบแห้งใบมะกรูดที่ความดัน - 0.8 บาร์ และ - 0.9 บาร์ พบว่า ที่ความดัน - 0.8 บาร์ ความชื้นเริ่มต้นของใบมะกรูด 54.60% มาตรฐานเปียก อบแห้งเหลือความชื้นสุดท้าย 36.96% มาตรฐานเปียก และที่ความดัน - 0.9 บาร์ ความชื้นเริ่มต้นของใบมะกรูด 54.60% มาตรฐานเปียก อบแห้งเหลือความชื้นสุดท้าย 25.65% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมงเท่ากัน ค่าคงที่ของการอบแห้ง (k) ที่ความดัน - 0.8 บาร์ และ - 0.9 บาร์ ได้ค่า k = 0.13513^{-h} และ 0.25882^{-h} ตามลำดับ จากการวิเคราะห์อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบมะกรูด คือ 19.938 MJ/kg และคุณภาพของใบมะกรูดเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานของตลาด จากการวิเคราะห์ผลทางหลักเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาคืนทุน 1.2 ปี

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็ง ; ใบมะกรูด ; น้ำแข็งแห้ง ;

บทนำ

TREC-14 (MJU)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านเกษตรและธุรกิจการเกษตรต่าง ๆ เปลี่ยนจากการทำธุรกิจภายในประเทศเป็นการทำธุรกิจต่างประเทศโดยอาศัยเทคโนโลยี การบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีขึ้น ทำให้ผลผลิตเกษตรสดของไทยมีโอกาสไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงขอบเขตการส่งออกของผลไม้ จะเห็นว่าอยู่ในวงค่อนข้างจำกัด ซึ่งหนึ่งในปัญหานั้นคือ อายุการเก็บรักษาของผลิตผลเกษตรของไทยมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น เนื่องจากเป็นพืชเมืองร้อนทำให้ไม่สามารถคงสภาพที่ดีเมื่อถึงตลาดปลายทาง

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยเทคโนโลยีในการทำให้แห้ง โดยสร้างเครื่องมือขึ้นใช้สำหรับอบผลิตผลทางการเกษตรให้แห้ง ซึ่งการทำให้อาหารแห้ง มีหลายวิธี คือ การใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร การพ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน แต่วิธีเหล่านี้ ทำให้กลิ่นหรือรสอาหาร สีผิดเพี้ยนจากเดิม ซึ่งการอบแห้งแบบเยือกแข็งนี้จะรักษาคุณค่าทางอาหารไว้ได้ดี คือผลิตภัณฑ์จะมีสมบัติการคืนตัวดี กลิ่นรสอาหารใกล้เคียงอาหารสดมากที่สุด จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็งเพื่อใช้ในการศึกษาการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อไป

วิธีการวิจัย

การทดลองการอบแห้งนี้ได้ใช้ตัวอย่างสมุนไพรในการทดลอง คือ ใบมะกรูด การแช่แข็งใบมะกรูดทำโดยการใช้น้ำแข็งแห้ง ทดลองครั้งละ 50 กรัม จำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละสภาวะการทดลอง โดยทำการทดลองที่ สภาวะดังนี้ (1) ความดันสุญญากาศ - 0.8 บาร์ อุณหภูมิ 32 ºC (2) ความดันสุญญากาศ - 0.9 บาร์ อุณหภูมิ 32 ºC สำหรับใบมะกรูดจะเด็ดก้านออกให้เหลือแต่ใบ และนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เข้าในห้องอบแห้ง พร้อมเปิดเครื่องทำสุญญากาศแล้วตรวจความดันสุญญากาศในห้องอบแห้งและอุณหภูมิการทดลองตามสภาวะต่าง ๆ ที่กำหนด ทำการบันทึกน้ำหนักที่ลดลงของใบมะกรูด ทุก ๆ 5 นาที และหาค่าการใช้กระแสไฟฟ้าจากแคลมป์มิเตอร์ ทำการอบแห้งจนได้ความชื้นสุดท้ายและนำผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งไปวิเคราะห์คุณภาพในลำดับต่อไป

ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็ง

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบเยือกแข็งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1.วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ คือ ใบมะกรูด

2.ทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ความดันสุญญากาศที่ - 0.8 bar และ - 0.9 bar

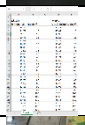
2.2 อุณหภูมิห้องโดยประมาณ 32 ºC (น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบอบแห้งใบมะกรูด เริ่มต้น 50 กรัม)

3.นำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักของใบมะกรูด มาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง และความชื้นมาตรฐานเปียก

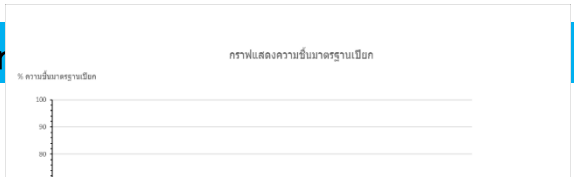
4.หาอัตราส่วนความชื้นและค่าคงที่การอบแห้งของใบมะกรูด

5.ทดสอบหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้ง

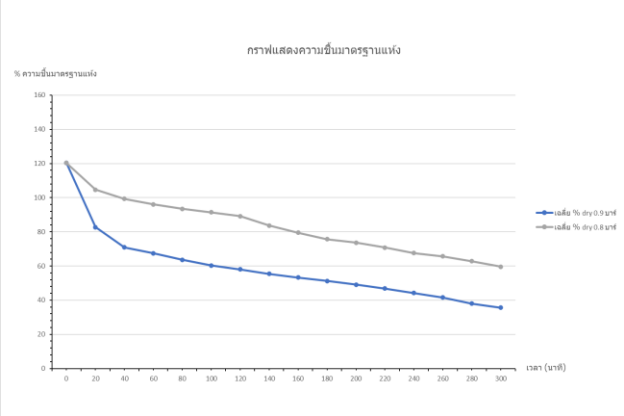
ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูลการอบแห้งใบมะกรูด

ขั้นตอนที่	กระบวนการ	หมายเหตุ	ภาพประกอบ
1	กดเปิดสวิตซ์การทำงานที่เครื่องทำสุญญากาศ ในตำแหน่ง ON	เริ่มหลังจากต่อสายต่างๆ และนำขวดชั่งกับเครื่องชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว	
2	ทำการปิดวาล์วควบคุมอากาศเพื่อให้ความดันภายในขวดแก้วอยู่ในสภาวะสุญญากาศ		
3	ตรวจสอบเกจวัดแรงดันสุญญากาศว่าได้ความดันที่ต้องการหรือไม่		
4	ทำการปิดเครื่องทำสุญญากาศ ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF หากได้ความดันที่ต้องการแล้ว	เปิด-ปิด ทุกๆ 3-5 นาที เพื่อนำเอาไอน้ำที่ระเหิดออกมาดูดออกไป	
5	ตรวจสอบน้ำหนักที่เครื่องชั่ง		
6	ทำการทดลองและจดบันทึกค่าทุกๆ 5 นาที	จดบันทึกตามเวลาที่อบแห้งจนค่านิ่ง	
7	พยายามให้น้ำที่กระติกที่ทำการควบแน่นให้กับไอน้ำที่ระเหิดออกมาเย็นอยู่เสมอ โดยการเติมน้ำเย็นหรือใส่น้ำแข็งแห้งลงไป	ระวังไม่ให้มือของเราสัมผัสโดนภาชนะจะทำให้น้ำหนักที่ชั่งผิดพลาดได้	
8	ทดสอบการอบแห้งเดินเครื่องจนถึงเวลา 5 ชม. หากพบว่าน้ำหนักของใบมะกรูดนิ่งแล้วกว่า 20 นาที ทำการปิดเครื่องทำสุญญากาศในตำแหน่ง OFF		
9	ทำการเปิดวาล์วควบคุมเบาๆเพื่อไม่ให้เกิดการเสียหายที่ผิวขวดแก้ว เนื่องจากความดันภายในและภายนอกต่างกัน		
10	ทำการนำใบมะกรูดอบแห้งออกมา และนำไปอบแห้งต่อให้ความชื้นเหลือ 0 % เพื่อใช้ในการคำนวณ	อบแห้งต่อโดยใช้เครื่องอบลมร้อน	
11	จบการทำงาน		

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

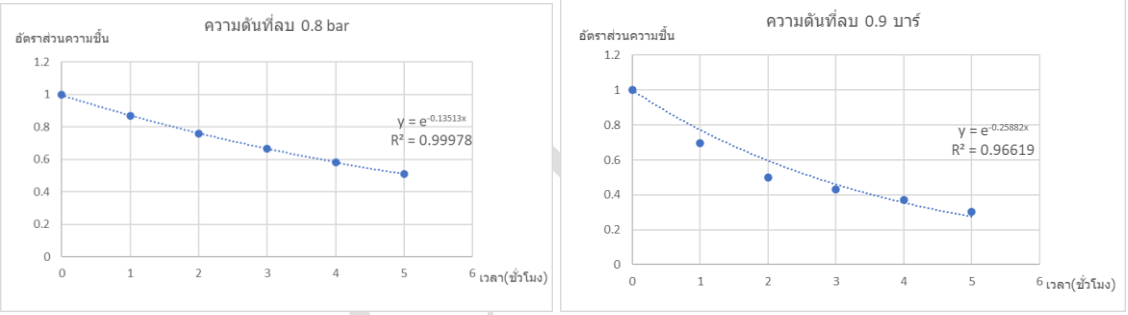


TREC-14 (WED)



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความชื้นของการอบแห้งใบมะกรูด

จากการทดลองหาความชื้นที่ลดลงของใบมะกรูดพบว่า ความชื้นจะลดลงตามระยะเวลาอบแห้งดังภาพที่ 2 โดยช่วงแรกของการอบแห้งความชื้นจะ ลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นช่วงที่ใบมะกรูดยังมี ความชื้นสูง หลังจากนั้นความชื้นจะค่อยๆ ลดลง โดยในภาพจะมีการทดลองที่สภาวะความดันต่างกัน ที่ - 0.8 บาร์ และ ที่ - 0.9 บาร์ โดยความชื้นสุดท้ายที่ความดัน - 0.9 บาร์ เหลือความชื้นน้อยกว่า



ภาพที่ 3 กราฟแสดงเส้นแนวโน้มและค่าคงที่การอบแห้งของใบมะกรูด

การทดลองหาค่าคงที่ของการอบแห้ง (k) ที่ความดัน - 0.8 บาร์ และ - 0.9 บาร์ ได้ค่า $k = 0.13513^{-h}$ และ 0.25882^{-h} ตามลำดับ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

การคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption) ที่ใช้ในการอบแห้ง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คือ มวลวัสดุก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง และปริมาณการใช้พลังงานตลอด กระบวนการอบแห้ง มาคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งใบมะกรูด ได้ดังนี้

$$SEC = \frac{3.6 \times 0.108 \text{ kWh}}{\left[(50 - 30.53 \text{ g}) \times \frac{1\text{kg}}{1{,}000 \text{ g}}\right]} = \frac{0.3888 \text{ MJ}}{0.0195 \text{ kg}}$$

$$= 19.938 \text{ MJ/kg}$$

ดังนั้น อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบมะกรูด คือ 19.938 MJ/kg

จากการทดลองอบแห้งใบมะกรูดหลังผ่านกระบวนการอบแห้งนั้น สี กลิ่น และรส ยังคงไม่แตกต่างจากเดิมโดยสังเกตสี ได้จากรูป

ภาพที่ 4 ภาพใบมะกรูดก่อนการอบแห้งและหลังอบแห้ง

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของระบบเครื่องอบแห้งพบว่า เครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้ แต่สามารถทำความดันได้ต่ำสุดที่ - 0.9 บาร์เท่านั้นตามทฤษฎีจะต้องใช้ความดันในการอบแห้งที่ - 0.998 บาร์หรือเกือบ -1.0 บาร์ ที่ใกล้สุญญากาศสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้ผลึกน้ำแข็งเกิดการระเหิดสมบูรณ์ที่สุด

การทดสอบการอบแห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้ใบมะกรูดเป็นวัตถุดิบในการทดลอง โดยทำการเยือกแข็งโดยใช้น้ำแข็งแห้งและทดลองอบแห้งที่สภาวะความดันในห้องอบแห้งต่างกัน ที่ - 0.8 บาร์และ - 0.9 บาร์ พบว่า ใบมะกรูดมีค่าความชื้นที่ลดลงจาก 120.26 – 58.63% และจาก 120.26 – 34.49% มาตรฐานแห้งและความชื้นลดลงจาก 54.60 - 36.96% และจาก 54.60 – 25.65% มาตรฐานเปียก ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 5 ชั่วโมงเท่ากัน

จากการวิเคราะห์ผลของการอบแห้งใบมะกรูดพบว่า ค่าคงที่ของการอบแห้ง (k) ที่ความดัน - 0.8 และ - 0.9 บาร์ ได้ค่า $k = 0.13513^{-h}$ และ 0.25882^{-h} ตามลำดับ และคุณภาพของใบมะกรูดเป็นที่ยอมรับไปตามมาตรฐานของตลาด

จากการวิเคราะห์อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบมะกรูด คือ 19.938 MJ/kg

จากการวิเคราะห์ผลทางหลักเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาคืนทุน 1.2 ปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูรัตน์ ธารารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกด้าน ตลอดจนตรวจสอบโครงงานนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมไปถึงบทความทางวิชาการทุกบทความที่นำมาอ้างอิงและนำมาศึกษา ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนโครงงานวิจัยจากโครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน ประจำปี 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] ภัทราพร สุวรรณกิจบริหาร. (2540). การศึกษาการทำแห้งผลไม้จาก Freeze Dryer. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[2] ศรีมา แจ้คำ, กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์ และเอกภูมิ บุญธรรม. (2564). การอบแห้งใบมะกรูดด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรดไกล. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 16(1), 59-70.

[3] โอริโนโค เยือง. (2551). การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ใช้วิธีการดักจับไอน้ำแบบใช้สารดักไอน้ำ(ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

TEC-14 (MJU)

การพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับการหุงต้มแบบไร้ควัน
Development of a Smokeless Biomass Stove for Cooking

พศวัต กอนแก้ว ภานุวัฒน์ คำมินเศก และ ชูรัตน์ ธารารักษ์*
Podsawat Kornkaew, Panuwat Kamminseak and Churat Thararux*
วิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

This research aims to study, design and construct a biomass cooking stove for cooking. It has a dimension of 0.3 m in diameter and 0.33 m. in height. The combustion chamber volume is 7234.56 cm^3 and it can burn 0.03 kg/min of wood chip fuel. This biomass stove is made of stainless steel and is stacked inside the stove with 2 layers. The inner layer is a combustion chamber used to contain wood waste fuel. The bottom has an air inlet hole. And the outer layer is a passageway of biomass gas flowing above through the top hole to burn again, making it smokeless and getting heat for cooking. The experiment to determine the performance of the prototype smokeless biomass stove by using the boiling test method to find out the optimum condition of a stove combustion. Four experiments were performed: Each experiment opened different air intakes to the combustion chamber by 100, 75, 50 and 25%, respectively and boiling water for 10 min. The results showed that the optimum conditions of the smokeless biomass cooking stove were 100% air inlet open, the thermal efficiency of 20.90%, the equivalence ratio of 0.730, the percentage excess air of 36.99% and the fuel consumption rate (FCR) of 0.29 kg/h, respectively. The payback period is 1.56 years.

Keywords: Smokeless biomass cooking stove, Thermal efficiency, Fuel consumption rate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบและสร้างเตาหุงต้มชีวมวลสำหรับการหุงต้มแบบไร้ควัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m และสูง 0.33 m มีปริมาตรห้องเผาไหม้ 7234.56 cm^3 และสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงเศษไม้ได้ 0.03 กิโลกรัม/นาที ซึ่งตัวเตาชีวมวลนี้ทำมาจากโลหะสแตนเลสประกอบซ้อนกันภายในเตามี 2 ชั้น ชั้นในเป็นห้องเผาไหม้ใช้บรรจุเชื้อเพลิงเศษไม้ ด้านล่างมีรูอากาศเข้า และชั้นนอกเป็นช่องทางเดินของก๊าซชีวมวลไหลขึ้นข้างบนผ่านรูด้านบนเข้ามาเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง ทำให้ไร้ควัน และได้ความร้อนใช้หุงต้ม การทดลองหาสมรรถนะของเตาชีวมวลต้นแบบไร้ควัน ใช้วิธีทดสอบโดยการต้มน้ำ (Boiling Test) เพื่อวิเคราะห์หาการเผาไหม้ที่เหมาะสม ทำการทดลอง 4 ครั้ง แต่ละการทดลองเปิดช่องอากาศเข้าห้องเผาไหม้ต่างกัน 100, 75, 50 และ 25% ตามลำดับ โดยการต้มน้ำ 10 นาที ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของเตาหุงต้มชีวมวลแบบไร้ควันคือเปิดช่องอากาศเข้า 100% ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 20.90% อัตราส่วนสมมูล เท่ากับ 0.730 ร้อยละอากาศเกิน 36.99% และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FCR) 0.29 kg/h ตามลำดับ และระยะเวลาคืนทุน 1.56 ปี
คำสำคัญ: เตาหุงต้มชีวมวลแบบไร้ควัน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, อัตราการใช้เชื้อเพลิง

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ที่สามารถนำมาผลิต เป็นเชื้อเพลิงที่เรียกว่า เชื้อเพลิงชีวมวลได้ มีวัสดุเหลือใช้ออกมามากซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลในภาคครัวเรือนได้ ลดการพึ่งพา เชื้อเพลิงการนำเข้าเชื้อเพลิงให้น้อยลง โดยยึดหลักใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลด

TREC-14 CMU

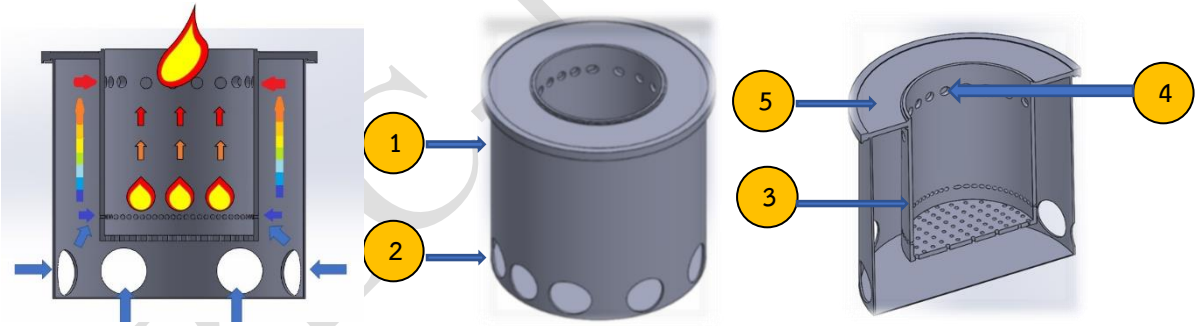
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอย่างมี ประสิทธิภาพและยั่งยืนมากที่สุด ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นผลผลิตทางการเกษตรรวมทั้งกากของเหลือจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ เศษไม้ ชานอ้อย กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม รวมทั้ง มูลสัตว์ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นมูลวัว มูลสุกร เป็ดไก่ เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวโครงการนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาหุงต้มชีวมวลแบบไร้ควันโดยจะใช้เศษไม้มาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อลดการใช้แก๊สหุงต้ม และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในชุมชน เพื่อลดการใช้ค่าใช้จ่ายในครัวเรือนและยังเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

การพัฒนาเตาหุงต้มชีวมวลแบบไร้ควันได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การออกแบบ สร้าง และทำการทดลอง มีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

การออกแบบและพัฒนาเตาชีวมวลแบบไร้ควัน เพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน โดยใช้เศษไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีหลักการทำงาน โดยการผลิตก๊าซชีวมวล (Producer gas) จากเชื้อเพลิง ลักษณะเตาเป็นแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วน แล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นก๊าซชีวมวลที่สามารถติดไฟได้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซมีเทน (CH_2) เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้จะไหลจากข้างล่างของเตาผ่านช่องรอบข้างของห้องเผาไหม้ขึ้นมาข้างบนแล้วผ่านรูด้านบนเข้าสู่ห้องเผาไหม้อีกครั้งหนึ่งจึงทำให้เกิดควันน้อยมาก และให้ความร้อนออกมา สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหุงต้มในครัวเรือนได้ จากแนวคิดนี้ จึงได้ทำการออกแบบตามหลักการทำงานของเตาชีวมวล สำหรับการหุงต้มแบบไร้ควันโดยใช้เศษไม้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ 1. ตัวเตา มีลักษณะกระบอกทรงสูงมีห้องเผาไหม้อยู่ตรงกลาง 2. ช่องสำหรับอากาศเข้าเพื่อช่วยในการเผาไหม้เชื้อเพลิง มีลักษณะเป็นวงกลม 3. เตาชั้นในมีลักษณะทรงกระบอกเป็นส่วนหนึ่งของห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงมีรูรังผึ้งขนาดเล็กด้านล่างเพื่อให้อากาศเข้าเผาไหม้เชื้อเพลิง และมีรูด้านข้างเพื่อให้ก๊าซชีวมวลไหลออก 4. ช่องสำหรับให้ก๊าซชีวมวลไหลเข้าเพื่อเผาไหม้ซ้ำ และ 5. ฝาปิดเตาด้านบน เพื่อไม่ให้ก๊าซชีวมวลออก. ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะภายนอกและภายในของเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควันตามที่ได้ออกแบบไว้

การสร้างเตาชีวมวลแบบไร้ควันต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้วัสดุทำด้วยแผ่นสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m และสูง 0.33 m มีปริมาตรห้องเผาไหม้ 7234.56 cm^3 แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกและภายในของเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควันต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น

TECH-MED

2. การทดสอบเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควันต้นแบบเพื่อหา

1. สมรรถนะและประสิทธิภาพของเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควัน
2. อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยมีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

การทดสอบเตาหุงต้มชีวมวลต้นแบบเพื่อหาสมรรถนะของเตา และหาอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยทำการทดสอบด้วยวิธีการต้มน้ำ (Boiling test) โดยการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ที่มีการเปิดช่องอากาศที่ใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงไม่เท่ากัน (100, 75, 50 และ 25% ตามลำดับ) ใช้เศษไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้น้ำในการต้ม 2 กิโลกรัมต่อครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

1. ทำการต้มน้ำโดยชั่งเชื้อเพลิงจะใช้เป็นเศษไม้ 1 kg และน้ำ 2 kg
2. ทำการบันทึกข้อมูลก่อนการทดสอบ เช่น น้ำหนักของเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการต้ม อุณหภูมิของน้ำ
3. วัดความเร็วลมทุกๆ 1 นาที ทดสอบเป็นเวลา 10 นาที
4. จากนั้นทำการชั่งและจดบันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป และน้ำที่ระเหยไปจากการต้ม
5. นำค่าที่ได้จากการจดบันทึกมาคำนวณหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเตา

ทำทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง โดยจะเปิดช่องสำหรับอากาศตามที่กำหนดดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบการต้มน้ำ (Boiling Test) ของเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควันต้นแบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและสร้างเตาชีวมวลสำหรับหุงต้มแบบไร้ควันต้นแบบพบว่า ต้นแบบสามารถทำงานได้ดีตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ

2. ผลการวิเคราะห์หาสมรรถนะของเตาชีวมวลต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของสมรรถนะของเตาชีวมวลต้นแบบ

รายการ	เปิดช่องอากาศเข้า 100%	เปิดช่องอากาศเข้า 75%	เปิดช่องอากาศเข้า 50%	เปิดช่องอากาศเข้า 25%
ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ (Q_u)	2608.97(kJ)	2801.18 (kJ)	2291.17(kJ)	1455.35(kJ)
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	23.89%	17.96%	14.68%	9.32%
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FCR)	0.45kg/h	0.38kg/h	0.39kg/h	0.32kg/h
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (SFC) (kg/kJ)	$3.45x10^{-4}$	$2.82 x10^{-4}$	$4.28 x 10^{-4}$	6.2310^{-4}

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (SFC)

จากตารางที่ 1 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ เป็นอัตราการใช้ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยของน้ำ ซึ่งได้ทำการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับช่องอากาศ 4ปัจจัย ได้แก่ เปิดช่องอากาศ 100, 75, 50 และ 25% พบว่า การเปิดช่องอากาศ 75% ใช้เชื้อเพลิงในการระเหยของน้ำ เท่ากับ $2.82x10^{-4}$ (kg/kJ) ซึ่งน้อยกว่าการเปิดช่องอากาศ 100, 50 และ 25% ตามลำดับ

ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ (Q_u)

ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ ในการทำเตาชีวมวล พบว่าการเปิดช่องอากาศ100%มีพลังงาน ความร้อนที่นำมาใช้ประโยชน์ เท่ากับ 2608.97 kJ ซึ่งน้อยว่าเปิดช่องอากาศ 75% ที่มีปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์เท่ากับ 2801.18 kJ และมากกว่าการเปิดช่องอากาศ 50% มีปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ 2291.17 kJ และ 25% ที่มีปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ 1455.35 kJ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวล พบว่าการเปิดช่องอากาศ 100% มีประสิทธภาพสูงสุด มีค่าเท่ากับ 23.89% ประสิทธิภาพความร้อนในการเปิดช่องอากาศ 75% มีค่าเท่ากับ 17.96 % ประสิทธิภาพความร้อนในการเปิดช่องอากาศ 50% มีค่าเท่ากับ 14.68% และประสิทธิภาพความร้อนในการเปิดช่องอากาศ 25% มีค่าเท่ากับ 9.32 %

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FCR)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของ เตาหุงต้มชีวมวลแบบไร้ควัน พบว่าการเปิดช่องอากาศ 100, 75, 50 และ 25% มีค่าเท่ากับ 0.45 kg/h, 0.38 kg/h, 0.39 kg/h และ0.32 kg/h ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อหาอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของเตาชีวมวลต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์จากการเผาไหม้เพื่อหาอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของเตาชีวมวลต้นแบบ

การทดลองที่	เปิดช่องอากาศเข้า (%)	A/F ปฏิบัติ	A/F ทฤษฎี	อัตราส่วนสมมูล	% อากาศเกิน
1	100	12.572	3.665	0.730	36.99
2	75	7.54	3.665	0.880	13.64
3	50	4.8286	3.665	0.036	-
4	25	1.006	3.665	14.58	-

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์อัตราการใช้อากาศต่อเศษไม้ในสภาวะการทำงานจริงพบว่า การเปิดช่องอากาศ100% มีประสิทธิภาพดีกว่า การเปิดช่องอากาศ 75, 50 และ 25% แสดงข้อมูลดังตารางที่ 2 และสมการการเผาไหม้สมบูรณ์เชิงทฤษฎีของเศษไม้ลำไยมีดังนี้

$$C_{25}H_{81}O_{37.4}\ N_{0.1}S_{0.015} + 26.365\ (O_2+3.76N_2) \rightarrow 25CO_2+40.5H_2O+0.015SO_2+99.9N_2$$

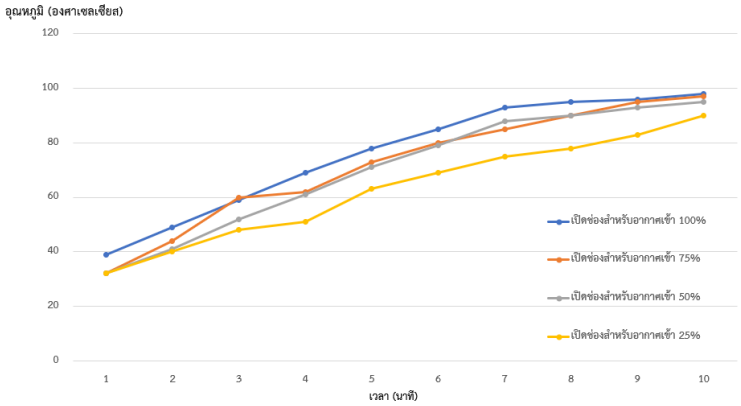
4. ผลการวิเคราะห์การทดสอบต้มน้ำ (Boiling Test)

ผลการการทดสอบต้มน้ำพบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำดังแสดงในภาพที่ 3 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิน้ำพบว่าที่การเปิดช่องอากาศ 100% มีการเดือดของน้ำเร็วกว่า การเปิดช่องอากาศ 75, 50 และ 25% ตามลำดับ เนื่องจากสภาวะนี้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด (23.89%)

5. ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ ของเตาหุงต้มชีงมวลแบบไร้ควัน

จากการวิเคราะห์มีรายจ่ายคงที่ 1,030 บาท มีรายจ่ายแปรผันรวม 4 บาท/วัน จากการวิเคราะห์ผลต่างของการใช้แก๊สกับเตาชีวมวลโดยการใช้เศษไม้ 2 บาท/กิโลกรัม คิดเป็น 4 บาท/วัน โดยการใช้แก๊ส 1 ถัง จะคิดเป็น 15 kg/ถัง ระยะเวลาการใช้งานอยู่ที่ 60 วัน คิดเป็น 175 บาท/เดือน และ 5.83 บาท/วัน คิดเป็นผลต่างจากการใช้เตาชีวมวลแทนแก๊ส 1.83 บาท/วัน ซึ่งมีระยะเวลาการเผา 1 ปี เผา 200 ครั้ง/ปี โดยที่การใช้แก๊สคิดเป็น 2,100 บาท/ปี และการใช้เตาชีวมวลจะอยู่ที่ 1,440 บาท/ปี มีรายได้จากการประหยัดแก๊ส 660 บาท มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.56 ปี

TREC-14 (MJU)



ภาพที่ 4 แสดงอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลา ที่การเปิดช่องอากาศ 100% 75% 50% และ 25% ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการออกแบบ และสร้างเตาชีวมวลแบบไร้ควัน จากผลการทดสอบหาสมรรถนะของเตาต้นแบบพบว่าเตาชีวมวลแบบไร้ควันสามารถใช้งานได้ดีตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือที่เปิดช่องสำหรับอากาศเข้า 100% ซึ่งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด 23.89% อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทฤษฎี 3.665 ต่อ 1 อัตราส่วนสมมูล 0.730 และร้อยละอากาศเกิน 36.99% ตามลำดับ ผลจากการทดสอบต้มน้ำพบว่า อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 3.45×10^{-4} kg/kJ ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ 2608.97 kJ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FCR) 0.45 kg/h และระยะการคืนทุน 1.56 ปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกด้าน ตลอดจนตรวจสอบโครงงานนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมไปถึงบทความทางวิชาการทุกบทความที่นำมาอ้างอิงและนำมาศึกษา ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุน โครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

[1]. http://www.energyvision.co.th “พลังชีวมวล” (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563).

[2] ธนชาติ มหาวัน ชูรัตน์ ธารารักษ์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี กิตติกร สาสุจิตต์ และนิกราน หอมดวง. 2553. “สมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลไร้ควันเมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง.” วิทยาลัยพลังงานทดแทน (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563)

[3] Krittaporn Sae Ngae Saijan. “กระบวนการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลภาคครัวเรือนเพื่อลดการใช้แก๊สหุงต้ม.” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563)

[4] วชิรา ดาวสุด. 2561. “การผลิตแก๊สชีวภาพและพัฒนาแบบจ าลองโดยระบบยูเอเอสบีจากของเสียอินทรีย์ ร่วมกับการตรึงจุลินทรีย” โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563).

[5] ขนิษฐา เสาใบ ประสิทธิชัย ศิริพรดุลศิลป์ และ ปรัชญา พละพันธุ์ “การทดสอบประสิทธิภาพความร้อนของเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง” สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563).

TREC-14(MJU)

การศึกษาและพัฒนาเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน

Study and Development of a Smokeless Charcoal Kiln

วีรวัฒน์ ชัยศิริลักษณ์ สิทธิโชค อินทะวัน และชูรัตน์ ธารารักษ์*
Weerawat Chaisiriluck Sittschok Aintawan and Churat Thararux*

วิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Abstract

This research study about smokeless charcoal kiln by designing and building smokeless charcoal kiln. It has a cylindrical shape with a diameter of 80 cm, a height of 150 cm and a condensing unit to produce wood vinegar. The charcoal production chamber has a diameter of 20 cm and a height of 50 cm, there is a system to bring the gas from the charcoal production process to be burned again to reduce air pollution problems and increase combustion efficiency. The experiment of the charcoal kiln would use longan wood of a moisture content of 25 - 40%, wet basis to produce 50 kg of charcoal per time. It uses firewood to heat about 38 - 47 kg and takes 5 hours to produce charcoal. The experiments to determine the performance and temperature conditions inside the charcoal kiln. The charcoal production experiment was conducted 4 times. It was found that, the flue gas combustion temperatures of 400, 500, 550, and 600 °C, respectively, the effect in the 200, 250, 280, and 300 °C reactor internal carbonization process temperatures, respectively. The yield of charcoal is 16, 15.5, 11, and 10 kg, respectively. (charcoal yield about 12-20% of raw material), wood vinegar yields 1.5, 2.5, 4.5 and 5.5 liters, respectively, and the calorific heating value of the charcoal 26.92, 24.69, 24.17, and 21.03 MJ/kg, respectively. The optimum conditions for this charcoal kiln are a flue gas temperature of 400 °C, the reactor internal carbonization process temperature of 200 °C. The thermal efficiency was 72.65% and the payback period was 0.495 years.

Keywords: Smokeless Charcoal Kiln, Carbonization Process

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันโดยทำการออกแบบและสร้างเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน มีลักษณะรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 cm สูง 150 cm และมีชุดควบแน่นผลิตน้ำส้มควันไม้ ห้องผลิตถ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 50 cm มีระบบนำก๊าซจากกระบวนการผลิตถ่านเข้าไปเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ การทดลองหาสมรรถนะของเตาผลิตถ่านจะใช้ไม้ลำใยผลิตถ่าน 50 กิโลกรัมต่อครั้ง (ไม้ลำไยมีความชื้น 25 - 40% มาตรฐานเปียก) ใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนประมาณ 38 - 47 กิโลกรัม และใช้เวลาในการผลิตถ่าน 5 ชั่วโมง การทดลองหาสมรรถนะและสภาวะอุณหภูมิภายในเตาผลิตถ่าน โดยทำการทดลองการผลิตถ่าน 4 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิการเผาไหม้ที่ปล่องไอเสีย 400, 500, 550,และ 600 °C ตามลำดับจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ของกระบวนการผลิตถ่าน 200, 250, 280,และ 300 °C ตามลำดับ ได้ผลผลิตถ่าน 16, 15.5, 11, และ 10 กิโลกรัมตามลำดับ หรือได้ผลผลิตถ่าน 12-20% ของวัตถุดิบ ได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ 1.5, 2.5, 4.5 และ 5.5 ลิตรตามลำดับและค่าความร้อนของถ่าน 26.92 , 24.69 , 24.17 , และ 21.03 MJ/kg ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของเตาผลิตถ่านนี้คืออุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย 400 °C อุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ 200 °C ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 72.65% และระยะเวลาคืนทุน 0.495 ปี

คำสำคัญ: เตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน กระบวนการผลิตถ่าน

TREC-IACMD

บทนำ

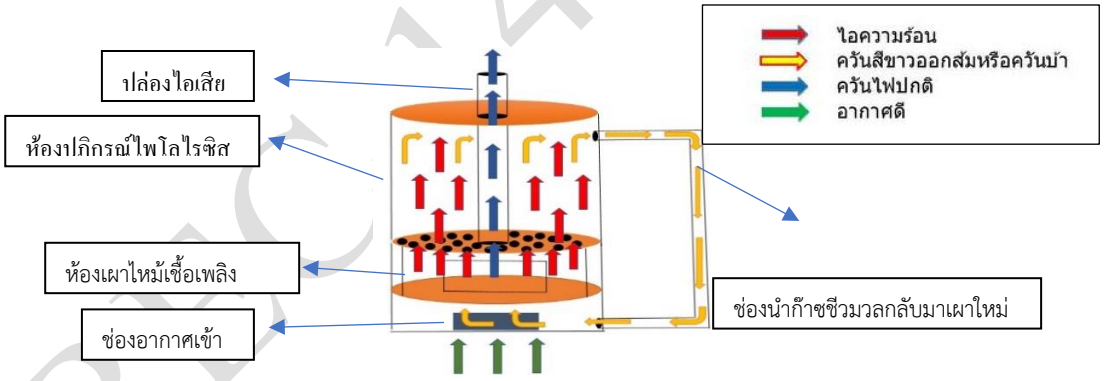
ในปัจจุบันถ่านจากไม้ฟืนมีประโยชน์มากมายในการนำไปใช้งานในครัวเรือนเพื่อให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงและประโยชน์ภายในครัวเรือน เป็นองค์ ความรู้ที่สามารถทำให้เกิดการพึ่งตนเอง ลดรายจ่ายภายในครัวเรือน ถ่านที่ได้มีคุณภาพสูงเป็นผลดีต่อ สุขภาพ เมื่อเหลือใช้ภายในครัวเรือนแล้วสามารถนำออกไปขายสู่ตลาดเพื่อสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก การผลิตถ่าน ที่เรียกว่าน้ำส้มควันไม้ ที่มีคุณสมบัติ การใช้ประโยชน์ประมาณ 150 อย่าง ที่สำคัญนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงเกษตรกรรมธรรมชาติเพื่อใช้ป้องกัน และ กำจัดศัตรูพืชได้ทางหนึ่งด้วย โดยวิธีการผลิตถ่านจะเน้นหลักการพึ่งพาตนเอง แต่ปัญหาการผลิตถ่านก็คือเป็นที่เป็นอันตรายต่อ สุขภาพ ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข ซึ่งกิจการดังกล่าวมี กระบวนการผลิตที่มีปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ของประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ได้แก่ เสียงดัง กลิ่นจากควันไฟ และฝุ่นละออง ทำให้ประชาชนยังคงได้รับความเดือดร้อน ดังนั้นคณะผู้จัดทำ จึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาการผลิตถ่านโดยใช้เตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน เพื่อลดปัญหาในการเกิดควันและมลพิษทางอากาศและให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการวิจัย

การพัฒนาเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

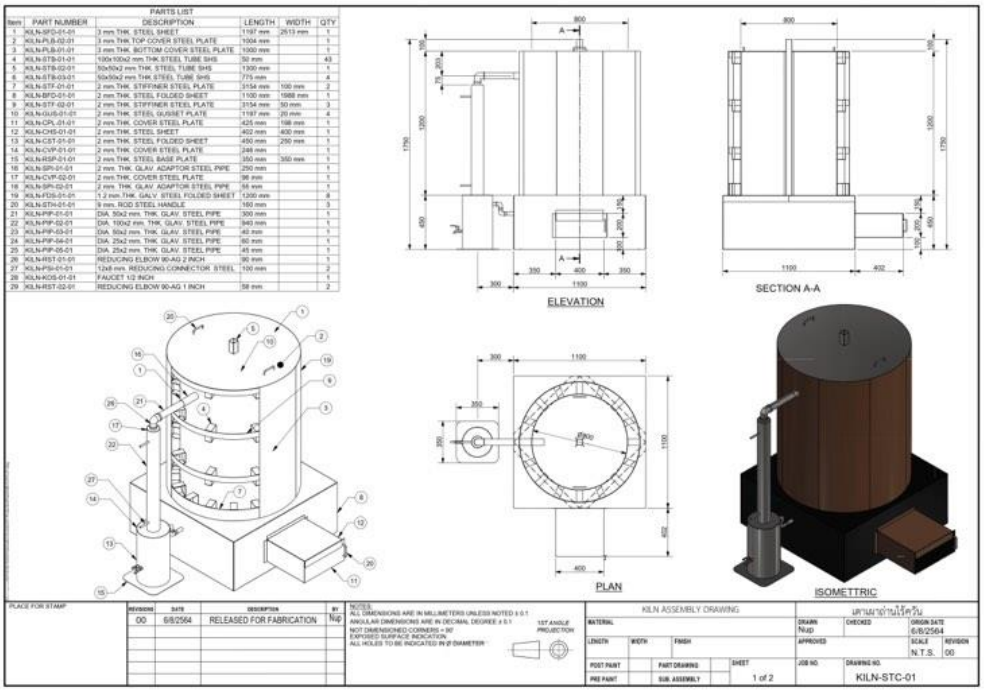
การออกแบบ สร้าง และทำการทดลอง มีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

แนวคิดในการออกแบบ จากปัญหาการผลิตถ่านทำให้เกิดมลพิษทางอากาศมากมาย เช่น มลพิษอากาศ มลพิษทางเสียง และเกิดอันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก นักศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันดังภาพที่ 1 เพื่อให้ลดปัญหา มลพิษทางอากาศ มลพิษเสียง และอันตรายที่จะเกิดต่อสุขภาพของคนในบริเวณนั้น ๆ อีกด้วย และ ทำถ่านออกมาให้คุณภาพและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากถ่านที่เผาออกมาทั่วไปประสิทธิภาพถ่านไม่ได้มาตราฐานจึงทำให้ถ่านมีคุณภาพต่ำและถ่านไม่มีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 แนวคิดในการออกแบบเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน

หลักการทำงานของเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน จัดเตรียมไม้เชื้อเพลิงใส่ในห้องเชื้อเพลิง เรียงไม้ที่จะทำถ่านให้เต็มในห้องปฏิกรณ์ของเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน ปิดฝาให้สนิดห้ามให้มีอากาศเข้าไปข้างในห้องปฏิกรณ์ จากนั้นทำการจุดไฟในห้องเผาเชื้อเพลิง ช่วงแรกไม้จะคายความชื้นออกมาจะเห็นเป็นไอน้ำออกมาจากท่อ เมื่อถึงจุดที่ทำกระบวนการไพโรไลซิสช่วงประมาณ 200-400 องศาเซลเซียสจากนั้นควันสีขาวก็จะออกมาจะในห้องปฏิกรณ์ของเตาผลิตถ่านแล้วหวนคืนกลับไปยังห้องเผาไม้เชื้อเพลิงเพื่อช่วยในการเผาเชื้อเพลิงอีกครั้งและเมื่อก๊าซชีวมวลผ่านท่อนี้ก็จะผ่านชุดควบแน่นเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้และได้น้ำส้มควันไม่ออกมา ให้กระบวนการไพโรไลซิสทำปฏิกิริยากับไม้ในห้องปฏิกรณ์ประมาณ 1 - 1.5 ชั่วโมง.ในอุณหภูมิคงที่แล้วค่อยทำการดับไฟและรอให้เย็นถึงจะเปิดและได้ถ่านออกมา การออกแบบเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันแสดงรายละเอียดแบบดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รายละเอียดแบบของเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน

การสร้างเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โครงสร้างทำด้วยเหล็กแผ่น ภายนอกหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนแสดงดังภาพที่ 3 - 6

ภาพที่ 3 ลักษณะภายในของเตาผลิตถ่าน

ภาพที่ 4 ส่วนฐานรับน้ำหนักและช่องอากาศเข้า

ภาพที่ 5 เตาผลิตถ่านแบบไร้ควันต้นแบบ

ภาพที่ 6 ชุดกลั่นน้ำส้มควันไม้

การทดลองหาสมรรถนะของเตาผลิตถ่านและสภาวะอุณหภูมิภายในเตาผลิตถ่าน โดยทำการทดลองการผลิตถ่าน 4 ครั้ง ที่สภาวะอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ปล่องไอเสีย 400, 500, 550,และ 600 °C ตามลำดับ การทดลองหาสมรรถนะของเตาผลิตถ่านจะใช้ไม้ลำใยผลิตถ่าน 50 กิโลกรัมต่อครั้ง (ไม้ลำไยมีความชื้น 25 - 40% มาตรฐานเปียก) ใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนประมาณ 38 - 47 กิโลกรัม และใช้เวลาในการผลิตถ่าน 5 ชั่วโมง การทดลองเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในเตาปฏิกรณ์เผาถ่าน ทดสอบโดยการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการผลิตถ่านมากที่สุดและได้ถ่านที่มีคุณภาพและมาตราฐาน . กำลังการผลิตถ่าน ทดสอบโดยการนำถ่านที่เผาได้แต่ละครั้งมาช่างน้ำหนักทุกครั้งที่ทำการทดลอง กำลังการผลิตน้ำส้มควันไม้ ทดสอบโดยการวัดปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้กี่ลิตรต่อการผลิตถ่านไม้ 1 ครั้ง การปล่อยมลพิษทางอากาศ ทดสอบโดยการสังเกต ควัน เสียง กลิ่น ทำการทดลองค่าความร้อนของถ่านด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D240 ทุกการทดลอง วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่าน และ. วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์หาระยะเวลาคืนทุน ผลผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองแสดงดังภาพที่ 7 และ8

ภาพที่ 7 ผลผลิตถ่านที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 8 ผลผลิตน้ำส้มควันไม้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการผลิตถ่านมากที่สุดและได้ถ่านที่มีคุณภาพและมาตราฐาน . กำลังการผลิตถ่าน. หาประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน มีรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการผลิตถ่านของเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน ทั้ง 4 การทดลอง

การทดลองครั้งที่	ปริมาณไม้ที่ใช้เผาถ่าน (kg)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (kg)	เวลาในการทดลอง (ชม)	อุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์	ผลผลิตที่ได้	
					ถ่าน (kg)	น้ำส้มควันไม้ (ลิตร)
1 อุณหภูมิปล่องไอเสีย 400°C	50	38	5	200	16	1.5
2 อุณหภูมิปล่องไอเสีย 500°C	50	40	5	250	15.5	2.5
3 อุณหภูมิปล่องไอเสีย 550°C	50	45	5	280	11	4
4 อุณหภูมิปล่องไอเสีย 600°C	50	47	5	300	10	5.5

ผลการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าใช้ระยะเวลาทำการทดลองเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน 5 ชม. ใช้ไม้ในการทำถ่านต่อรอบอยู่ที่ 50 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย 400°C อุณหภูมิ และอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ 200°C จะได้น้ำส้มควันไม้ 1.5 ลิตร และได้ผลผลิตถ่านในการเผาออกมา 16 กิโลกรัม ความชื้นในไม้ 25% มาตรฐานเปียก ค่าความร้อนของถ่าน 26.92 MJ/kg และประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่าน 72.65%

ผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าใช้ระยะเวลาทำการทดลองเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน 5 ชม. ใช้ไม้ในการทำถ่านต่อรอบอยู่ที่ 50 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย 500°C อุณหภูมิ และอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ 250°C จะได้น้ำส้มควันไม้ 2.5 ลิตร และได้ผลผลิตถ่านในการเผาออกมา 15.5 กิโลกรัม ความชื้นในไม้ 25% มาตรฐานเปียก ค่าความร้อนของถ่าน 24.69 MJ/kg และประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่าน 61.72%

ผลการทดลองครั้งที่ 3 พบว่าใช้ระยะเวลาทำการทดลองเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน 5 ชม. ใช้ไม้ในการทำถ่านต่อรอบอยู่ที่ 50 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย 550°C อุณหภูมิ และอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ 280°C จะได้น้ำส้มควันไม้ 4 ลิตร และได้ผลผลิตถ่านในการเผาออกมา 11 กิโลกรัม ความชื้นในไม้ 35% มาตรฐานเปียก ค่าความร้อนของถ่าน 24.17 MJ/kg และประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่าน 39.89%

ผลการทดลองครั้งที่ 4 พบว่าใช้ระยะเวลาทำการทดลองเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน 5 ชม. ใช้ไม้ในการทำถ่านต่อรอบอยู่ที่ 50 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย 600°C อุณหภูมิ และอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ 300°C จะได้น้ำส้มควันไม้ 5.5 ลิตร และได้ผลผลิตถ่านในการเผาออกมา 10 กิโลกรัม ความชื้นในไม้ 40% มาตรฐานเปียก ค่าความร้อนของถ่าน 21.03 MJ/kg และประสิทธิภาพของเตาผลิตถ่าน 28.86%

ผลการปล่อยมลพิษทางอากาศ มลพิษทางอากาศไม่เกิดขึ้นกับเตาเผาถ่านแบบไร้ควัน ทดสอบโดยการเผาในที่โล่งแล้วสังเกตุดูควันที่ออกจากปล่อง พบว่า ไม่มีควันออกมาจากปล่อง และไม่มีกลิ่นออกมาจากปล่อง ทำให้ไม่เกิดมลพิษทางอากาศ

ผลการวิเคราะห์ทางเศษฐศาสตร์ ระยะเวลาคืนทุน วิเคราะห์จากมีรายจ่ายคงที่ 5940 บาท มีรายจ่ายแปรผันรวม 230 บาท/ครั้ง โดยมีต้นทุนการทำถ่านจะมีรายได้จากถ่านไม้ปิ้งย่าง 20 บาท/กิโลกรัม ขายถ่านไม้ปิ้งย่าง 320 บาท/ครั้ง ขายน้ำส้มควันไม้ 30 บาท/ครั้ง ขายน้ำส้มควันไม้ลิตรละ 20 บาท/ลิตร รายได้สุทธิ 120 บาท/ครั้ง ซึ่งมีระยะเวลาการเผา 1 ปี เผา 100 ครั้ง/ปี มีรายได้ 12000 บาท มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 0.495 ปี

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยพบว่าเตาผลิตถ่านแบบไร้ควันต้นแบบนี้สามารถทำงานได้ดีผลิตถ่านได้คุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของตลาด สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านคือที่อุณหภูมิปล่องไอเสียอุณหภูมิ 400°C และอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ของกระบวนการไพโรไลซิล 200°C อุณหภูมิภายในเตา ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตถ่าน 72.65% ผลผลิตถ่านได้ 16

TREC-14 (MJU)

กิโลกรัมต่อการเผาหนึ่งครั้งหรือได้ผลผลิตถ่าน 12-20% ของวัตถุดิบ ได้ถ่านที่มีความร้อน 26.92 MJ/kg ได้น้ำส้มควันไม้ 1.5 ลิตร ผลการสังเกตุดูควันที่ออกจากปล่องไอเสีย พบว่า ไม่มีควันออกมาจากปล่อง และไม่มีกลิ่นออกมาจากปล่อง ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศน้อยมาก และ มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 0.495 ปี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกด้าน ตลอดจนตรวจสอบโครงงานนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมไปถึง บทความทางวิชาการทุกบทความที่นำมาอ้างอิงและนำมาศึกษา ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มอบทุนสนับสนุนโครงงานจาก โครงการผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้าน พลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปีงบประมาณ2564

เอกสารอ้างอิง

[1] ขั้นตอนวิธีทำ การผลิตถ่านไม้ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในครัวเรือน. http://www.vigotech.in.th/ข่าวเกษตรน่ารู้/การผลิตถ่านไม้.html. สืบค้นเมื่อเดือนตุลาคม 2563

[2] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือวิชาการ เรื่อง แนวทางการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภท การผลิตถ่านหรือการสะสมถ่าน. พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน 2555

[3] กิตติกร สาสุจิตต์. (พฤสจิกายน.2556). เทคโนโลยีพลังงานชีวมวล. เชียงใหม่ : สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[4] สิริชัย รัตนวราหะ. (2563). การศึกษาการทำเตาผลิตถ่านแบบไร้ควัน . กรุงเทพฯ :คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ศูนย์การเรียนรู้สวนไผ่ชัยภูมิ การผลิตถ่านจากไม้ไผ่. (2560).ว่า ผลผลิตถ่านที่ได้จากเตาถัง 200 ลิตร ประมาณ 20-22 กก. มีคุณภาพสูง.สืบค้นเมื่อ 29 ตุลาคม 2563, [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:https://www.pinterest.com/pin/481674122639934551/

[6] อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา (2560). คุณภาพทางรูปแบบเตาผลิตถ่านประสิทธิภาพสูงที่เหมาะสมของชุมชน.บุรีรัมย์ :คณะวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

TREC-14 (MJU)

การศึกษาเปรียบเทียบโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้าน ด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์

The Comparative Study of Solar Power Plant using Bifacial PV Panel with Tracking System

พิมพ์พร โกพล* และสุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน
Pimporn Kopol* and Suthas Ratanakuakangwan

สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Abstract

The standard albedo of a ground used for solar power plant project is around 0.2. This represents the ratio of light being reflected back from the surface. The albedo of the surface directly affects the performance of a bifacial solar panel which can receive light from both sides. The output from the solar panel can be increased by increasing the surface reflection. This study compares the investment cost for various types of surface material with different albedo by simulating the energy output using PVsyst program. The study uses a solar power plant with bifacial PV panel along and a single-axis tracking system to compare three different surface materials, including grass, sand, and gravel. Results from the study shown that despite the system with the gravel surface has the highest investment cost (at 136.17 mTHB), it has the highest albedo providing the highest internal rate of return (17.01%).

Keywords: Bifacial PV panel, albedo, cost estimation, internal rate of return

บทคัดย่อ

ค่าการสะท้อนพื้นหญ้าปกติของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะอยู่ที่ 0.2 ซึ่งค่าการสะท้อนจากพื้นดินมีผลโดยตรงต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน ซึ่งถ้าหากสามารถเพิ่มค่าการสะท้อนใต้แผงให้มากขึ้น ย่อมส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบผลการสะท้อนจากวัสดุปูพื้นที่มีค่าการสะท้อนแตกต่างกัน โดยจำลองผลผลิตไฟจากโปรแกรม PVsyst และเปรียบเทียบต้นทุนในการลงทุนด้วยวิธีประเมินต้นทุนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน ที่ทำงานด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบตั้งเวลา 3 กรณี ได้แก่ พื้นหญ้า พื้นทราย และหินกรวด พบว่าโครงการที่ใช้วัสดุปูพื้นด้วยหินกรวดมีค่าการสะท้อน 0.4 ส่งผลให้แผงสามารถผลิตไฟได้มากที่สุด ทำให้โครงการมีอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุด 17.01% แม้จะมีมูลค่าการลงทุนอยู่ที่ 136.17 ล้านบาท ซึ่งสูงที่สุดก็ตาม

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน, ค่าการสะท้อน, การประเมินต้นทุน, อัตราผลตอบแทนภายใน

บทนำ

การใช้งานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบการให้ความร้อนและผลิตไฟฟ้า ในแง่ของการผลิตไฟฟ้านั้นพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่ามีแนวโน้มการใช้งานสูงขึ้นอย่างมากจากอดีต เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด และขั้นตอนในการผลิตไฟฟ้าไม่มีการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อมีการใช้งานที่มากขึ้นย่อมส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีส่วนอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นตามไปด้วย โดยเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ปัจจุบัน นับว่าก้าวหน้ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแผงที่ประสิทธิภาพดีที่สุดตอนนี้คือ แผงประเภทรับแสงสองด้าน (Bifacial PV panel) ซึ่งต่างจากแผงแบบทั่วไปคือ สามารถรับแสงทั้งจากผิวด้านหน้าและแสงที่

TREC-IA (MJU)

สะท้อนจากพื้นดินได้ ทำให้แผงชนิดนี้ผลิตไฟได้มากกว่าแผงแบบทั่วไปประมาณ 15-20% ทั้งนี้ยังใช้พื้นที่น้อยกว่าในกำลังการผลิตติดตั้งที่เท่ากัน ส่งผลให้โครงการพลังงานแสงอาทิตย์หันมาใช้แผงประเภทนี้มากขึ้นเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การหาวิธีเพิ่มผลการผลิตไฟให้โครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้าน โดยทำการเปลี่ยนวัสดุที่ปูบนพื้นผิวของโครงการด้วยวัสดุต่าง ๆ กัน ได้แก่ พื้นหญ้า ทราย และหินกรวด โดยจะใช้พื้นหญ้าเป็นพื้นปกติของโครงการทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบว่าการเปลี่ยนวัสดุที่ปูใต้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้านนั้นจะส่งผลให้โครงการฯ สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นหรือไม่ และมีต้นทุนในการลงทุนและการดำเนินงานเท่าไหร่ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบพิจารณาการลงทุน

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน (Bifacial PV panel) คือแผงที่สามารถรับแสงอาทิตย์โดยตรงจากพื้นผิวด้านหน้า และแสงสะท้อนจากด้านหลังของแผง ส่งผลให้ตัวแผงผลิตพลังงานได้มากขึ้น ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบทั่วไปนั้นสามารถรับแสงจากพื้นผิวด้านหน้าของแผงเท่านั้น ทำให้ผลิตไฟได้มากกว่าประมาณ 15-20% และใช้พื้นที่น้อยกว่าในกำลังการผลิตติดตั้งที่เท่ากัน [1] แผงประเภทรับแสงสองด้านมีส่วนประกอบคล้ายกันกับแผงแบบทั่วไป ข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือ ด้านหลังของแผงประเภทรับแสงสองด้าน เป็นกระจกโปร่งใส ซึ่งแผงแบบทั่วไปนั้นจะเป็นแผ่น Back sheet [2]

PVsyst เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยโปรแกรมจะคำนวนผลผลิตที่คาดว่าจะสามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์จากคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลของอุปกรณ์ตามรายชื่อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตได้ รวมถึงมีการใช้ข้อมูลแสงแดดในอดีตมาประเมินร่วมด้วย เพื่อให้ได้ผลจำลองที่ใกล้เคียงความจริงที่สุด [3]

ในการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน และการสะท้อนของพื้นผิวด้วยวัสดุ พบว่ามีการศึกษาค่าสะท้อนของพื้นผิวด้วยวัสดุต่าง ๆ คือ พื้นหญ้า ทราย พื้นคอนกรีต รวมถึงวัสดุกรวดขาว กระดาษขาว กระเบื้องสีขาว และฟอยอลูมิเนียม ที่ปูพื้นใต้แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ จากการศึกษาวัสดุพื้นหญ้ามีค่าการสะท้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.2 ในขณะที่ทรายมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยที่ 0.3 [4] ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาค่าการสะท้อนของหินกรวด ว่าระดับการสะท้อนของหินกรวดนั้นมีความเกี่ยวข้องกับขนาดของหิน โดยทดสอบกับหินขนาด 1 เซนติเมตร ถึง 5 เซนติเมตร โดยที่หินขนาดใหญ่จะสามารถสะท้อนแสงได้น้อยลง เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างหินเยอะขึ้น [5] ในส่วนการลงทุนโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ มีการศึกษาเปรียบเทียบการลงทุน 3 ประเภทคือ 1) ลงทุน 100% โดยผู้ลงทุน 2) ผู้ลงทุนออก 70% และกู้ธนาคาร 30% 3) กู้ธนาคาร 100% รวมถึงงานก่อสร้างทั้งหมด โดยที่ได้ทำการเปรียบเทียบโมเดลการเงินสำหรับโครงการขนาด 5 เมกะวัตต์ 10 เมกะวัตต์ และ 50 เมกะวัตต์ ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้แก่ กระเงินสด (Cash flow), ต้นทุนเฉลี่ยตลอดอายุโครงการโรงไฟฟ้า (Levelized cost of electricity), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) [6]

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเชิงเทคนิคของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทรับแสงสองด้าน ส่วนประกอบของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคำนวณหาขนาดและจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทั้งหมด

2. ศึกษาข้อมูลทางการเงินและการลงทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ต้นทุนที่แตกต่างกันในแต่ละโครงการ นำมาคิดค่าต้นทุนที่จะเกิดขึ้นทั้งหมด

3. จำลองผลผลิตไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผ่านโปรแกรม PVsyst โดยระบุขนาดอุปกรณ์ที่เลือกใช้และเลือกวัสดุปูพื้นทั้ง 3 โครงการที่ศึกษา และนำผลผลิตในปีแรกที่ได้จากโปรแกรม PVsyst ไปคำนวณหาผลผลิตตลอด 25 ปี โดยใช้อัตราการลดลงของประสิทธิภาพแผงตามข้อมูลจากผู้ผลิตแผง

4. วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านต้นทุนและรายได้จากแบบจำลอง โดยใช้วิธีการหา ต้นทุนต่อหน่วย (Unit cost) ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการ (Life cycle cost) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

TREC-14 (MUD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและออกแบบระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 5 เมกะวัตต์ ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้านและทำงานด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบตั้งเวลา ทำให้ได้รายละเอียดและต้นทุนทั้งหมดรายละเอียดดังตารางที่ 2 โดยที่ต้นทุนในการลงทุนโครงการที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นหญ้า มีต้นทุนในการลงทุน 134.53 ล้านบาท โครงการที่ 2 ทำการปูพื้นด้วยทรายทำให้มีต้นทุนในการลงทุน 135.84 ล้านบาท และโครงการที่ 3 ที่ปูพื้นด้วยหินกรวดนั้นมีต้นทุนในการลงทุน 136.17 ล้านบาท

ตารางที่ 2 รายการและต้นทุนของโครงการ

รายการ	รายละเอียด	จำนวน	ราคา (ล้านบาท/หน่วย)	รวม (ล้านบาท/หน่วย)
1. ระบบผลิตไฟฟ้า				
1.1 แผง	440 วัตต์/แผ่น	11,340 แผ่น	0.0035	39.69
1.2 โครงสร้าง	ความสูง 2.1 เมตร/ชุด	5 ชุด	5	25.00
1.3 มอเตอร์เกียร์	300 นิวตันเมตร/ชุด	157 ชุด	0.02	3.14
1.4 ทราย	-	4,560 ลบม.	0.0003	1.31
1.5 หินกรวด	ขนาด 2 นิ้ว	4,560 ลบม.	0.0004	1.64
2. ระบบแปลงกระแสไฟฟ้า				
2.1 อินเวอร์เตอร์	240 กิโลโวลต์แอมแปร์/ชุด	40 ชุด	0.24	9.60
2.2 ตู้ไฟคอมไบเนอร์	4/1500 /โวลต์กระแสสลับ	10 กล่อง	0.1	2.00
3. สวิตช์เกียร์	36 กิโลโวลต์/ชุด	3 ชุด	1.2	3.60
4. หม้อแปลง	1,500 กิโลโวลต์แอมแปร์/ชุด	3 ชุด	2	6.00
5. ระบบควบคุม	-	1 ชุด	0.5	0.50
6. ระบบโครงข่าย	33 กิโลโวลต์/ชุด	1 ชุด	10	10.00
7 ค่าติดตั้ง	-	1	15	15.00
8. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	-	1	20	20.00

ทำการจำลองผลผลิตไฟผ่านโปรแกรม PVsyst โดยใช้ข้อมูลดังนี้ แผงขนาด 440 วัตต์ จำนวน 11,340 แผ่น โครงสร้างสูง 2.1 เมตร ระยะเว้นของแต่ละแถว 11 เมตร ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 240 กิโลโวลต์แอมแปร์ จำนวน 40 ชุด โครงการทำงานด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบตั้งเวลา (Tracking system) องศาการหมุน -45 องศา ถึง 45 องศา ที่ตั้งโครงการอยู่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยเปลี่ยนวัสดุปูพื้นเป็น พื้นหญ้า พื้นทราย และพื้นหินกรวด ที่มีค่าการสะท้อน 0.2 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ จากนั้นนำผลผลิตไฟที่ได้จากโปรแกรมฯ ไปหาผลผลิตไฟตลอดอายุโครงการ ภายใต้สมมติฐานอายุโครงการ 25 ปี โดยใช้อัตราการลดลงของประสิทธิภาพแผงตามข้อมูลจากผู้ผลิตแผง ทำให้ได้ผลผลิตไฟทั้งหมดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลผลิตไฟตลอดอายุโครงการ

วัสดุปูพื้น	พื้นหญ้า	พื้นทราย	พื้นหินกรวด
ค่าการสะท้อน	0.2	0.3	0.4
ผลผลิตไฟตลอดอายุโครงการ (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	207,348	211,129	214,864

TREC-14 (MJU)

เมื่อนำต้นทุนในการลงทุนและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มาคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย โดยโครงการที่ปูพื้นหญ้าจะมีต้นทุนในการดำเนินงานอยู่ที่ 111.98 ล้านบาท ในขณะที่โครงการที่ปูด้วยพื้นทรายและพื้นหินกรวดจะมีต้นทุนในการดำเนินงานอยู่ที่ 111.75 ล้านบาท เนื่องจากพื้นที่ในการตัดหญ้าลดลงทำให้ค่าตัดหญ้าลดลงตามไปด้วย เมื่อคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยจะได้ว่า โครงการที่ปูพื้นหญ้ามีต้นทุนต่อหน่วย 1.19 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง พื้นทราย 1.17 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และพื้นหินกรวด 1.15 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 4 ต้นทุนต่อหน่วย

องค์ประกอบ	พื้นหญ้า	พื้นทราย	พื้นหินกรวด
ต้นทุนในการลงทุน (ล้านบาท)	134.53	135.84	136.17
ต้นทุนในการดำเนินงาน (ล้านบาท)	111.98	111.75	111.75
ต้นทุนทั้งหมด (ล้านบาท)	246.51	247.60	247.92
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	207,347.65	211,129.06	214,863.79
ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	1.19	1.17	1.15

ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการ (Life cycle cost) เป็นการหาอายุเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งต้นทุนวงจรชีวิตของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในตารางที่ 5 (พื้นหญ้า)

ตารางที่ *6* (พื้นทราย) และ ตารางที่ 7 (พื้นหินกรวด) แสดงถึงต้นทุนรวมของต้นทุนการลงทุนและต้นทุนการดำเนินงานเฉลี่ยต่อปีตามระยะเวลาของการดำเนินงาน โดยมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาดำเนินงานมากขึ้นจนสิ้นสุดโครงการในปีที่ 25 ซึ่งโครงการนี้มีอายุเชิงเศรษฐกิจมากกว่าอายุโครงการที่ตั้งไว้ หากทำการบำรุงรักษา อาจทำให้โครงการสามารถดำเนินงานได้เกิน 25 ปี

ตารางที่ 5 ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการที่ปูพื้นหญ้า

อายุโครงการ	1	5	10	15	20	25
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการลงทุน (ล้านบาท)	142.60	31.94	18.28	13.85	11.73	10.52
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการดำเนินงาน (ล้านบาท)	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
รวมต้นทุนต่อปี (ล้านบาท)	147.08	36.42	22.76	18.33	16.21	15.00

ตารางที่ 6 ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการที่ปูพื้นทราย

อายุโครงการ	1	5	10	15	20	25
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการลงทุน (ล้านบาท)	143.99	32.25	18.46	13.99	11.84	10.63
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการดำเนินงาน (ล้านบาท)	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
รวมต้นทุนต่อปี (ล้านบาท)	148.46	36.72	22.93	18.46	16.31	15.10

ตารางที่ 7 ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการที่ปูพื้นหินกรวด

อายุโครงการ	1	5	10	15	20	25
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการลงทุน (ล้านบาท)	144.34	32.33	18.50	14.02	11.87	10.65
ต้นทุนต่อปี: ต้นทุนในการดำเนินงาน (ล้านบาท)	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
รวมต้นทุนต่อปี (ล้านบาท)	148.81	36.80	22.97	18.49	16.34	15.12

จากการคำนวณหาค่าผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) ของโครงการในการดำเนินโครงการ 25 ปี โดยคิดรายได้ค่าไฟจากค่าพลังงานไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ภายใต้สมมติฐานว่าค่าไฟมีอัตราก้าวหน้า 5% ทุก 3 ปี

TREC-14 (MJU)

และโครงการสามารถจำหน่ายไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ จะได้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่ปูพื้นหญ้า เท่ากับ 16.48% โครงการที่ปูพื้นทราย เท่ากับ 16.69% และโครงการที่ปูพื้นหินกรวด เท่ากับ 17.01%

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้าน ด้วยระบบติดตามแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบผลการสะท้อนของพื้นปกติ ซึ่งเป็นพื้นหญ้า กับ พื้นทราย และหินกรวด พบว่าเมื่อทำการจำลองผลผลิตไฟทั้ง 3 โครงการผ่านโปรแกรม PVsyst พบว่าโครงการที่เป็นพื้นหญ้า (ค่าการสะท้อน 0.2) มีผลการผลิตไฟตลอดอายุโครงการ 207,348 เมกะวัตต์-ชั่วโมง พื้นทราย (ค่าการสะท้อน 0.3) 211,129 เมกะวัตต์-ชั่วโมง และพื้นหินกรวด (ค่าการสะท้อน 0.4) 214,864 เมกะวัตต์-ชั่วโมง เมื่อนำข้อมูลการลงทุนและผลผลิตไฟจากการจำลองมาวิเคาะห์แล้วจะได้ต้นทุนต่อหน่วยของค่าไฟแต่ละโครงการคือ พื้นหญ้า 1.19 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง พื้นทราย 1.17 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และพื้นหินกรวด 1.15 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยแต่ละโครงการมีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return) คือ พื้นหญ้า 16.48%, พื้นทราย 16.69% และพื้นหินกรวด 17.01% จึงสรุปได้ว่า โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงประเภทรับแสงสองด้าน ที่ทำการปูวัสดุด้วยหินกรวดนั้นมีอัตราผลตอบแทนดีที่สุด แม้ว่าจะมีเงินลงทุนสูงที่สุด และโครงการสามารถผลิตไฟฟ้าได้รองลงมาคือโครงการที่ปูวัสดุด้วยพื้นทราย และพื้นหญ้าน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษา และคุณสุดลพ รัตนเกื้อกังวาน ที่ให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของท่านทั้งสองและขอกราบขอบพระคุณไว้อย่างสูง ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ นั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Future Solar Power Green Living, What's Monofacial and Bifacial [accessed September 2021], https://www.futuresolarpv.com/blog/what-s-monofacial-and-bifacial_b4

[2] Radovan, K. and Joris, L. (2021). Bifacial Photovoltaics 2021: Status, Opportunities and Challenges, **Energies, 14, 2076.**

[3] Ibrahim, M.I., Ahmed, S.S., Ali, I.S. and Mohamed, A.A., (2021) Performance analysis of 10MWp grid-connected photovoltaic system in the Mediterranean climate using PVsyst software, **International Journal of Smart Grid and Clean Energy**, pp.285-291.

[4] Mehreen, G., Yash, K., Tariq M. and Stoyanka I. (2018). Enhancement of Albedo for Solar Energy Gain with Particular Emphasis on Overcast Skies, **Energies, 11, 2881.**

[5] Anna, L.P., Gloria, P., Veronica, L.C. and Franco C. (2014). Experimental Analysis of Natural Gravel Covering as Cool Roofing and Cool Pavement, **Sustainability ISSN 2071-1050**, pp. 4706-4722.

[6] Phongsakorn, D. and Nipon, K. (2019). Analysis of investment models for megawatt scale photovoltaic power plant in Thailand, **Journal of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Vol. 14, No. 1**, pp.16-31.

TREC-14 (MJU)

การศึกษาหัวเผาอุตสาหกรรมด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล
Study of industrial burner using computational fluid dynamics

สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงค์, ณัฐม วิมล, อภิชาติ ประสพพร, ปิยพงษ์ เสมอวงค์ทิพย์,
วิไลวรรณ คำพราว และรัชนีวรรณ อังกุรบุตร*
Sutthinan Srirattayawong, Nattamon Wimon, Apichart Prasopporn, Piyapong Samerwongtip
Wilaiwan Kampraw and Rachaneewan Aungkurabrut*

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Abstract

The objectives of the research are to investigate the airflow patterns and the influence of airflow pattern for industrial burner using computational fluid dynamics (CFD) analysis. There are two parts in the study. The first one, the CFD model of the designed burner has been validated with experiment. The second, the developed combustion chamber model has been proposed to verify the effect of airflow pattern by the different number of secondary air inlets. The dimension of combustion chamber is 200 mm of diameter and 400 mm of length. The results show that the model enables a reasonable prediction of air velocity in the combustion chamber. Furthermore, when increasing the secondary air inlets, the air velocity in the combustion chamber will be reduced. However, the air distribution is a uniform in the combustion chamber. Since the air can be mixed with the fuel, the heat output is high and therefore suitable for the design of industrial burner.

Keywords: Industrial burner, computational fluid dynamics (CFD), combustion chamber

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการไหลวนของอากาศภายในชุดหัวเผาอุตสาหกรรม โดยใช้แบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ในการวิเคราะห์ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการไหลวนของอากาศภายในห้องเผาไหม้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบจำลอง และการทดสอบ โดยในแบบจำลองของหัวเผาที่ออกแบบจะถูกเปรียบเทียบจำนวนช่องทางเข้าของอากาศรองที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องเผาไหม้ ห้องเผาไหม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร จากการเปรียบเทียบผลการจำลองและการทดสอบความเร็วของอากาศ พบว่า ผลของแบบจำลองและการทดสอบมีความสอดคล้องกัน และเมื่อห้องเผาไหม้มีช่องทางเข้าอากาศรองเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วของอากาศภายในห้องเผาไหม้ลดลง แต่กระจายตัวของอากาศมีความสม่ำเสมอมากขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้อากาศสามารถสัมผัสกับเชื้อเพลิงมากขึ้น ส่งผลทำให้ห้องเผาไหม้มีค่าความร้อนที่สูงขึ้น และมีความเหมาะสมในการออกแบบหัวเผาอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: หัวเผาอุตสาหกรรม, การจำลองทางพลศาสตร์ของไหล, ห้องเผาไหม้

บทนำ

ในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมกันอย่างแพร่หลาย และเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และสังคม โดยเฉพาะด้านการคมนาคมขนส่ง และอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมประเภทเชื้อเพลิงที่ได้มาจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งน้ำมันเตา [1] เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการกลั่นปิโตรเลียมมีราคาถูก

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การพัฒนายานจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์
Development of Electric Tricycles for Multi-Purpose

อัษฎางค์ บุญศรี[1] นพรุจน์ บุญวิเศษ[2*] เทวฤทธิ์ พรมมี[3*] และ จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม[4]
Ussadang Boonsri[1] Nopparut Boonwiset [2*] Taywarit Prommee[3] and jarukit Piboolnaruedom[4]
[1,2,3,4] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

In this article, a multipurpose electric tricycle is developed with a 24 Volt 500-Watt busless motor powered by a 24 Volt 100 Ah battery supply. The efficiency test of electric tricycles was divided into 2 parts: 1) the electrical efficiency section and 2) the mechanical efficiency section. The results of the first section showed that the average voltage was 23.46 Volt. The average battery life was 34.43 percent. In the second section, the average driving speed was 19.31 km/hr. and the maximum speed of an electric bike is 37 km/hr. The maximum driving distance is 43 km. In addition, the efficiency of the electric tricycle can effectively control the speed. where ascending speed can be fine. Suitable for use in daily life or multipurpose use.
Keywords: Tricycles, Electric, Multi-Purpose

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ ได้พัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์ด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์บัสเลส 24 โวลต์ 500 วัตต์ โดยใช้แหล่งจ่ายแบตเตอรี่ 24 โวลต์ 100 แอมป์ต่อชั่วโมง การทดสอบประสิทธิภาพของจักรยานสามล้อไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และ 2) ส่วนของประสิทธิภาพทางกล ผลในส่วนแรก พบว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 23.46 โวลต์ ค่าความระดับความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่เฉลี่ยเท่ากับ 34.43 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนที่สอง พบว่า ค่าความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่เท่ากับ 19.31 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าความเร็วสูงสุดของจักรยานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำระยะทางสูงสุดในการขับขี่ได้ 43 กิโลเมตร นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของจักรยานสามล้อไฟฟ้าสามารถควบคุมความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่การปรับระดับความเร็วจากน้อยไปมากสามารถทำได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือการนำไปใช้ประโยชน์ในงานอเนกประสงค์
คำสำคัญ : จักรยานสามล้อ , ไฟฟ้า , งานอเนกประสงค์

บทนำ

ในปัจจุบัน ราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมากและสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปริมาณของน้ำมันยังมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อย ๆ ประกอบกับการใช้พลังงานจากน้ำมันซึ่งมาจากฟอสซิลก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และยังก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนทั่วโลกในปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงหันมาสนใจพลังงานสะอาด และราคาไม่แพง พลังงานไฟฟ้าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถผลิตและควบคุมได้ง่าย และสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ได้เกือบทุกชนิด

จักรยานสามล้อ เป็นพาหนะอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาช่วยบรรทุกของใช้ต่าง ๆ ปัญหาของผู้ใช้งานที่พบเห็นคือ จักรยานสามล้อจำเป็นต้องใช้กำลังขาปั่นในการขับเคลื่อน ซึ่งถ้าปั่นไปนาน ๆ หรือระยะทางไกลอาจจะทำให้ขาทั้ง 2 ข้าง เมื่อยล้า เนื่องจากต้องใช้พละกำลังกล้ามเนื้อส่วนขาเป็นอย่างมาก และถ้ามีของมาบรรทุกเพิ่มอีก จะส่งผลทำให้ร่างกายเมื่อยล้ามากกว่าเดิมนอกจากนี้การเคลื่อนไหวที่ช้าของจักรยานสามล้อ อาจทำให้การทำงานใช้เวลามากกว่าปกติ ปัจจุบันจักรยานไฟฟ้า

TREC-14 (MJD)

ได้ถูกสร้างขึ้นมาหลากหลายประเภท เพื่อลดความล้าของร่างกายมนุษย์จากการขับขี่ระยะไกล หรือการขับขี่ขึ้นที่สูงชัน โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งที่ผ่านมานั้นได้มีงานวิจัยที่ประดิษฐ์รถสามล้อไฟฟ้าโดย ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล และ สุนันต์ อ่วมกระทุ่ม [1] โดยได้นำรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับรถบรรทุกสามล้อที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง และประยุกต์นำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ของรถบรรทุกสามล้อไฟ ฟ้าเพื่อประดิษฐ์รถบรรทุกสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับขนส่งสิ่งของและเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ถัดมาเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาออกแบบและสร้างรถไฟฟ้าโดยใช้แรงดันจากแบตเตอรี่ ศิริชัย แดงเอม [2] โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างรถไฟฟ้าขนาด1ที่นั่ง โดยใช้แรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่หรือจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยกระดับแรงดันให้สูงเพียงพอกับแรงดันในบัสของอินเวอร์เตอร์แบบควบคุมด้วยเวกเตอร์ที่ต้องการเพื่อจ่ายให้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขนาด 5.5 kW นำไปใช้ขับเคลื่อนรถไฟฟ้า และเมื่อพลังงานใกล้หมด จะสามารถประจุแรงดันให้แก่แบตเตอรี่ได้ด้วยการชาร์จไฟบ้าน หรือจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รถไฟฟ้าที่สร้างขึ้น จะเห็นได้จากการออกแบบและสร้างรถไฟฟ้าสามารถนำมาเป็นแนวคิดและประยุกต์ใช้ในการทำงานวิจัยนี้ได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้า ที่มีมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มีแบตเตอรี่มาควบคุมการจ่ายพลังงานแทนเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและทางกลของจักรยานสามล้อไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าจะช่วยลดความเหนื่อยล้าอีกทั้งเป็น การทุ่นแรงให้แก่ผู้ขับขี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิง ลดมลพิษทางอากาศ และยังลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์ ตามหัวข้อดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและสร้างจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์
3. สร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์
4. ทดสอบระบบและเก็บข้อมูลการพัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์
5. วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผลการทดลอง

ออกแบบและสร้างจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์

ในการพัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์บัสเลส 24 โวลต์ 500 วัตต์ โดยใช้แหล่งจ่ายแบตเตอรี่ 24 โวลต์ 100 แอมป์ต่อชั่วโมง ผ่านกล่องควบคุมปรับความเร็วมอเตอร์ ติดตั้งบนจักรยานสามล้อ ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้นำทฤษฎีของวงจรไฟฟ้ากระแสตรงในการหาค่ากำลังไฟฟ้า [3] มาประยุกต์หากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ แต่ในทางปฏิบัติแล้วอาจไม่เพียงพอต่อการใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มค่าสูญเสียทางกลและอุปกรณ์อีก 1.5 เท่าของค่ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ ทำให้สามารถคำนวณขนาดของแบตเตอรี่นำไปใช้ได้จริงดังสมการอ้างอิงที่ 1

$$I_{batt} = \frac{P_m}{V_m} \times f_{loss} \qquad (1)$$

โดยที่ P_m คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

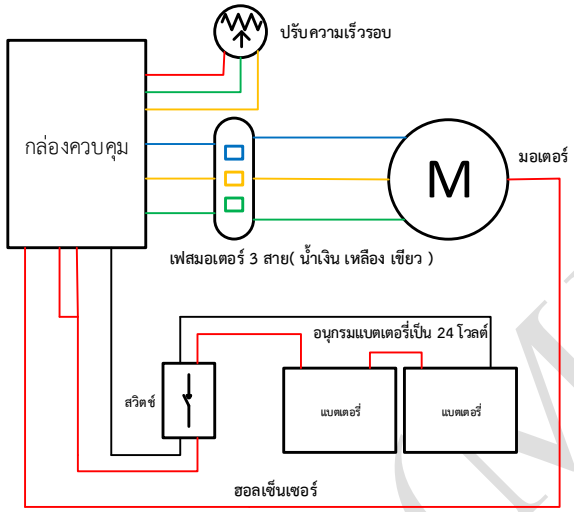
V_m คือ ขนาดแรงดันของมอเตอร์

I_{batt} คือ ขนาดความจุของแบตเตอรี่

f_{loss} คือ ค่าสูญเสียทางกลและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1.5

TREC-14 (MUT)

หลังจากได้คำนวณตามสมการที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ทำให้ผู้วิจัยได้ผลลัพธ์ขนาดกระแสของแบตเตอรี่เท่ากับ 31.25 แอมป์ต่อชั่วโมง และเพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพการขับขี่ที่ยาวนานขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกแบตเตอรี่ตะกั่วกรดทั่วไปขนาด 12 โวลต์ 100 แอมป์ มาต่ออนุกรมให้ได้ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ และออกแบบวงจรการทำงานได้ดังภาพที่ 1 และประกอบติดตั้งดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ภาพของการออกแบบระบบ

(ก) การติดตั้งอุปกรณ์ (ข) การต่อวงจรในกล่องควบคุม

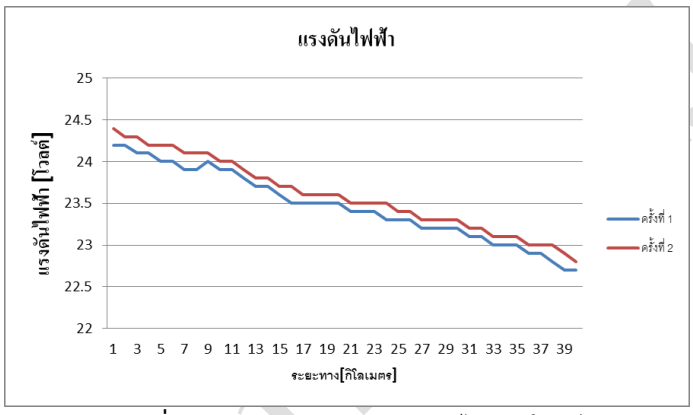
ภาพที่ 2 การประกอบและติดตั้ง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

ในการทดสอบการพัฒนาจักรยานสามล้อสำหรับงานอเนกประสงค์ สามารถแบ่งการทดสอบประสิทธิภาพออกได้เป็น 2 ส่วน 1) ส่วนของประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และ 2) ส่วนของประสิทธิภาพทางกล คือ โดยจะเก็บผลการทดสอบ 2 ครั้งเป็นระยะทางจำนวนทั้งหมด 40 กิโลเมตร (ไม่มีสัมภาระในการบรรทุก) เพื่อดูแนวแนวโน้มของคุณลักษณะของจักรยานสามล้อไฟฟ้าและใช้กำหนดแนวทางของการขับขี่ ดังภาพที่ 3

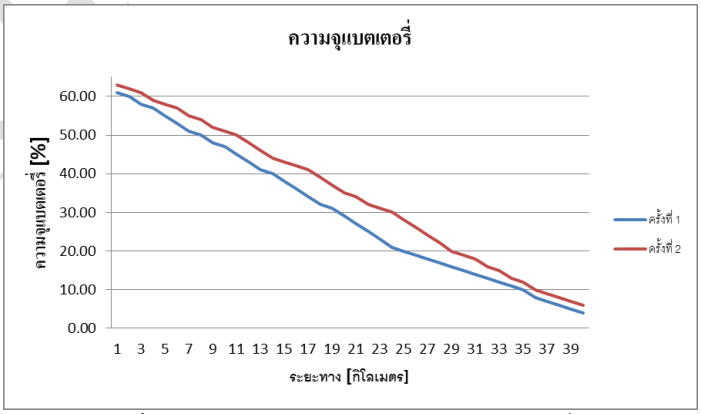
ภาพที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์

ส่วนที่ 1 ผลของประสิทธิภาพทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4 แสดงผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้า [โวลต์]

ในภาพที่ 4 เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ เมื่อทดสอบขับเคลื่อนใช้งานจักรยานสามล้อไฟฟ้าตามระยะทางทุก ๆ 1 กิโลเมตร จะเห็นได้ว่าระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นมีแรงดันอยู่ประมาณ 24 โวลต์ เมื่อทดสอบจนได้ระยะทาง 40 กิโลเมตร แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเหลือประมาณ 22 โวลต์

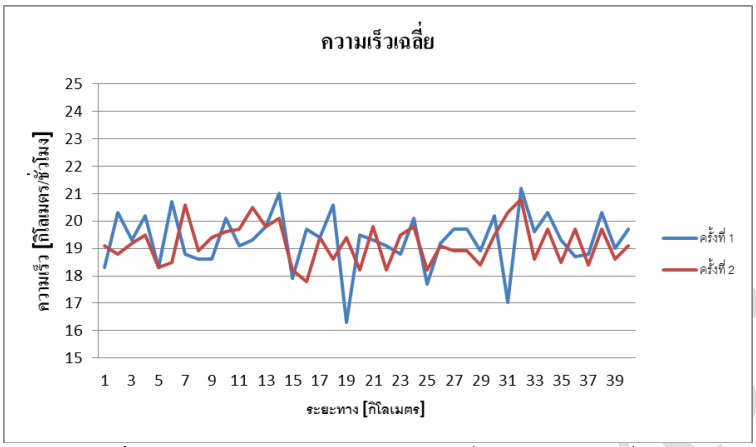


ภาพที่ 5 แสดงผลการทดสอบความจุของแบตเตอรี่ [%]

ในภาพที่ 5 เป็นระดับความจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ เมื่อทดสอบขับเคลื่อนใช้งานจักรยานสามล้อไฟฟ้าตามระยะทางทุก ๆ 1 กิโลเมตร จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าระดับความจุของแบตเตอรี่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นมี

ความจุแบตเตอรี่อยู่ประมาณ 61-63 เปอร์เซ็นต์ (แบตเตอรี่ตะกั่วกรดมือสอง) เมื่อทดสอบจนได้ระยะทาง 40 กิโลเมตร ความจุแบตเตอรี่ลดลงเหลือประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนที่ 2 ผลของประสิทธิภาพทางกล



ภาพที่ 6 แสดงผลการทดสอบความเร็วเฉลี่ย [กิโลเมตรต่อชั่วโมง]

ในภาพที่ 6 เป็นการบันทึกผลค่าความเร็วเฉลี่ยของระยะทางใน 1 กิโลเมตร โดยใช้แอพพลิเคชั่นการวัดความเร็ว Speedometer ซึ่งแอพพลิเคชั่นดังกล่าวจะใช้ช่วยเฉลี่ยความเร็วที่วัดได้ตลอด 1 กิโลเมตร โดยมีช่วงความเร็วของการขับขี่อยู่ที่ 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปจนถึง 21 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ จักรยานสามล้อไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้สูงสุดอยู่ที่ 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการพัฒนาจักรยานสามล้อไฟฟ้าสำหรับงานอเนกประสงค์ด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์บัสเลส 24 โวลต์ 500 วัตต์ โดยใช้แหล่งจ่ายแบตเตอรี่ 24 โวลต์ 100 แอมป์ต่อชั่วโมง ผ่านกล่องควบคุมปรับความเร็วมอเตอร์ ติดตั้งบนจักรยานสามล้อไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของจักรยานสามล้อไฟฟ้าออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และ 2) ส่วนของประสิทธิภาพทางกล โดยจะเก็บผลการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นระยะทางจำนวนทั้งหมด 40 กิโลเมตร (ไม่มีสัมภาระในการบรรทุก) ผลในส่วนแรก พบว่า ผลของค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดเท่ากับ 22.7 โวลต์ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 24.2 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 23.46 โวลต์ ค่าความระดับความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำสุดเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ค่าความระดับความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่สูงสุดเท่ากับ 63 เปอร์เซ็นต์ ค่าความระดับความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่เฉลี่ยเท่ากับ 34.43 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนที่สอง พบว่า ค่าความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าสูงสุดเท่ากับ 21.2 กิโลเมตร และค่าเฉลี่ยตลอดระยะทางเท่ากับ 19.31 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และพบว่าค่าความเร็วสูงสุดที่ทำได้ของจักรยานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทำระยะทางสูงสุดในการขับขี่ได้ 40 กิโลเมตร โดยที่การปั่นจักรยานสามล้อทั่วไป สามารถทำความเร็วได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ประสิทธิภาพของจักรยานสามล้อไฟฟ้าสามารถควบคุมความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ปรับระดับความเร็วจากน้อยไปมากระบบควบคุมสามารถทำได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือการนำจักรยานสามล้อไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ในงานอเนกประสงค์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กิติศักดิ์ หมึกแดง และ อดิศักดิ์ คามพินิจ. (2557). **จักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DCMotor 2 ตัว.** วิทยานิพนธ์. ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.

[2] ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล. (2559). **การออกแบบและพัฒนารถซาเล้งพลังงานแสงอาทิตย์.** รายงานวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.

[3] ชัด อินทะสี. (2553). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

[4] มานัส สุนันท์ และคณะฯ. (2545). **การดัดแปลงและสร้างรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า.** รายงานการวิจัยและสิ่งประดิษฐ์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ. เชียงใหม่.

[5] ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. (2555). **จักรยานไฟฟ้าพาหนะส่วนบุคคลที่ใช้พลังงานในการขับเคลื่อนที่ถูกที่สุด.** วิศวกรรมสาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ.

[6] โสภณ สวัสดิ์นาวิน. (2549). **รถไฟฟ้าขับเคลื่อนสี่ล้อ.** วิทยานิพนธ์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

TREC-14 (MJU)

ออกแบบและพัฒนาตู้ปลูกผักสลัดด้วยแสงไฟ LED ที่มีระบบควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ

Design and Development of Vegetable lettuce Growing Cabinet using LED lighting with Control System via Smart phone

เทพ เกื้อทวีกุล[1], กิตติภูมิ ยังเจริญ[2]*, สรศรัณย์ แพ่งพนม[3], พันธ์ศักดิ์ เลาสูงเนิน[4] และ นิวดี คลังสีดา[5]
Thep Kueathaweekun[1], Kittiphum Yangcharoen[2]*, Sornsaran Phaengphanom[3], Pansak Laosoongnern[4] and Nivadee Klungsida[5]

[1,2,3,4,5] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Abstract

In this research, design and development of vegetable lettuce growing cabinet using LED lighting with control system via smart phone is presented. The purpose of the vegetable lettuce growing cabinet are design for grow vegetables that can provide artificial light throughout the day and can be planted in a place without sunlight. The structure of a vegetable growing cabinet with LED lighting of width 100 cm x height 150 cm, and each shelf can vegetable lettuce growing 15-20 pots per shelf. In this work, lettuce-awakening experiments were conducted for 45 days, which will collect the intensity of light and compared the sizes of vegetables using the LED light vegetable cabinet system and the conventional method of growing lettuce. From the experimental results, it was found that the lettuce grown in the LED grow cabinet receives constant and continuous light while lettuce grown in a conventional way that only receives light in the daytime. The lettuce grown in a vegetable growing cabinet with LED lights will grow better than that of a conventional method for about 10 days. In addition, vegetable lettuce growing cabinet using LED lighting with control system the can be controlled via smart phone. Therefore, vegetable lettuce growing cabinet using LED lighting can used for to grow lettuce in a rental room, condominium, where there is no sunlight.

Keywords: Vegetable Growing Cabinet, lettuce, Smart phone.

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาตู้ปลูกผักด้วยแสงไฟ LED ที่มีระบบควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการปลูกผักที่สามารถให้แสงเทียมกับผักสลัดได้ตลอดทั้งวันและสามารถปลูกได้ในที่ที่ไม่มีแสงแดด ในการออกแบบในงานวิจัยฉบับนี้มีโครงสร้างของตู้ปลูกผักด้วยแสงไฟ LED มีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร และมีชั้นวางกระถางผัก 2 ชั้นสามารถปลูกได้ชั้นละ 15-20 ต้น ซึ่งในงานนี้จะทำการทดลองปลุกผักสลัดเป็นเวลา 45 วัน โดยจะทำการเก็บค่าเปอร์เซ็นต์ของแสง และทำการเปรียบเทียบขนาดของผักที่ใช้ระบบตู้ปลูกผักด้วยแสงไฟ LED และการปลูกผักสลัดด้วยวิธีทั่วไป จากผลการทดลองพบว่า ผักสลัดที่ปลูกด้วยตู้ปลูกผักด้วยแสงไฟ LED ได้รับแสงตลอดเวลาและต่อเนื่องในขณะที่ ผักสลัดที่ปลูกด้วยวิธีทั่วไป นั้นได้รับแสงแค่ช่วงเวลากลางวันเท่านั้น ผักสลัดที่ปลูกในตู้ปลูกผักด้วยแสงไฟ LED จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกผักสลัดด้วยวิธีทั่วไป ประมาณ 10 วัน นอกจากนั้นตู้ปลูกผักสลัดด้วยแสงไฟ LED ที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมระบบผ่านโทรศัพท์มือถือได้ ดังนั้นออกแบบและพัฒนาตู้ปลูกผักสลัดด้วยแสงไฟ LED สามารถนำไปใช้ในการปลูกผักสลัดในห้องเช่าหรือคอนโด หรือในที่ที่แสงแดดไม่มีได้

คำสำคัญ : ตู้ปลูกผัก, ไฟ LED, ผักสลัด, โทรศัพท์มือถือ

บทนำ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

ระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

The Design of a Smart Farm System for Laying Hens House by Solar Cell

อัษฎางค์ บุญศรี[1] กนกพล เงินทอง[2*] ชัยวัฒน์ เสาวนิจ[3*] และ วรวุฒิ บุตรดี[4]
Ussadang Boonsri[1] Kanokpol Ngenthong[2*] Chaiwat Saovanit[3*] and Worawut Butdee[4]
[1,2,3,4]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

Abstract

This article presents the design of a smart farm system for laying hens house by solar cell. By designing the structure of the laying hen house, width 92 cm length 246 cm height 180 cm control the NodeMCU via automatic, using a power supply from a 12 Volt battery and a 50-Watt solar cell to provide water food and lighting in the house. The results of the system performance test found that the application of the system can be used well and used according to the wishes of the user. Next, the results of water food and lighting, a system that is automatically controlled can be used normally and suitable for use in raising about 5 -10 chickens. In addition, farmers can also control the use by themselves, when feed water food or light is required to number of laying hens. The developed system will increase the efficiency and convenience of farmers even more.

Keywords: Control System, Smart Farm, Laying Hens, Solar Cell

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยออกแบบโครงสร้างโรงเรือนไก่ไข่ขนาด กว้าง 92 เซนติเมตร ยาว 246 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร ควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่แบบอัตโนมัติผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และ แผงโซล่าเซลล์ขนาด 50 วัตต์ เพื่อให้น้ำ อาหาร และ แสงสว่างในโรงเรือน ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ พบว่า แอพพลิเคชั่นของระบบสามารถใช้งานได้ดี สามารถใช้งานได้ตามความประสงค์ของผู้ใช้งาน ถัดมาเป็นของผลการให้น้ำ อาหาร และ แสงสว่าง ระบบที่ควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถใช้งานได้ปกติ เหมาะสำหรับนำไปใช้เลี้ยงไก่จำนวนประมาณ 5 -10 ตัว นอกจากนี้ เกษตรกรยังสามารถควบคุมการใช้งานได้ด้วยเอง เมื่อต้องการให้ น้ำ อาหาร หรือ แสงสว่างเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณของจำนวนไก่ที่มีมากขึ้น ซึ่งระบบที่ได้พัฒนาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและความสะดวกให้กับเกษตรกรมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ระบบควบคุม , สมาร์ทฟาร์ม , ไก่ไข่ , พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ไก่ไข่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญและได้รับการสนับสนุนโดยนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของ ชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2560–2564) ที่มีประเด็นวิจัยมุ่งเน้นตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ กล่าวคือ ประเด็นวิจัยด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ (bio-based) อุตสาหกรรมการเกษตรเช่น การเพิ่มผลผลิตการเกษตรสำหรับพืชเกษตรหลักปศุสัตว์และอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมการทำโครงงานพัฒนาไก่ไข่อย่างต่อเนื่องภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเพื่อนำไปประกอบอาชีพเกษตรกร โดยทั่วไป ไก่ไข่จะเลี้ยงอยู่หลายแห่ง ทำให้ประสบปัญหาการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเป็นไปด้วยความยากลำบากไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ประสบปัญหาการให้น้ำให้อาหาร กำจัดมูลไก่ และแสงสว่าง จำเป็นต้องใช้บุคคลในการควบคุมทุกอย่างทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเลี้ยงดูและไก่ไข่อาจได้รับการดูแลไม่ทั่วถึงทำให้ไก่บางตัวอาจจะป่วยและตายเนื่องจากการดูแลแบบทั่วถึงและอาหารไม่เพียงพอยังทำให้ไก่ขาด

TREC-14 (MJU)

สารอาหารและไม่ออกไข่ตามที่ผู้เลี้ยงดูต้องการ ไข่ไก่ที่ได้อาจไม่มีคุณภาพตามที่ตลาดท้องถิ่นต้องการทำให้สามารถขายไข่ไก่ได้ในราคาที่ถูกลง ทำให้ขาดทุน

จะเห็นได้ว่าการควบคุมให้อาหารและน้ำ มีความจำเป็นอย่างมากต่อการการเจริญเติบโตของไก่รวมถึงผลผลิตไข่ไก่ สามารถลดภาระในการดูแลไก่ซึ่งโรงเรือนไก่ส่วนใหญ่ มีการให้อาหารและน้ำไม่เป็นเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ค่อยนิยมนำระบบอัตโนมัติไปทำเป็นอาชีพเสริม จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น หากมีการนำปัญหามาทบทวนและพัฒนาออกแบบใหม่ขึ้น อาจช่วยให้ได้ระบบที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้นได้ โดยที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการระบบควบคุมโรงเรือนไก่ไข่อัตโนมัติสามเณรสุทธิราช คาเทพ,สามเณรอรัญชัย ใจปิง,สามเณรอิทธิกร ขัติวงค์ [1] ภายในชุมชนของสามเณรประกอบอาชีพเกษตรกร ส่วนใหญ่จะเลี้ยงไก่ไข่อยู่หลายแห่ง ประสบ ปัญหาการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเป็นไปด้วยความยากลำบากไม่ทันต่อ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ประสบปัญหาการให้น้ำ ให้อาหารกำจัดมูลไก่แสงสว่างและการควบคุม อุณหภูมิจำเป็นต้องใช้บุคคลในการควบคุมทุกอย่าง ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดทำระบบสมองกลฝังตัวนี้มาช่วยบูรณาการในการบริหารจัดการ ควบคุมระบบอุปกรณ์ต่างๆภายในโรงเรือนไก่ไข่เพื่อความสะดวกและแม่นยำ ในการควบคุม และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้นถัดมาเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนเลี้ยงไก่นายพีระพล สุริผัด, นางสาวเฝยเซ็ง แซ่ตั้ง, นางสาวนันทการ ลิ่มณี [2] ปัญหาหลักของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่คือการใช้แรงงานคนในการเลี้ยงไก่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการเมื่อยล้าสาเหตุจากการเหวี่ยงให้อาหารไก่ทีละหลาย ๆ ครั้ง รวมถึงปริมาณการให้อาหารไก่ที่มากหรือน้อยจนเกินไป ทำให้ไก่กินอาหารไม่พอดีหรือไม่หมด จึงทำให้ไก่มีการเจริญเติบโต ที่ไม่เท่ากัน ปัญหานี้นำมาซึ่งแนวคิดในการนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีพลังงานเข้าผสมผสานเพื่อหารูปแบบการเลี้ยงไก่แบบสมาร์ทฟาร์ม

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การให้ น้ำ อาหาร และ แสงสว่างน้ำ จะควบคุมผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU แบบอัตโนมัติ และสามารถควบคุมด้วยตนเองผ่านสมาร์ทโฟน จากนั้นจะทำการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบภายในโรงเรือนเล้าไก่ไข่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไก่ไข่ซึ่งผู้วิจัยหวังว่า ระบบที่ทำขึ้นจะเป็นแนวทางให้กับการสร้างงานประดิษฐ์ที่ช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพการทำงานให้กับเกษตรกรและเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ประเภทอื่น ที่มีแนวทางการวิจัยคล้ายกันต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

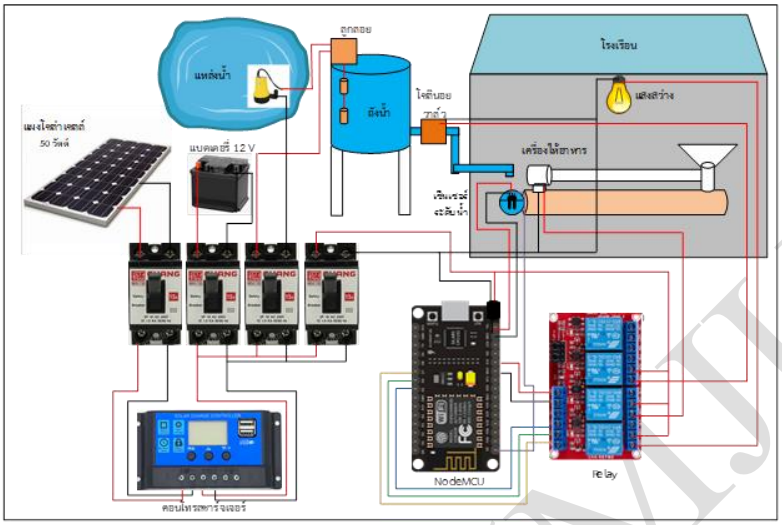
คณะผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำวิจัยเกี่ยวกับระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
3. สร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
4. เก็บข้อมูลระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
5. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

การออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนไก่ไข่ ขนาด กว้าง 92 เซนติเมตร ยาว 246 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร ระบบจะเริ่มจากการนำเข้าจากแหล่งน้ำเข้าถังพักด้วยปั๊มน้ำขนาด 12 โวลต์ และ ควบคุมการเปิด-ปิดด้วยสวิตช์ลูกลอย ส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU จะทำการควบคุมระดับน้ำในรางน้ำผ่านเซนเซอร์ระดับน้ำที่เป็นอินพุตอนาล็อกที่ขา A0 และควบคุมการปล่อยน้ำเข้าด้วยโซลินอยด์วาล์วจากถังพักน้ำแบบอัตโนมัติที่เอาต์พุต D5 มีการควบคุมการให้อาหารด้วยการตั้งเวลาในช่วงเช้าและช่วงเย็นผ่านเอาต์พุต D6 และ ควบคุมแสงสว่างในช่วงเย็นไปจนถึงค่ำด้วยเอาต์พุต D7 และ ระบบที่ใช้งานทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และแผงโซลล่าเซลล์ขนาด 50 วัตต์ นอกจากนี้ระบบที่ออกแบบ ยังสามารถควบคุมการทำงานการให้น้ำ อาหาร และแสงสว่าง ได้ด้วยตนเองผ่านแอพพลิเคชั่น

Blynk ผ่านสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IOT) เข้ามาช่วยในการทำงานให้สะดวกยิ่งขึ้น โดยแสดงการออกแบบระบบตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ต่อผู้วิจัยได้นำการออกแบบระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ในภาพที่ 1 มาสร้างเป็นระบบที่ใช้งานจริงในโรงเรือน โดยทำการติดตั้งส่วนควบคุมระบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2(ก) และ การติดตั้งอุปกรณ์การให้น้ำ อาหาร และ แสงสว่าง สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2(ข)

(ก) การติดตั้งชุดควบคุม

(ข) การติดตั้งอุปกรณ์การให้น้ำ อาหาร และแสงสว่าง

ภาพที่ 2 ภาพของการออกแบบระบบวงจรควบคุมภายในเล้าไก่

ผลการวิจัยและการทดสอบประสิทธิภาพ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดย จะแสดงผลของประสิทธิภาพการทำงานของระบบผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk การให้น้ำ การให้อาหาร และ การให้แสงสว่าง โดยสามารถแสดงผลทั้งหมดได้ดังนี้

ภาพที่ 3 การทำงานของระบบผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk ด้วยสมาร์ทโฟน

ในภาพที่ 3 แสดงผลของการทำงานของระบบผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk ด้วยสมาร์ทโฟน โดยภายในแอพพลิชั่นจะแสดงปุ่มกดการทำงานการให้น้ำ อาหาร และแสงสว่าง ในด้านซ้ายของหน้าจอ และแสดงสถานะของการทำงาน บริเวณตรงกลางของหน้าจอ และทางฝั่งขวาจะแสดงการตั้งเวลาการให้อาหาร และแสงว่าง ส่วนบริเวณล่างขวาจะแสดงระดับในรางของโรงเรือน ซึ่งผลการทำงานของระบบสมารถใช้งานได้ดี

(ก) แสดงผลของประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบ

(ข) แสดงผลของประสิทธิภาพการให้อาหารของระบบ

(ค) แสดงผลของประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของระบบ

ภาพที่ 4 การทำงานของระบบผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk ด้วยสมาร์ทโฟน

ในภาพที่ 4 เป็นการแสดงผลประสิทธิภาพการให้น้ำ การให้อาหาร และ การให้แสงสว่าง ของระบบในโรงเรือน เริ่มจากภาพที่ 4(ก) แสดงผลของการให้น้ำของระบบจากถังพักน้ำผ่านการควบคุมจากโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งระบบจะตัดการให้น้ำผ่านเซนเซอร์ระดับน้ำแบบอัตโนมัติที่ควบคุมระดับการอ่านค่าของระดับน้ำที่ 0 – 1024 หากระดับมีค่าน้อยกว่า 100 ระบบจะทำการปล่อยน้ำเข้าราง หลังจากที่ระดับน้ำมีค่าเท่ากับ 850 ระบบจะทำการหยุดการปล่อยน้ำเข้าราง ถัดมาเป็น ภาพที่ 4(ข) แสดงผลการให้อาหารของระบบ โดยมีการตั้งเวลาการให้อาหารของระบบในเวลาเช้า 07.00 น.และช่วงเวลาเย็น 17.30 น. โดยทำการหน่วงเวลาของการของเครื่องให้อาหารเป็นเวลา 30 วินาที ต่อการให้อาหารในแต่ละครั้ง ซึ่งจะได้ปริมาณ 500 กรัม ต่อรอบการทำงาน เหมาะสำหรับการเลี้ยงไก่ประมาณ 5-10 ตัว และ ภาพที่ 4(ค) แสดงผลการให้แสดงสว่างในโรงเรือน โดยใช้หลอดไฟ LED ขนาด 9 วัตต์ตั้งเวลาเปิด-ปิด ตั้งแต่ในช่วง 18.00 – 20.30 น. ในส่วนนี้จะมีข้อดีในส่วนของการกระตุ้นการ

เจริญเติบโตของไก่เพื่อให้ไก่ออกไข่ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ระบบยังสามารถสั่งงานได้ด้วยตัวเองผ่านสมาร์ทโฟน เมื่อผู้ใช้งานต้องการใช้งานอุปกรณ์นอกเหนือคำสั่งที่ระบบตั้งไว้

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยควบคุมผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU การให้น้ำ อาหาร และแสงสว่าง แบบอัตโนมัติและสามารถทำงานใช้งาน ได้ด้วยตนเองในแอพพลิเคชั่น Blynk ผ่านสมาร์ทโฟน ผลการทดสอบประสิทธิของระบบ พบว่าแอพพลิเคชั่นของระบบสามารถใช้งานได้ดี แต่อาจจะต้องเพิ่มในส่วนของความเสถียรของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งโรงเรือนเลี้ยงไก่อยู่ห่างจากต้นกำเนิดสัญญาณ ถัดมาเป็นของผลการให้น้ำ อาหาร และ แสงสว่าง ระบบที่ควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถใช้งานได้ดี เหมาะสำหรับนำไปใช้เลี้ยงไก่จำนวนประมาณ 5 -10 ตัว นอกจากนี้ เกษตรกรยังสามารถควบคุมการใช้งานได้ด้วยเองเมื่อต้องการให้ น้ำ อาหาร หรือ แสงสว่างเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณของจำนวนไก่ที่มีมากขึ้น ซึ่งระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ จะเป็นการนำเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IOT) มาผสมผสานเข้ากับเทคโนโลยีพลังงาน ในการเข้ามาช่วยในการทำงานให้สะดวกยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเกษตรกรและจะเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ประเภทอื่น ที่มีแนวทางการวิจัยคล้ายกันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปิยลาภ มานะกิจ. *(2562).* **ระบบสร้างระบบควบคุมความเย็นทางไกลอัตโนมัติด้วยอาร์ดูโน่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่อารมณ์.**คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. นครสวรรค์.

[2] ประสพพร พรมโคตร กฤษดา พรหมอารักษ์ และ จิราภรณ์ อินทะชัย. (2556). **การศึกษารูปแบบการเลี้ยง เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไข่ไก่ กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ ภูมิปัญญาท้องถิ่น : กรณีศึกษา ฟาร์มไก่ไข่ขนาดเล็ก ตำบลบ้านกลาง จังหวัดนครพนม.** การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. หน้า 1365-1372.

[3] ณัฐพล วงศ์คูณ และคณะฯ. (2561). **โครงงานการออกแบบและเทคโนโลยี ฟาร์มเลี้ยงไก่อัตโนมัติ.** โรงเรียนนาจะหลวย.

[4] ยิ่งยศ ทิพย์ศรีราช. (2556). **การเพิ่มผลิตภาพฟาร์มไก่ไข่ด้วยเทคนิควิศวะกรรมอุสาหการกรณีศึกษา แผนกสัตว์ปีก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออกวิทยาลัยเขตจันทบุรี.** สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

[5] วสันต์ เลาห์กมล และ ตุลย์ มณีวัฒนา. (2547). **การออกแบบระบบระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

[6] ปวรุตม์ ขุนรักษ์. (2560). **การจัดการโรงเรือนระบบปิดที่เหมาะสมเพื่อสมรรถนะการผลิตไก่ไข่.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

เครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับชุมชนห่างไกล
Solar Powered Water Purifier for Rural Community

ปฏิภาณ จัตุรภัทร์, วรรณทิวา กลัดสิงห์, และ จิรวดี ผลประเสริฐ[1]*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Abstract

This paper proposed the prototype of solar powered water purifier for rural community. The working principle is turning solar energy into electricity by using solar panels and store energy in the battery. Also, having solar charger is an electronic device that controls the charge from solar panel into battery to be supplied to the water pump. For the water filtering process, water from several water sources has pass through water filters such as sand, carbon, resin, manganese, and UV lamp for sterilization. In addition, the solar water purifier has two operating systems for turning on and off: (1) manual system and (2) automation system via Blynk application. For Blynk application system, pH, turbidity, and water temperature will be displayed in the smartphone. From the test results, various tested water sources have good quality having cleaned color and no impurities such as dust, sediment, germs, and other contaminants, and has capable to utilize for drinking and others purposes in communities and remote areas.

Keywords: Solar Energy, Water Filter, Sealed Lead Acid Calcium Battery

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอต้นแบบเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับชุมชนที่อยู่ห่างไกล โดยมีหลักการทำงานคือ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แผงโซล่าร์เซลล์ในการทำงาน แล้วกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีโซล่าร์ชาร์จเจอร์ เป็นตัวควบคุมการชาร์จพลังงานจากแผงโซล่าร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ แล้วนำพลังงานที่สะสมไว้ในแบตเตอรี่มาจ่ายให้กับปั๊มน้ำ เพื่อทำการปั๊มน้ำจากแหล่งน้ำเข้าสู่เครื่องกรองน้ำ โดยผ่านกระบวนการกรอง ซึ่งมีทราย สารคาร์บอน สารเรซิ่น สารแมงกานีส และหลอดยูวี เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ นอกจากนี้ เครื่องกรองน้ำพลังแสงอาทิตย์ สามารถสั่งการเปิดและปิดน้ำอยู่ 2 แบบ ได้แก่ การสั่งการแบบแมนนวล และ การสั่งการแบบอัตโนมัติ ผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง (Blynk) โดยแอพพลิเคชันบิ้งจะแสดงค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำ จากผลการทดลอง พบว่าน้ำที่ผ่านเครื่องกรองน้ำนี้ จะมีสีใสสะอาดขึ้นและไม่มีสิ่งสกปรก เช่น พวกฝุ่น ตะกอน เชื้อโรค และสารเจือปน เป็นต้น ซึ่งตอบโจทย์ปัญหาการปรับลักษณะคุณภาพน้ำให้ใสสะอาดมากขึ้น และสามารถใช้ในชุมชนและพื้นที่ห่างไกลเพื่อใช้ในการบริโภคได้

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ สารกรองน้ำ แบตเตอรี่แห้ง

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต และหล่อเลี้ยงทุก ๆ ชีวิตในธรรมชาติ และน้ำที่สะอาดเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ใช้บริโภค ประกอบอาหาร ชำระร่างกาย เพาะปลูก ทำการเกษตร เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยให้กับสัตว์น้ำต่าง ๆ จาก [1] เปิดเผยว่า องค์การอนามัยโลกรายงานว่าในแต่ละปีประชากรทั่วโลกป่วยจากโรคอุจจาระร่วง ซึ่งเกิดจากการมีเชื้อโรคปนเปื้อนในอาหารและน้ำดื่ม ปีละประมาณ 1,700 ล้านราย และโรคนี้ยังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปีทั่วโลก ปีละ 760,000 ราย ซึ่งมากเป็นอันดับ 2 รองจาก โรคปอดบวมด้วย ในส่วนของประเทศไทย ข้อมูลของสำนักระบาดวิทยาในปี 2557 ตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงมีนาคม

TREC-14 (MJU)

ทั่วประเทศมีรายงานผู้ป่วย 253,967 ราย เสียชีวิต 2 ราย เมื่อเทียบกับปี 2556 ในช่วงเดียวกัน พบว่าจำนวนผู้ป่วยในปีนี้เพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 15 ผู้ป่วยเกือบครึ่งเป็นเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี และผู้สูงอายุ 65 ปีขึ้นไป

จากการศึกษาข้อมูล [2] พบว่าในถิ่นทุรกันดาร และท้องที่ที่ประสบกับภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย มีการขาดแคลนน้ำดื่มสะอาดเป็นจำนวนมาก โดยปกติเครื่องกรองน้ำแสงอาทิตย์มีราคาค่อนข้างสูง ในยามที่เกิดอุทกภัย จึงอาจทำให้ประชากรในระแวกนั้นขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาด และอาจป่วยในระยะยาวได้หากดื่มน้ำไม่สะอาดเข้าไปเป็นระยะเวลานาน ๆ

ดังนั้น บทความนี้จึงนำเสนอเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ สำหรับชุมชนที่อยู่ห่างไกล โดยควบคุมการทำงานโดยผ่านแบบแมนนวลและแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้ ซึ่งเมื่อผ่านระบบการกรองแล้ว จะได้น้ำที่มีความสะอาดขึ้นและไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน ซึ่งสามารถตอบโจทย์ปัญหาการปรับลักษณะคุณภาพน้ำให้มีความใสสะอาดมากขึ้น และสามารถใช้อุปโภคและบริโภคในชุมชนและพื้นที่ห่างไกลได้

ขอบเขตของงานวิจัย

ทางผู้วิจัยได้ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และสารกรองที่มีผลต่อการกรองน้ำให้สะอาดขึ้น โดยกระบวนการกรองน้ำมีหลอดยูวีขนาด 220 โวลต์ 6 วัตต์ เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ และมีสารกรองน้ำ ได้แก่ ทราย สารคาร์บอน สารเรซิ่น สารแมงกานีส นอกจากนี้ แหล่งน้ำที่ใช้ในทดลอง ได้แก่ น้ำฝน น้ำคลอง และน้ำประปา เป็นต้น และเครื่องกรองนี้สามารถควบคุมการเปิดและปิดได้ทั้งแบบแมนนวลและผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง บนสมาร์ทโฟนได้ ซึ่งสามารถแสดงผลของอุณหภูมิ ความขุ่น และค่าพีเอช โดยน้ำดื่มที่ดีควรมีค่าความขุ่นน้อยกว่า 5 ซิลิกาสเกล ซึ่งเป็นระดับน้ำที่ใสสามารถนำมาอุปโภค บริโภคได้ ส่วนอุณหภูมิที่ดี คือน้ำที่อยู่ในอุณหภูมิห้อง ประมาณ ±25 องศาเซลเซียส และควรมีค่าพีเอชระหว่างความเป็นกลางและด่าง คือ 6.50 - 8.50

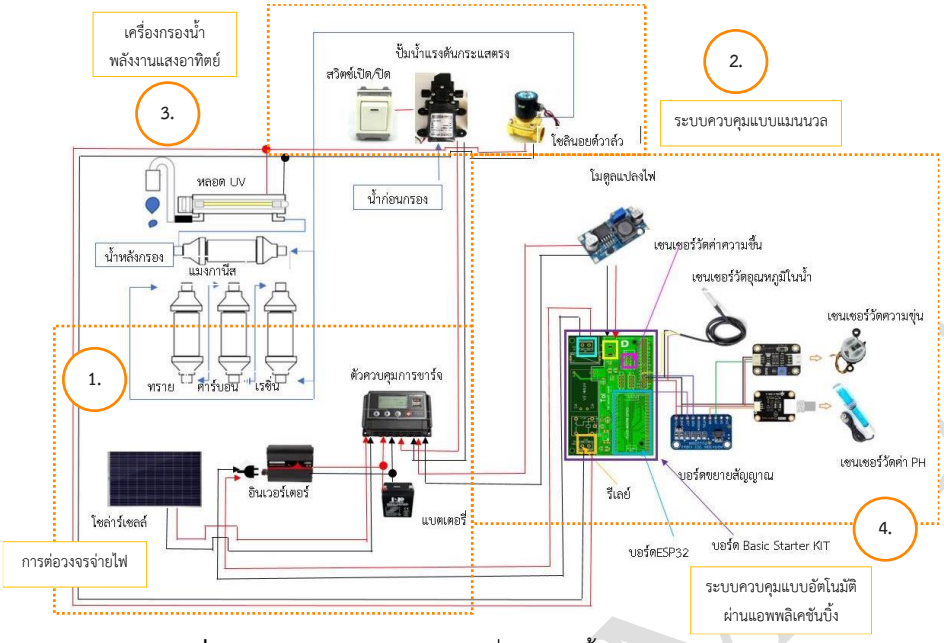
ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และวิธีการกรองน้ำให้สะอาดยิ่งขึ้น สามารถลดค่าใช้จ่ายของผู้บริโภค ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และลดภาระของหน่วยงานที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือผู้ประสบภัย รวมถึงการช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดหาแหล่งน้ำสะอาดไว้ใช้อุปโภค บริโภค ในครัวเรือนหรือถิ่นทุรกันดารได้

วิธีการวิจัย

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนแผงโซล่าร์เซลล์ พลังงานแสงอาทิตย์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะไหลเข้าสู่เครื่องควบคุมการชาร์จ แล้วนำไปกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จากนั้นแบตเตอรี่จะจ่ายไฟฟ้าให้กลับปั๊มน้ำกระแสตรงซึ่งเปรียบเสมือนโหลด โดยปั๊มน้ำจะสูบน้ำที่ต้องการกรองเข้าสู่โซลินอยด์วาล์วด้านขาเข้า แล้วผ่านโซลินอยด์วาล์วด้านขาออก และเข้าสู่เครื่องกรองน้ำที่มีสารกรองน้ำ 5 ชนิด ได้แก่ ทราย สารเรซิ่น สารคาร์บอน สารแมงกานีส และหลอดยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ตามลำดับ หลังจากผ่านเครื่องกรองแล้ว สามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยเซนเซอร์วัดค่าพีเอช เซนเซอร์วัดค่าความขุ่น และเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ โดยจะแสดงค่าต่างๆ บนแอพพลิเคชันบิ้ง ในสมาร์ทโฟน นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องกรองน้ำได้ 2 แบบ คือแบบกดสวิตช์เปิด-ปิดผ่านระบบแมนนวล และแบบอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง โดยถ้ากดเปิด (ON) น้ำถูกสูบด้วยปั๊มน้ำผ่านโซลินอยด์วาล์ว เข้าสู่เครื่องกรองน้ำผ่านสารกรอง 5 ชนิด และถ้ากดปิด (OFF) น้ำจะหยุดไหล ดังแสดงในภาพที่ 1

TREC-14 (MJU)

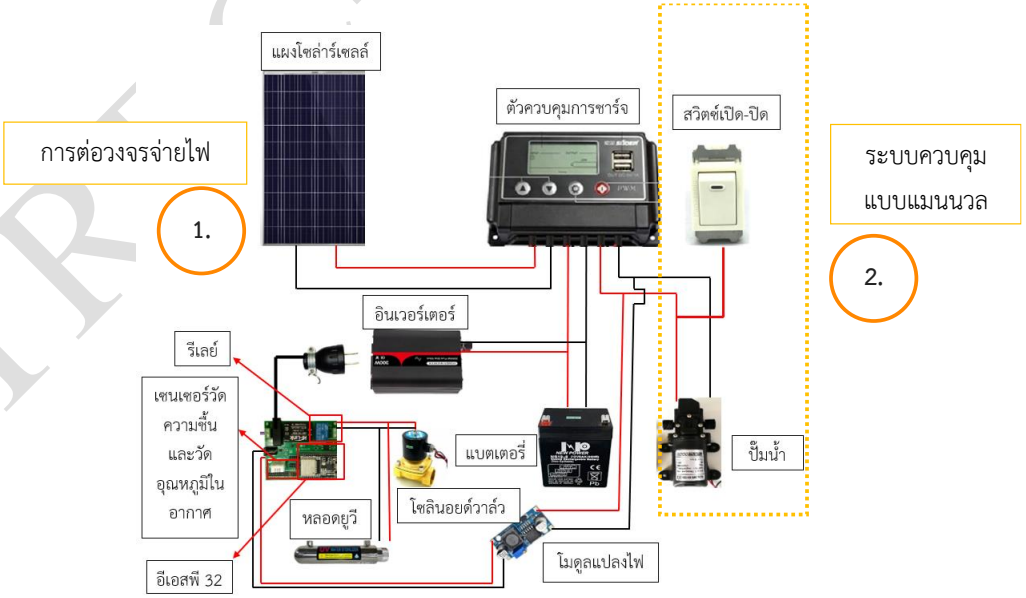


ภาพที่ 1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการออกแบบ ติดตั้ง และการทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 1 การต่อวงจรทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระบบแมนนวล

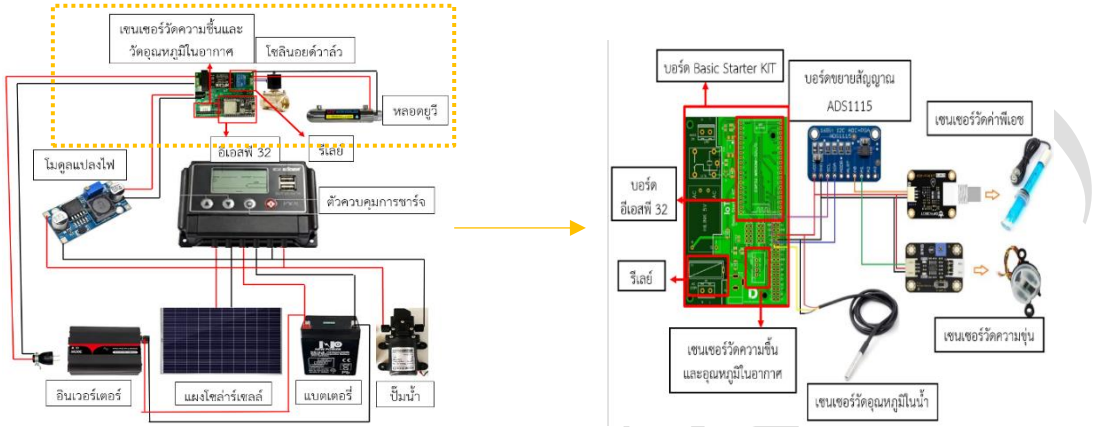
นำสายไฟของแผงโซล่าร์เซลล์ แบตเตอรี่ โมดูลแปลงไฟ ต่อเข้ากับตัวควบคุมการชาร์จ จากนั้นนำสายไฟโซลินอยด์วาล์ว หลอดยูวีต่อกับรีเลย์แล้วเสียบเข้าที่อินเวอร์เตอร์ด้านแรงดันไฟ 220 โวลต์ และนำอินเวอร์เตอร์ด้านแรงดันไฟเข้า 12 โวลต์ ต่อกับแบตเตอรี่ เสร็จแล้วต่อปั๊มน้ำกับช่องต่อโหลดของตัวควบคุมการชาร์จ และนำสวิตช์เปิด-ปิดต่อกับสายไฟแดงของปั๊มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การต่อวงจรทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระบบแมนนวล

ขั้นตอนที่ 2 การต่อวงจรทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระบบอัตโนมัติ

จากนั้นนำโมดูลแปลงไฟด้านนึงต่อกับตัวควบคุมการชาร์จ อีกด้านต่อกับบอร์ด Basic Starter KIT โดยจะมีบอร์ดอีเอสพี 32 บอร์ดขยายสัญญาณ ADS1115 เซนเซอร์วัดค่าพีเอช เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ เซนเซอร์วัดความขุ่น ต่อกับบอร์ด Basic Starter KIT ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การต่อวงจรทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 3 การต่อเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

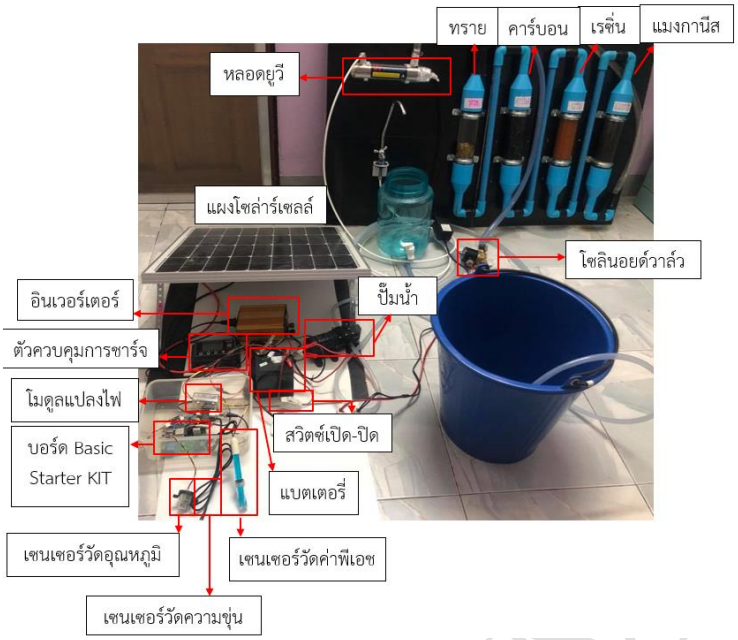
เมื่อต่อวงจรทั้งแบบแมนนวลและแบบอัตโนมัติเสร็จจากนั้นนำสารกรองน้ำมาใส่ท่อพีวีซี โดยแต่ละท่อประกอบด้วย ทราย สารคาร์บอน สารเรซิ่น แมงกานีส และหลอดยูวี จากนั้นต่อก็อกน้ำขาออกจากหลอดยูวี ดังแสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 เครื่องกรองน้ำที่ใส่สารกรอง

ขั้นตอนที่ 4 การทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ต่อสายยางของปั๊มน้ำด้านขากับโซลินอยด์วาล์ว และต่อสายยางของโซลินอยด์วาล์วอีกด้านกับเครื่องกรองน้ำที่มีสารกรอง 5 ชนิด เมื่อเริ่มการทำงานถ้ากดเปิด (ON) น้ำถูกสูบด้วยปั๊มน้ำผ่านโซลินอยด์วาล์ว เข้าสู่เครื่องกรองน้ำผ่านสารกรอง 5 ชนิด และถ้ากดปิด (OFF) น้ำจะหยุดไหล ดังแสดงในภาพที่ 5

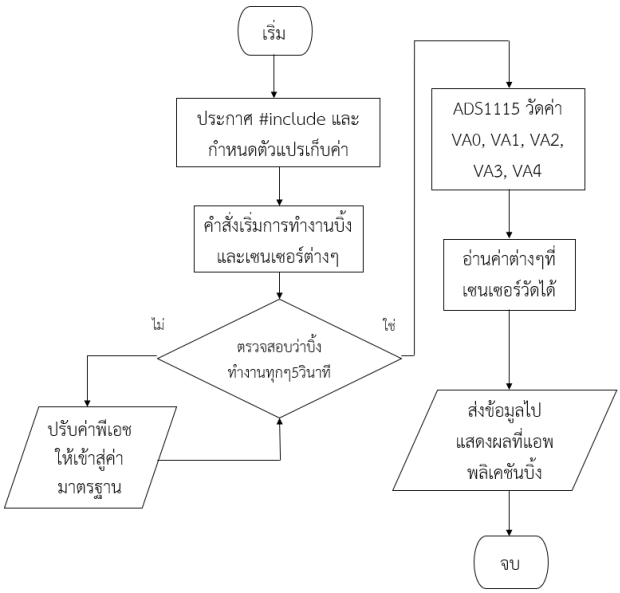
จากทั้ง 2 ระบบ นั่นคือ ระบบแมนนวลและระบบอัตโนมัติแตกต่างกันตรงที่ การทำงานในระบบแมนนวล เมื่อเริ่มทำการกดสวิตซ์เปิด ปั๊มน้ำสูบน้ำผ่านโซลินอย์วาล์วเข้าสู่เครื่องกรองน้ำที่มีสารกรอง 5 ชนิด จากนั้นไหลเข้าสู่ถังที่เตรียมไว้ ส่วนระบบอัตโนมัติจะทำงานผ่านแอพพลิเคชันบิ้งบนสมาร์ทโฟน



ภาพที่ 5 แผนภาพการทำงานของระบบแมนนวลและระบบอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง

การทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ควบคุมผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง

เริ่มต้นโปรแกรมการทำงานให้ประกาศ #include และกำหนดตัวแปรเก็บค่าเซนเซอร์ต่างๆ จากนั้นเริ่มคำสั่งการทำงานของแอพพลิเคชันบิ้ง และเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ตรวจสอบเงื่อนไขว่าบิ้งมีการทำงานทุกๆ 5 วินาทีหรือไม่ หากมีบิ้งมีการทำงานทุกๆ 5 วินาที บอร์ดขยายสัญญาณ ADS1115 จะทำการวัดแอนะล็อก ค่าอุณหภูมิในน้ำ (VA0) ค่าพีเอช (VA1) ค่าอุณหภูมิในอากาศ (VA2) ค่าความชื้น (VA3) และค่าความขุ่น (VA4) จากนั้นจะอ่านค่าที่เซนเซอร์วัดได้ทาง Serial และส่งข้อมูลไปแสดงผลที่แอพพลิเคชันบิ้ง หากไม่ใช่โปรแกรมจะทำการปรับค่าพีเอชให้เข้าสู่ค่ามาตรฐานเพื่อทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่อีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการทำงานของเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการควบคุมผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการทำงานของเครื่องกรองน้ำแสงอาทิตย์แบบแมนนวลและอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง โดยได้แบ่งการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ตรวจสอบค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของแต่ละแหล่งน้ำที่ทดสอบ

ดัชนีคุณภาพน้ำในปัจจุบันสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี โดยผู้เขียนเลือกวิธีการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีการตรวจสอบดัชนีคุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีตรวจสอบ
สี	สังเกตด้วยตา
รส	ชิมรสชาติ
กลิ่น	ดมกลิ่น
สิ่งเจือปน	สังเกตด้วยตา
อุณหภูมิน้ำ (C)	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ
ค่าพีเอช (pH)	เซนเซอร์วัดค่าพีเอช
ความขุ่น (ซิลิกาสเกล)	เซนเซอร์วัดความขุ่น

จากมาตรฐานทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค [10] เกณฑ์การทดสอบคุณภาพน้ำที่นำมาบริโภคนั้นควรจะมีเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (1) สีของน้ำที่เหมาะสม คือ 5-20 แพลทินัม-โคบอลต์ โดยสีของน้ำจะไม่มีผลต่อสุขภาพแต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แก้ไขได้ด้วยการเติมอากาศ การกรองด้วยไส้กรองคาร์บอน หรือกรองด้วยเรซิ่น รสชาติ (2) กลิ่นของน้ำนั้นต้องไม่เป็นที่รังเกียจ โดยกลิ่นของน้ำจะไม่มีผลต่อสุขภาพแต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แก้ไขด้วยการเติมอากาศ หรือกรองด้วยผงถ่าน (3) ค่าความขุ่นที่เหมาะสม คือ 5-20 ซิลิกาสเกล โดยความขุ่นไม่มีผลต่อสุขภาพแต่ทำให้การฆ่าเชื้อโรคไม่สมบูรณ์ แก้ไขด้วยการกรอง หรือการตกตะกอน และ (4) ค่ากรด-ด่าง ที่เหมาะสม คือ 6.5-8.5 อนุโลมได้ถึง 9.2 โดยค่ากรด-ด่างนั้นไม่มีผลต่อสุขภาพแต่มีผลต่อการเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย แก้ไขด้วยการปรับสภาพน้ำ หรือการกรอง เนื่องจากน้ำมีความเป็นด่างจะช่วยกำจัดความเป็นกรดและของเสียในร่างกาย ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยให้ระบบขับถ่ายและการเผาผลาญอาหารดีขึ้น รวมทั้งเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย ต่อต้านขบวนการเกิดออกซิเดชั่นซึ่งเป็นสาเหตุของความชรา ทำให้ร่างกายมีภาวะที่สมดุล [3] ผู้เขียนจึงได้ทำการทดลองกรองน้ำจากน้ำฝน น้ำคลอง และน้ำประปา อย่างละ 3 รอบ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจคุณภาพน้ำ โดยดูผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง บนสมาร์ทโฟน จากนั้นทำการบันทึกผลลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิ ของแต่ละแหล่งน้ำที่ทดสอบ

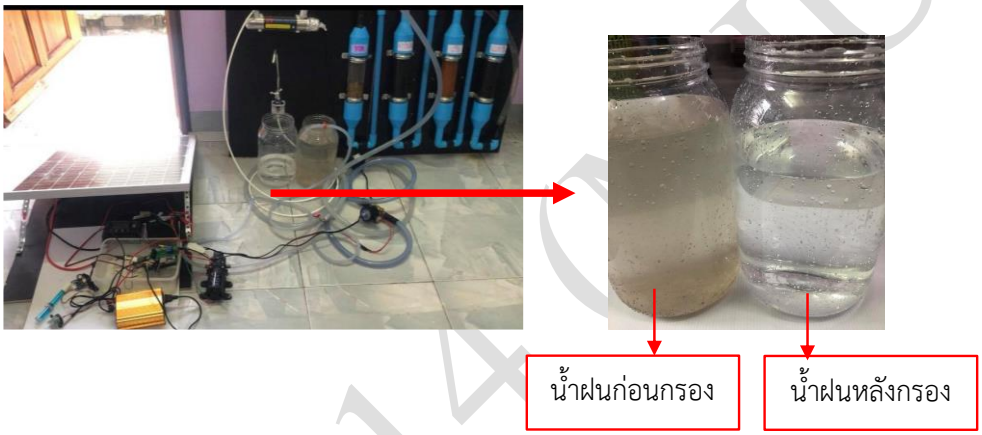
ดัชนีคุณภาพน้ำ/แหล่งน้ำ	ค่าเฉลี่ยน้ำฝน		ค่าเฉลี่ยน้ำคลอง		ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สี	มีตะกอน	ใส	เหลือง	ใส	ใส	ใส
รส	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
สิ่งเจือปน	เล็กน้อย	ไม่พบ	เล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
อุณหภูมิน้ำ (C)	29.4	30.4	29.4	30.0	31.4	30.0
ค่าพีเอช	6.0	7.1	7.5	7.3	7.4	7.1
ความขุ่น (ซิลิกาสเกล)	12	2	13	4	11	0

TREC-IA (MJU)

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าหลังกรองน้ำแต่ละแหล่งมีสีใสมากขึ้น รสชาติไม่เป็นที่รังเกียจ ไม่มีกลิ่น ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน มีค่าความขุ่นหลังกรองของน้ำฝน 2 ซิลิกาสเกล มีค่าความขุ่นหลังกรองของน้ำคลอง 4 ซิลิกาสเกล และมีค่าความขุ่นหลังกรองของประปา 0 ซิลิกาสเกล อุณหภูมิหลังกรองประมาณ ±25 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชหลังกรองของน้ำฝน เท่ากับ 7.1 ค่าพีเอชหลังกรองของน้ำคลอง เท่ากับ 7.3 และค่าพีเอชหลังกรองของประปา เท่ากับ 7.1 สรุปได้ว่าน้ำหลังกรองมีความสะอาดมากขึ้น สามารถนำมาใช้อุปโภคบริโภคได้

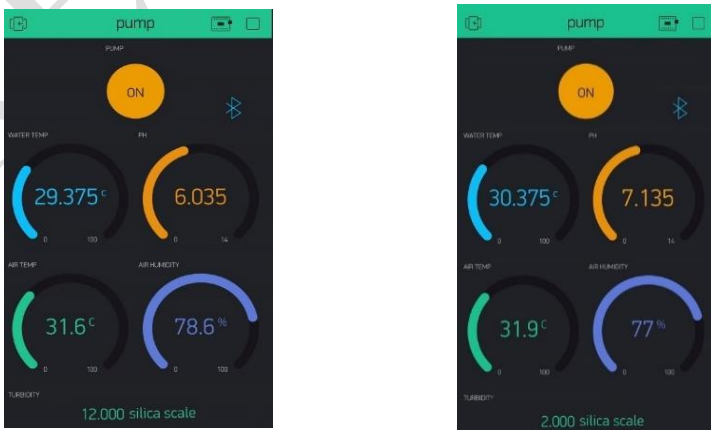
เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 3 กับมาตรฐานคุณภาพน้ำของกระทรวงสาธารณสุข พบว่าน้ำที่ได้หลังกรองมีสีใสสะอาด ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติไม่เป็นที่รังเกียจ ไม่มีกลิ่น ค่าความขุ่นน้อยกว่า 5 ซิลิกาสเกล และค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

ตรวจสอบ ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของแต่ละแหล่งน้ำที่ทดสอบ



ภาพที่ 7 การทดลองของน้ำฝน

จากภาพที่ 7 จะเห็นว่าน้ำฝนก่อนกรองมีสีขุ่น และมีตะกอนอยู่เล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีสารกรอง ได้แก่ ทราย คาร์บอน เรซิ่น แมงกานีส และหลอดยูวี เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ แล้วทำให้น้ำฝนที่ได้หลังกรองมีสีใสขึ้น ไม่มีตะกอน ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติ และกลิ่นไม่เป็นที่รังเกียจ



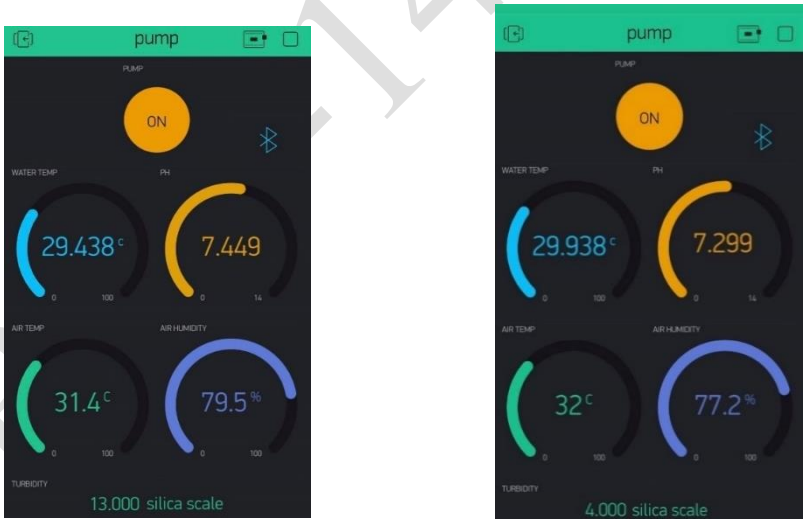
(ก) (ข)

ภาพที่ 8 (ก) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำฝนก่อนกรอง
(ข) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำฝนหลังกรอง

จากภาพที่ 8 น้ำฝนที่ได้หลังกรองมีสีใส ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติไม่เป็นที่รังเกียจ ไม่มีกลิ่น ค่าความขุ่นน้อยกว่า 5 ซิลิกาสเกล และค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามมาตรฐาน

ภาพที่ 9 การทดลองของน้ำคลอง

จากภาพที่ 9 จะเห็นว่าน้ำคลองก่อนกรองมีสีเหลืองขุ่น และมีตะกอนอยู่เล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีสารกรอง ได้แก่ ทราย คาร์บอน เรซิ่น แมงกานีส และหลอดยูวี เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ แล้วทำให้น้ำคลองที่ได้หลังกรองมีสีใสขึ้น ไม่มีตะกอน ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติ และกลิ่นไม่เป็นที่รังเกียจ



(ก) (ข)

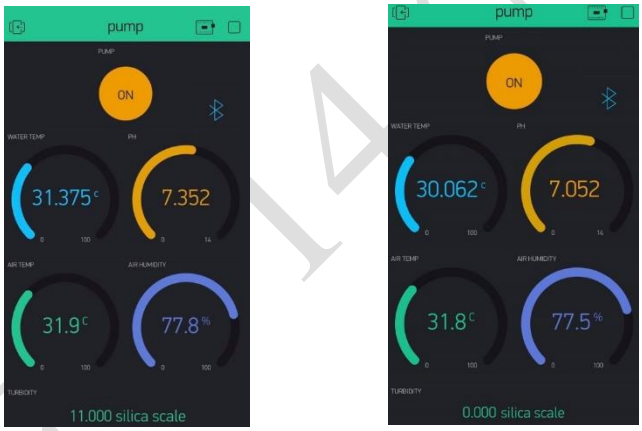
ภาพที่ 10 (ก) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำคลองก่อนกรอง
(ข) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำคลองหลังกรอง

จากภาพที่ 10 น้ำคลองที่ได้หลังกรองมีสีใส ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติไม่เป็นที่รังเกียจ ไม่มีกลิ่น ค่าความขุ่นน้อยกว่า 5 ซิลิกาสเกล และค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามมาตรฐาน

TP-14(N)

ภาพที่ 11 การทดลองของน้ำประปา

จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าน้ำประปาก่อนกรองมีสีใส ไม่มีตะกอน เมื่อผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีสารกรอง ได้แก่ ทราย คาร์บอน เรซิ่น แมงกานีส และหลอดยูวี เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ แล้วทำให้น้ำคลองที่ได้หลังกรองมีสีใส ไม่มีตะกอน ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติ และกลิ่นไม่เป็นที่รังเกียจ



(ก) (ข)

ภาพที่ 12 (ก) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำประปาก่อนกรอง
(ข) ค่าพีเอช ค่าความขุ่น และค่าอุณหภูมิของน้ำประปาหลังกรอง

จากภาพที่ 12 น้ำประปาที่ได้หลังกรองมีสีใส ไม่พบสิ่งสกปรกเจือปน รสชาติไม่เป็นที่รังเกียจ ไม่มีกลิ่น ค่าความขุ่นน้อยกว่า 5 ซิลิกาสเกล และค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามมาตรฐาน

การทดลองที่ 2 ทดลองระบบแมนนวล

ในระบบแมนนวล สามารถควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องกรองน้ำ และสามารถควบคุมเวลาในการไหลและหยุดไหลของน้ำเมื่อกดสวิตช์ได้แม่นยำหรือมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการกดและจับเวลาจำนวน 20 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการเปิด-ปิดน้ำด้วยระบบแมนนวล พบว่า เมื่อทำการเปิดสวิตช์ ปั๊มน้ำสูบน้ำเข้าสู่เครื่องกรองน้ำ น้ำไหลเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที เมื่อปิดสวิตช์ ปั๊มน้ำไม่สามารถสูบน้ำได้ ทำให้เครื่องกรองน้ำหยุดการทำงานเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที ทั้ง 20 ครั้ง จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำด้วยระบบแมนนวล มีความถูกต้องแม่นยำเป็นร้อยละ 100 มีความผิดพลาดเป็นร้อยละ 0

การทดลองที่ 3 ทดลองระบบอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง

การทดลองนี้เป็นการตรวจสอบว่าแอพพลิเคชันบิ้ง สามารถควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องกรองน้ำ และสามารถควบคุมเวลาในการไหลและหยุดไหลของน้ำเมื่อกดปุ่ม ON-OFF ได้แม่นยำหรือมีความคลาดเคลื่อนไหม ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการกดปุ่มและจับเวลาจำนวน 20 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการเปิด-ปิดน้ำด้วยแอพพลิเคชันบิ้ง บนสมาร์ทโฟน พบว่า เมื่อทำการกดปุ่ม ON โซลินอยด์วาล์วทำการสูบน้ำเข้าเครื่องกรองน้ำ น้ำไหลเมื่อเวลาผ่านไป 8 วินาที เมื่อกดปุ่ม OFF น้ำไม่สามารถไหลผ่านโซลินอยด์วาล์วได้ ทำให้เครื่องกรองน้ำหยุดการทำงานเมื่อเวลาผ่านไป 15 วินาที ทั้ง 20 ครั้ง จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ มีความถูกต้องแม่นยำเป็นร้อยละ 100 มีความผิดพลาดเป็นร้อยละ 0

สรุปผลการวิจัย

ผลของการศึกษาเรื่องเครื่องกรองน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนห่างไกลโดยใช้ความรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์และวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์เข้ากับสิ่งประดิษฐ์พบว่าเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถกรองน้ำได้สะอาดขึ้น ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ซึ่งตอบโจทย์เรื่องการปรับสภาพน้ำให้สะอาดมากขึ้นสามารถนำมาอุปโภคและบริโภคได้ นอกจากนี้การทดลองนี้ยังสามารถควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ วัดค่าพีเอช วัดค่าความขุ่น วัดค่าอุณหภูมิของน้ำ ผ่านแอพพลิเคชันบิ้ง และยังควบคุมการเปิด-ปิดผ่านระบบแมนนวลได้ โดยมีความถูกต้องและแม่นยำสูง ทำให้สะดวกสบายต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ปัญหา โครงงานและบทความฉบับนี้ รวมถึงข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด และคณะกรรมการโครงงาน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย เมธีวรัญญู และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการดำเนินโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. **ปัญหาน้ำไม่สะอาด** สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2564, จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/23583

[2] บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด. **รับรู้สู้ภัยน้ำ** สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2564, จาก https://www.teamgroup.co.th/downloads/publications/book-20120621.pdf

[3] บริษัท สยามจักรกลไทย จำกัด. **น้ำด่างมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างไร** สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2564, จาก www.siammachinery.com/16026812

[4] **ข้อมูลสารที่ใช้ในการกรองน้ำ** สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2564, จาก https://www.hipurify.com.

[5] **ข้อมูลการต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยโซลาร์เซลล์** สืบค้นเมื่อ 28 เมษายน 2564, จากhttps://eleceasy.com/t/smart-charger-controller-circuit-1.

[6] **การใช้งาน ESP32 ร่วมกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น** สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2564, จาก https://www.myarduino.net/article/439.

[7] **ระบบการทำงานและขั้นตอนการใช้งานแอพพลิเคชันบิ้ง บนสมาร์ทโฟน** สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2564, จาก www.arduinospro.com.

[8] นพ มหิษานนท์. (2560). **ระบบโซลาร์เซลล์ และพลังงานที่ผลิตได้เอง.** นนทบุรี : สำนักพิมพ์คอร์ฟังก์ชั่น.

[9] ภาสกร พาเจริญ. (2563). **พัฒนา IoT ผ่าน Cloud ด้วย Arduino.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ Provision.

[10] กระทรวงสาธารณสุข. (2562). **คู่มือมาตรฐานน้ำดื่มประเทศไทย.** นนทบุรี : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

TREC-14 (MUD)

การเติมออกซิเจนในน้ำด้วยกังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

Increasing oxygen in water using Solar water turbines

พรหมพักตร์ บุญรักษา[1] ธีระพงษ์ บุญรักษา[2] และ บุญเรือง มะรังศรี[3]*
Promphak Boonraksa[1] Terapong Boonraksa[2] and Boonruang Marungsri[3]*

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี กรุงเทพฯ 10170
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 30000

Abstract

This paper proposed the application of solar energy to generate electricity to drive water turbines in wastewater treatment by aeration of water. The researcher has designed and built a solar powered water turbine. Using a brushless DC motor (BLDC) 2800 rpm, 350 W, 36 V, 10 A and use the power supply is a polycrystalline solar panel of 260 W, V_{oc} 37.4 V, V_{mp} 30.4 V, I_{sc} 9.11 A, Imp 8.55 A to drive the motor. The experimental test was divided into 2 parts: the first part, the researcher measured the oxygen concentration in the water before and after installing the solar water turbine. From the results of measuring the oxygen in the water before and after installing the water turbine, it was found that the oxygen in the water When the wastewater treatment turbines were installed for four weeks using a total of 10 turbines, the oxygen value in the water increased by 47 percent.The second step is to calculate the economic value. It was found that the net present value (NPV) was calculated at 257,142.34 baht, the internal rate of return (IRR) was 28%. The discounted payback period (DPB) of the installation was calculated. 10 solar water turbines, which is 42 months or 3 years and 6 months to pay back, even though the researcher did not take the discount rate and inflation rate into account.

Keywords: Photovoltaic, Dissolved Oxygen, Discounted Payback Period

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนกังหันน้ำ เพื่อทำการบำบัดน้ำเสียด้วยการเติมอากาศให้กับน้ำ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างกังหันน้ำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน (BLDC) จำนวนรอบ 2800 รอบ, ขนาด 350 W, 36 V, 10 A และใช้แหล่งจ่ายพลังงานเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ขนาด 260 W, V_{oc} 37.4 V, V_{mp} 30.4 V, I_{sc} 9.11 A และ I_{mp} 8.55 A เป็นแหล่งจ่ายพลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ทำการทดสอบโดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หนึ่ง ผู้วิจัยได้ทำการวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำก่อนและหลังทำการติดตั้งกังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการวัดค่าออกซิเจนในน้ำก่อนและหลังติดตั้งกังหันน้ำพบว่าค่าออกซิเจนในน้ำ เมื่อทำการติดตั้งกังหันบำบัดน้ำเสียเป็นเวลา 4 สัปดาห์ใช้กังหันน้ำทั้งหมด 10 ตัว พบว่า ค่าออกซิเจนในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ 47% และ สอง ทำการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ได้ 257,142.34 บาท อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal Rate of Return: IRR) อยู่ที่ 28 % การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period: DPB) ของการติดตั้งกังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 10 เครื่อง คือ 42 เดือน หรือ 3 ปี 6 เดือน ถึงจะคืนทุน ทั้งที่ผู้วิจัยไม่ได้นำ อัตราคิดลด และอัตราเงินเฟ้อมาคิดร่วมด้วย

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ,ค่าออกซิเจนในน้ำ,ระยะเวลาคืนทุน

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

อิทธิพลของระดับมุมเอียงต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข่าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟชนิดถังหมุน

Effect of Inclination Angles on Moisture Ratio and Quality Changes of Dried Galangal Products by Microwave Rotary Dryer

จิราภรณ์ แก้วเดียว[1*] นิกราน หอมดวง[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ชูรัตน์ ธารารักษ์[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1]
ศิรินุช จินดารักษ์[2] และ ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1]
Jiraporn Kaewdiew[1*] Nigran Homdoung[1] Kittikorn Sasujit[1] Yingrak Auttawaitkul[1]
Sirinuch Chindaruksa[2] and Natthawud Dussadee[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract

Development of a multi-magnetron microwave rotary dryer for galangal processing. The objective of this research is to study the drying process of galangal, assessment of specific energy consumption and quality of dried galangal products. For study the suitable testing conditions, the inclination angle of the drying chamber can be adjusted in 3 levels were 30˚, 45˚ and 60˚. The rotational speed of the dryer was adjusted to 20 rpm, air flows used were between 2 – 2.5 m/s. The weight of raw products was 10 kg and initial moisture content was 911.31%db for testing, and the final moisture content of the product was less than 14%db. The results were found that, at 60° of inclination angle was the most optimal condition which takes a drying time of 8 h 30 min. As a result, dried galangal products had a final moisture content of 10.03% and an average drying rate of 1.048 kg H_2O_{evap}/h. When using the microwave power were 1.84 W/g, found that, the specific energy consumption and drying efficiency obtained were 7.49 MJ/kg H_2O_{evap} and 30.16%, respectively. In terms of color analysis by RHS color chart and appearance of galangal products dried by microwave rotary dryer. It was found to be similar to the dried galangal products of the community enterprise.

Keywords: Microwave rotary dryer, Dried galangal products, Specific energy consumption

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนชนิดติดตั้งแมกนีตรอนหลายตัวสำหรับประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปข่าในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการอบแห้งข่า การประเมินความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข่าอบแห้ง การทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมผู้วิจัยกำหนดให้ถังหมุนสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์สามารถปรับระดับของแกนหมุนได้ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมุมเอียง 30° 45° และ 60° ความเร็วรอบของถังหมุน 20 rpm และความเร็วลมที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งเฉลี่ย 2 - 2.5 m/s ดำเนินการทดสอบโดยอบแห้งข่าที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 10 kg ความชื้นเริ่มต้น 911.31%db ให้คงเหลือความชื้นสุดท้ายคงเหลือ ≤14%db จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งข่าที่ระดับมุมเอียง 60° เป็นสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 8 h 30 min ข่ามีความชื้นสุดท้ายคงเหลือ 10.03%db อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 1.048 kg H_2O_{evap}/h เมื่อใช้กำลังไมโครเวฟต่อการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ 1.84 W/g ส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะและประสิทธิภาพการอบแห้ง ได้แก่

TREC-14 (MJU)

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

บทความได้รับคัดเลือก
เพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิชาการ

การศึกษาเปรียบเทียบเครื่องส่งลมเย็นเพื่อควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก
Comparative study of Air handling unit for air quality control using photocatalytic reaction

ณัฐกานต์ จันพรมมิน[12] **ณัฐกานต์ จันพรมมิน**[1] และ วิทยา ยงเจริญ[2]
Nuttakan Janprommin[1*] **Nuttakan Janprommin**[1] and Witthaya Yougchareon[2]

[1] สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Abstract

The objective of the research to demonstrate the result of energy saving and economic. For suitable fan technology when used air quality control equipment with photocatalytic reaction in air handling unit. The result showed that two types of fan technologies, namely the first technology is Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) when the second technology is High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller are compared to general fan this research will choose a Centrifugal Fan Backward Curved technology. The energy saving second technology more than first technology is 38,145.60 kW/year. In section of economic, although the investment of the first technology is less than the second technology but the High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller technology has a payback period of 6.9 years.

Keywords: Air Handling Unit, Choosing fan technology to energy saving, photocatalytic reaction, air quality control

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ แสดงผลการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับเทคโนโลยีพัดลมที่เหมาะสมหากใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในเครื่องส่งลมเย็น ผลการศึกษาพบว่าการเปรียบเทียบเทคโนโลยีพัดลม 2 แบบดังนี้ เทคโนโลยีลำดับที่หนึ่งคือ Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) และเทคโนโลยีลำดับที่สองคือ High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller เทียบกับพัดลมธรรมดาในงานวิจัยนี้จะเลือกเป็นเทคโนโลยีพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่มีใบพัดแบบย้อนหลัง ด้านพลังงานเทคโนโลยีพัดลมลำดับที่สองมีผลประหยัดพลังงานได้ดีกว่าเทคโนโลยีลำดับที่หนึ่งเท่ากับ 34,814.60กิโลวัตต์/ปี ส่วนด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) อยู่ที่ 2.8 ปี

คำสำคัญ: เครื่องส่งลมเย็น การเลือกใช้เทคโนโลยีพัดลมเพื่อประหยัดพลังงาน ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก การควบคุมคุณภาพอากาศ

บทนำ

การออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ยังให้ความสำคัญในการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality) ที่น้อย ซึ่งสถาณการณ์ปัจจุบันเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส ซึ่งสามารถแพร่กระจายเชื้อทางอากาศหรือที่เรียกว่า Airborne (Stadnytsky,2020) [1] ได้ หากมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมคุณภาพอากาศได้ในเครื่องส่งเย็น ปัญหาที่ตามมาคือจะมีความดันสถิตที่มากขึ้น หากไม่มีการเลือกใช้เทคโนโลยีพัดลมที่เหมาะสมจะมีผลทำให้พัดลมปกติที่ใช้ทั่วไปในเครื่องส่งลมเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และเครื่องส่งลมเย็นจ่ายปริมาณลมให้ได้ไม่เพียงพอต่อพื้นที่ใช้งาน

[2]ณัฐกานต์ จันพรมมิน: Tel.: 06-11961663 E-mail address: 6280014020@student.chula.ac.th

TREC-14(MJU)

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีผู้วิจัยศึกษา ด้านการจัดการพลังงานระบบปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่ ในส่วนของเครื่องส่งลมเย็น เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลาประมาณ 10-15 ปี (เชษฐา,2559) [2] มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น มาตรการที่จะช่วยลดพลังงานใช้ไฟฟ้า คือ ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักรได้ผลดีที่สุด (พลสัณฑ์,2557) [3] ประหยัดเงินได้ 713,475 บาทต่อปี (กฤษกร,2553) [4] ในส่วนด้านการควบคุมคุณภาพอากาศ จากการศึกษาปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกมาช่วยในการเจือจางและทำลายผนังของเชื้อไวรัส (พรรณิกา,2555) [5]

ทั้งนี้มีคำแนะนำจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข สมาคมส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคาร เรื่องการระบายอากาศเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา2019 (COVID-19) ส่วนหนึ่งได้กล่าวถึง การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ ระบบฆ่าเชื้อโรคอาจจะต้องมีการลงทุนที่เพิ่มขึ้น (กรมอนามัย,2564) [6] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์แสดงผลการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับเทคโนโลยีพัดลมที่เหมาะสมหากใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในเครื่องส่งลมเย็น การเลือกเทคโนโลยีพัดลมที่เหมาะสมของเครื่องส่งลมเย็นเลือกใช้เทคโนโลยีพัดลม 2 แบบเพื่อเห็นความแตกต่างของพลังงานและการลงทุนเมื่อนำมาทดแทนพัดลมธรรมดาที่ใช้งานทั่วไปในปัจจุบันในงานวิจัยนี้จะเลือกเป็นเทคโนโลยีพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal) ที่มีใบพัดแบบโค้งย้อนหลัง (Backward Curved) ดังนี้ เทคโนโลยีลำดับที่หนึ่งคือ Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) และเทคโนโลยีลำดับที่สองคือ High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller

วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการศึกษาวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดขอบเขตข้อมูลของเครื่องส่งลมเย็นและปัจจัยความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ปริมาณลม 24,500 CFM ใช้ความดันสถิต (Static Pressure) ที่ 3.75 in.wg. พื้นที่หน้าตัดท่อที่อากาศไหลออกจากพัดลม 1 m^2 จะได้ ความดันรวมทั้งหมดของพัดลมอยู่ที่ 4.10 in.wg.จัดเป็น Medium Static Pressure ที่อยู่ระหว่าง $3^{3/4}$-$6^{3/4}$ in.wg. โดยใช้ได้ทั้งประเภทพัดลม Centrifugal และ Axial โดยความเร็วรอบพัดลมต่ำสุดที่ 579 RPM และสูงสุดอยู่ที่ 2,025 RPM ต้องการควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้อุปกรณ์ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก เลือกใช้เทคโนโลยีพัดลม 2 แบบ ได้แก่ เทคโนโลยีลำดับที่หนึ่งคือ Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) และเทคโนโลยีลำดับที่สองคือ High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller เทียบกับเทคโนโลยี Centrifugal Fan Backward Curved ส่วนในด้านเศรษฐศาสตร์ ผู้วิจัยจะกำหนดปัจจัยสำหรับการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 1

ตารางที่ 11 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคุ้มค่าในการลงทุน

ปัจจัย	จำนวน	หน่วย
อายุการใช้งานเครื่องส่งลมเย็น	10	ปี
อัตราลดคิด (Discount Rate)	7	%
การใช้งานเครื่องส่งลมเย็น	12/30	ชม./วัน
อุปกรณ์ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก	120,000	บาท
เทคโนโลยี Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan)	110,000	บาท
เทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller	210,000	บาท

2. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน

รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของเทคโนโลยีพัดลมทั้ง 3 แบบได้แก่ ปริมาณลม ความดันสถิตรวม และกำลังเชิงกลที่ป้อนให้กับพัดลมเพื่อนำมาเปรียบเทียบ คำนวณได้จากสมการ

TREC-14(MUT)

$$h_{Total} = \frac{Q' \ P_{Total}}{Power} \quad (1)$$

โดย h_{Total} หมายถึง ประสิทธิภาพรวมทั้งหมด

Q หมายถึง อัตราการไหลที่อากาศไหลผ่าน มีหน่วยเป็น m^3/s

P_{Total} หมายถึง ความดันสถิตรวม มีหน่วยเป็น Pa

$Power$ หมายถึง กำลังเชิงกลที่ป้อนให้กับพัดลม มีหน่วยเป็น Watt

ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ คำนวณได้จากสมการ

$$h_{system} = h_{motor}' \ h_{fan}' \ h_{VSD} \quad (2)$$

โดย h_{system} หมายถึง ประสิทธิภาพรวมทั้งหมดของระบบ

h_{motor} หมายถึง ประสิทธิภาพรวมของมอเตอร์

h_{fan} หมายถึง ประสิทธิภาพรวมของพัดลม

h_{VSD} หมายถึง ประสิทธิภาพรวมของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

สำหรับการลงทุนเครื่องส่งลมเย็นนี้มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกและประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้คำนวณและพิจารณาร่วมกันทั้งหมด 3 วิธีได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มีสมการดังต่อไปนี้ตามลำดับ

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3)$$

$$-I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4)$$

$$PB = \frac{Investment_{total}}{ES_{(annual)}} \quad (5)$$

โดย ES_t หมายถึง ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n มีหน่วยเป็น บาท

i หมายถึง อัตราลดคิด (Discount Rate) มีหน่วยเป็น %

I_0 หมายถึง เงินลงทุนตอนเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาท

$Investment_{total}$ หมายถึง เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ มีหน่วยเป็น บาท

$ES_{(annual)}$ หมายถึง ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อ 1 ปี มีหน่วยเป็น บาท

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเลือดพักลมและการประเมินการใช้พลังงานของพัดลม

ผลการคำนวณของประสิทธิภาพรวมของพบว่า เทคโนโลยี Centrifugal Fan Backward Curved ที่ความเร็วรอบต่ำใช้พัดลมขนาดใหญ่ 579 RPM ใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 17 kW ได้ประสิทธิภาพพัดลม 62.90% และความเร็วรอบสูงใช้พัดลมขนาดเล็ก 2,025 RPM ใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 15 kW ได้ประสิทธิภาพพัดลม 69.69%ดังนั้นจึงเลือก พัดลมรอบสูงขนาดเล็ก นำมาใช้กับ Motor ที่เหมาะสมเพื่อได้ค่าประสิทธิรวมสูงสุด

TREC-14 (MJU)

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมระบบของพัดลมชนิด Centrifugal

เปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมของระบบเมื่อใช้ Motor แบบ Induction และ แบบ EC	
Centrifugal Backward Curve + Induction Motor (IE1 = 90.1%)	63.20 %
Centrifugal Backward Curve + EC Motor (IE5 = 95.1%) +VSD (97%)	64.71 %

ดังผลการคำนวณในตารางที่ 1 พบว่าเทคโนโลยีพัดลม Centrifugal Fan Backward curved และเทคโนโลยี Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) ประสิทธิภาพรวมของระบบจะอยู่ที่ประมาณ 63 – 64% จึงเลือกนำเทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller ที่ใช้พัดลมชนิด Axial ขับเคลื่อนด้วย EC Motor และมี VSD ใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 13.57 kW ได้ประสิทธิภาพพัดลม 88.50% ดังนั้นจึงนำมาใช้กับ Motor IE5 ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 13.77 kW เพื่อได้ค่าประสิทธิรวมสูงสุด ได้ประสิทธิภาพรวมของระบบอยู่ที่ 84.16%

เมื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า เทคโนโลยี Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) และ High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเทคโนโลยี Centrifugal Forward Curve ถึง 1.51% และ 18.01% ตามลำดับ การใช้พลังงานของพัดลมก็จะแปรผกผันกับประสิทธิภาพรวมยิ่งมากการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะน้อยลง

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมของพัดลม

เปรียบเทียบความต่างประสิทธิภาพรวมของเทคโนโลยีพัดลม	
Centrifugal Backward Curve - EC Fan	1.51 %
Centrifugal Backward Curve - Axial Fan	18.01 %

ตารางที่ 3 แสดงผลการใช้พลังงานของเทคโนโลยีพัดลม

ผลการใช้พลังงานของเทคโนโลยีทั้ง 3 แบบ	**kW**
Centrifugal Fan Backward curved	35.50
Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan)	34.00
High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller	27.34

2. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยมรจุดประสงค์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้อุปกรณ์ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกและประหยัดพลังงานมากที่สุดได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณในด้านเศรษฐศาสตร์

	EC Fan	**Axial Fan**
เงินลงทุน (บาท)	230,000	330,000
ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท)	22,680	133,509
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV;บาท)	-70,705	607,711
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR;%)	5.3	40.2
ระยะเวลาคืนทุน (PB;ปี)	18.3	2.8

จากผลการคำนวณ เทคโนโลยี Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ (-) ,อัตราผลตอบแทนภายในที่น้อยกว่าอัตราการลดคิด (5.3% < 7%) และระยะเวลาคืนทุนมากกว่าอายุการใช้งานเครื่องส่งลมเย็นที่กำหนดให้ 10 ปี ส่วนเทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (+) ,อัตราผลตอบแทนภายในที่มากกว่าอัตราการลดคิด (40.2% > 7%) และระยะเวลาคืนทุนน้อยอายุการใช้งานเครื่องส่งลมเย็น

TREC-14 (MJU)

สรุปผลการวิจัย

ด้านการใช้พลังงาน ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องส่งลมเย็นลดลงที่ใช้เทคโนโลยี Fan System with Integrated Motor and Speed Controller (EC Fan) เมื่อเทียบกับ Centrifugal Fan Forward Curve เท่ากับ 6,480 kW/Year คิดเป็นเงิน 22,680 บาทต่อปี และ เทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller เทียบกับ Centrifugal Fan Forward Curve เช่นเดียวกันเท่ากับ 38,145.60 kW/Year คิดเป็นเงิน 133,509 บาทต่อปี แต่เนื่องด้วยการเลือก Static Pressure ตรงกับเงื่อนไขกับ Flow Rate จะลดลงไปอยู่ที่ประมาณ 20,000 CFM หากได้เลือกให้ตรงกับเงื่อนไขในกรณีเทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller อาจจะทำให้การใช้พลังงานแตกต่างกับค่าที่กล่าวในบทความนี้

ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับเทคโนโลยีพัดลมที่เหมาะสมใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก แม้ว่าเงินลงทุนของเทคโนโลยีลำดับที่หนึ่งจะมีค่าน้อยกว่าเทคโนโลยีลำดับสองถึง 127,029 บาท แต่เมื่อพิจารณาจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value:NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return:IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period:PB) พบว่าเทคโนโลยี High Efficiency EC Axial Fan with Speed Controller เหมาะสมต่อการลงทุนที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้ และผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. (2020). **The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission.** Proc Natl Acad Sci USA.

[2] เชษฐา พงษ์ผล. (2559). **ลักษณะอาการชำรุดของระบบปรับอากาศแบบรวมของศูนย์การค้า ไฮเปอร์ มาร์เก็ต ในช่วงอายุ 5-12 ปี กรณีศึกษา อาคาร บมจ.บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ 5 อาคาร.** วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] พลสัณห์ นำหน้ากองทัพ. (2557). **แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า ผลการศึกษา 6 กรณีศึกษาในกรุงเทพมหานคร. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] กฤษกร อุดศรี. (2553). **การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบรวมสำหรับอาคารขนาดใหญ่.** วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] พรรณิกา วนะรมย์. (2555). **การกำจัดแบคทีเรียในอากาศด้วยแผ่นฟอกอากาศโฟโตคะตะไลติก.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2564). **คำแนะนำการระบายอากาศเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)** สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2564, จาก https://covid19.anamai.moph.go.th.

TREC-14 (MJU)

ผู้สนับสนุน
การประชุมวิชาการ

เคียงข้างอย่างห่วงใย

เพราะเรามีลมหายใจเดียวกัน

กลุ่ม ปตท. ร่วมกับพันธมิตรทางการแพทย์ จัดตั้งโครงการลมหายใจเดียวกัน

ดูแล ตรวจเร็ว แยกเร็ว รักษาเร็ว แบบเต็มกำลัง

เพื่อให้ทุกลมหายใจ ผ่านวิกฤติไปด้วยกัน

ออกแบบวิศวกรรมพลังงานทดแทน ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ระบบโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสาน และจำหน่ายอุปกรณ์ด้านพลังงานทดแทน

บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด เป็นบริษัทฯระดับแนวหน้าในการบริการด้านพลังงานทดแทน พลังงานสะอาดในระดับประเทศและภูมิภาคอาเซียน โดยเน้นคุณภาพ ในราคายุติธรรม พร้อมบริการหลังการขายที่ดี เพื่อสร้างความประทับใจแก่ลูกค้าที่ให้ความไว้วางใจ

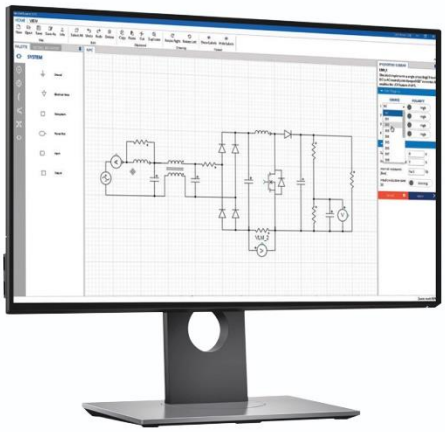
ภาพโครงการและประสบการที่ผ่านมา

บริษัท เอฟที เอ็นเนอร์จี จำกัด (สำนักงานใหญ่)
99/109 หมู่ 2 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Tel. 02-159-0830 Facebook FT Energy

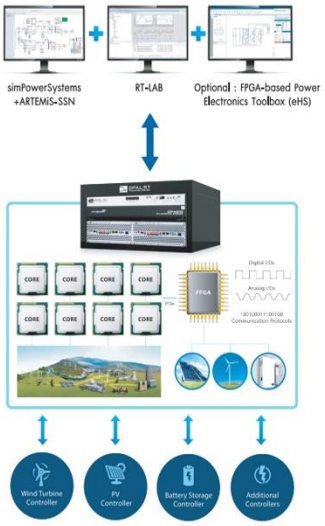
PTS COMBINATION

OPAL-RT TECHNOLOGIES

Real-Time Testing Solutions For Microgrid



OPAL- RT helps with challenges faced by engineers by offering advanced simulation tools for details Hardware - in - the - Loop studies of phenomena occurring with Distributed Energy Resources (DER). To achieve this, OPAL- RT has hybridized cutting-edge CPU and FPGA technologies.



Benefit from:

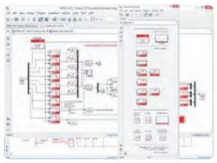
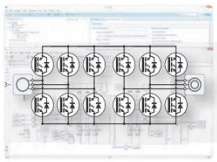
- A simulation environment based on MathWorks Simscape Power System
- A suite of fixed-step solvers and algorithms to optimize SPS-based models of electromagnetic transient (EMT) systems for high fidelity, high-performance simulation in real time
- The only solver specifically designed for microgrid distribution systems, ARTEMIS-SSN, allowing for multi processor simulation without introducing artificial delays

The Most Advanced Real-Time Simulation Systems Available

- HYPERSIM
- ePHASORSIM
- eFPGASIM
- eMEGASIM

OP1300

Power Electronics Test Bence
From simulation to real power

EDUCATION IN EMBEDDED CONTROL SYSTEM FIELDS

Temp Process Control System Labkits

DC Motor Control System Labkits

Brushed DC Motor Control System Labkits

Level Control System Labkits

LABPTS+ dSPACE OPAL-RT TECHNOLOGIES HIOKI YOKOGAWA ET SYSTEM Preen

PTS Combination Co., Ltd.
11/26 Moo. 1, Ban mai, Pakkret
Nonthaburi 11120 Thailand
Tel. 02-102-7697, 668 3188 5535

บริษัท แอ็ดวานซ์ อิควิปเม้นท์ โซลูชั่น จำกัด
ADVANCE EQUIPMENT SOLUTION CO.,LTD.

SERVICE

จำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงทุกชนิด

ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบเหนือดิน-แบบเคเบิ้ลใต้ดิน

22 kV Switchgear

หม้อแปลงไฟฟ้า 22/33 kV.

งานปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

115/216 ม.12 ต.สันกำแพง
อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ 50130

053-102414

sale.aes99@gmail.com

www.facebook.com/AES.CM9

EMPOWERING RESULTS-LECO is Solution for Energy and Fuels Analysis

LECO
EMPOWERING RESULTS

Bomb Calorimeter

CHN Analyzer

AUTO Proximate Analyzer

Sulfur Analyzer

Ash Fusibility Determinator

LECO Instruments (Thailand) Co., Ltd.

125,127,129 Soi Sirinthorn 7 Sirinthorn Rd.,Bangbamru, Bangpad, Bangkok 10700

Phone: 0-2886-4350 Fax: 0-2886-4351 E-mail: lecothailand@leco.co.th www.leco.co.th

MAXIMAL INTER TRADING CO.,LTD

Safety and Enviroment Company

NOTIFIER® by Honeywell

ระบบดับเพลิง

ออกแบบ ,ติดตั้ง และ ทดสอบ

- ใช้อุปกรณ์ ตามมาตรฐาน
- ทดสอบและติดตั้ง
- ออกแบบตามการใช้งานของลูกค้า
- ตรวจสอบประจำปี ให้พร้อมใช้งาน

LATCHWAYS FALL PROTECTION

Fall Protection System

ออกแบบ ติดตั้ง และ ตรวจสอบประจำปี

- ใช้อุปกรณ์ ตามมาตรฐาน
- รับน้ำหนักได้ตามข้อกำหนด
- ทดสอบและติดตั้งโดยผู้ได้รับใบอนุญาติ
- ออกแบบตามการใช้งานของลูกค้า
- ตรวจสอบประจำปี ให้พร้อมใช้งาน
- บริการอบรมผู้ควบคุม และ ปฏิบัติงาน

Personal Protective Equipment

Fix Gas detector Services

บริการ ซ่อม สอบเทียบ และ จำหน่ายอุปกรณ์สอบเทียบแก้ส

สอบเทียบ Gas detector แบบ Portable และ Fix
บริการ Onsite Service
บริการซ่อม และ เปลี่ยน Sensor
บริการออกแบบและแก้ไขระบบ Gas Detector
จัดจำหน่ายอุปกรณ์และเครื่องมือ ที่ใช้ในการซ่อมและสอบเทียบ
สินค้าและบริการ ตามมาตรฐานผู้ผลิต

Ansell
Everything you touch...we touch.

MSA The Safety Company

RIKEN KEIKI

BRADY

info@maximal.co.th www.maximal.co.th โทร 0942562564

10 ช่องทางการติดต่อ ติดตามข่าวสารกับ PEA

เทคโนโลยีการสื่อสารก้าวไกลเท่าไหร่ PEA ก็ก้าวไกลไม่แพ้กัน
ด้วยช่องทางการสื่อสารกับ PEA ถึง 10 ช่องทาง

PEA CALL CENTER 1129

สายด่วน 1129
PEA Call Center

โทรศัพท์
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
สำนักงานใหญ่
02-589-0100-1

Website
www.pea.co.th

PEA Mobile App
โดยมีทั้ง iOS และ Android

Fax
02-589-4850-1

YouTube
www.pea.co.th/youtube

e-mail
1129@pea.co.th

Instagram
www.pea.co.th/instagram

Facebook
www.pea.co.th/facebook

Twitter
www.pea.co.th/twitter

เหตุที่พบบ่อยในการติดต่อกับสายด่วน 1129 PEA Call Center

แจ้งเหตุ ไฟดับ ไฟฟ้าขัดข้อง ไฟตก ก่อนที่คุณจะโทรแจ้งเหตุขัดข้องคุณควรเตรียมข้อมูลดังต่อไปนี้

- หมายเลข 12 หลัก (จากใบแจ้งหนี้)
- ชื่อ นามสกุล
- หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้
- วันและเวลาที่ไฟฟ้าดับ
- ลักษณะของไฟฟ้าดับ หลายหลังหรือหลังเดียว
- สาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้ไฟฟ้าดับ

PHRAYA GROUP
บริษัท กลุ่มพระยา จำกัด

— Engineering Solution Provider —

ออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบ บำรุงรักษา

วิสัยทัศน์

Leader of Energy Technology Company
by Innovation and Engineering
Leading for sustainable future

ประวัติบริษัทโดยสังเขป

2016 : Established to Provide Engineering Structure Piping and Boiler Installation by Expertise

2017 : Certified as Energy Management Auditor Company
: Appointed as Authorized Distributor of MIURA Boiler
: Established Company's Department of Renewable Energy Product

2018 : Registered as Department of Alternative Energy Development and Efficiency's Solar Dryer Installer

2019 : Appointed as Authorized Partner and Distributor of GETABEC Public Company Limited

ติดต่อเรา

CONTACT US
052 010 081
095 4499730, 095 6755421

WRITE US
phrayagroup@gmail.com

BOILER AND BURNER

SOLAR POWER

HEAT PUMP DRYER

บริษัท กลุ่มพระยา จำกัด
โครงการสตาร์เอวินิว 5 (เชียงใหม่-หางดง) 169/85 หมู่ที่ 4 ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

OUR PRODUCTS & SERVICE

ระบบไอน้ำ

- หม้อไอน้ำ - หัวเผา
- ระบบท่อน้ำร้อน - ท่อไอน้ำ
- ฉนวนกันความร้อน
- วาล์ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ
- เครื่องมือวัดต่าง ๆ

พลังงานทดแทน

- ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
- ระบบทำน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน
- ระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน
- โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบไฟฟ้า และระบบควบคุม

- ระบบไฟฟ้าอาคาร และโรงงาน
- ระบบตรวจวัด และบันทึกผล
- ระบบควบคุมการทำงาน
- ตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำปี
- ตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน

บริษัท กลุ่มพระยา จำกัด

โครงการสตาร์เอวินิว 5 (เชียงใหม่-หางดง) 169/85 หมู่ที่ 4 ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

21st Century Corporate Citizenship:
Social Value and Peacefulness to Society through Your Business

ปรับกลยุทธ์ธุรกิจ สู่ยุค New Normal
สู่การสร้างคุณค่าธุรกิจและการเติบโตอย่างยั่งยืน

NISE

SIA / SROI

- บริการพัฒนาระบบการประเมิน ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน *(SROI Framework Development Service)*
- บริการประเมินและจัดทำรายงาน ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน *(SROI Reporting Service)* ตามกรอบมาตรฐานสากล *(Social Value International)*
- บริการตรวจสอบรับรองรายงาน ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน *(SROI Report Assurance)*

Impact Business

- บริการเตรียมความพร้อมองค์กรสู่การรับรองมาตรฐาน Benefit Corporatation Certified ในฐานะตัวแทนประเทศ *(Bcorp Thailand)*
- บริการประเมิน Social Impact Performance ขององค์กรตามมาตรฐาน BIA *(Benefit Impact Assessment)*

ถึงเวลาทำเรื่องสังคม...ให้สำคัญ

Join!!
Our Community

SOCIAL VALUE INTERNATIONAL
SOCIAL VALUE THAILAND
SVA SOCIAL VALUE ACCELERATOR
Certified B Corporation
B Impact Assessment

Nise : Network of Impact Social Enterprise
Email : info@nisecorporation.com Tel : 090-669-3961, 089-680-1233
Website : www.nisecorp.com

นวัตกรรมไทย

www.innovation.go.th

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สำนักนายกรัฐมนตรี

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สำนักงบประมาณ

บัญชีนวัตกรรมไทย

เตาเผาขยะลดมลพิษ ประหยัดพลังงาน

รหัสสินค้า 14000006

จัดซื้อโดย วิธีเฉพาะเจาะจงและวิธีคัดเลือก

บริษัท เชียงใหม่ เอ็นไวรอนเม้นท์ โปรเทค จำกัด

สำนักงานใหญ่เลขที่ 58/9 หมู่ 3 ต.มะขามหลวง อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ 50120

Tel/Fax: 0-52003945 E-mail: CEP2551@hotmail.com

Mobile Burn (เตาเผาขยะแบบเคลื่อนที่)

เตาเผาขยะแบบตั้งพื้น

E4C.INNOVATION Co.,Ltd.

TO THE INNOVATON MANAGMENT

OEM รับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร ด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด

ผลิตและจำหน่ายเครื่องอบแห้งด้วย การแผ่รังสีอินฟราเรด

E4C.INNOVATION

Power D

@powerD

Power D เครื่องอบแห้ง

HUG TOWN

HUG
Town

TowN+DesigN LaB

InnovatioN LaB

LocaL ResearcH LaB

DYNAMACH ENGINEERING

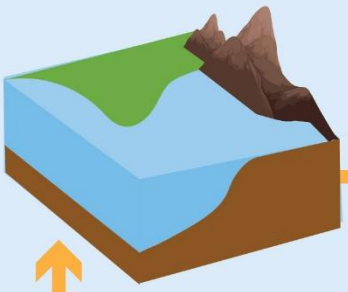
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ

บริษัท ไดน่าแมค เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
5/16 หมู่ 17 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกาจังหวัดปทุมธานี 12130

NEO SOLAR

ระบบบริหารจัดการน้ำ เพื่อการเกษตรบนที่สูง

แหล่งเก็บน้ำบนพื้นที่สูง สูงจากพื้นที่เก็บน้ำด้านล่าง 80เมตร



800 m^3

ควบคุมการสั่งวาล์วน้ำทุกตัว ผ่านเครือข่าย LoRa

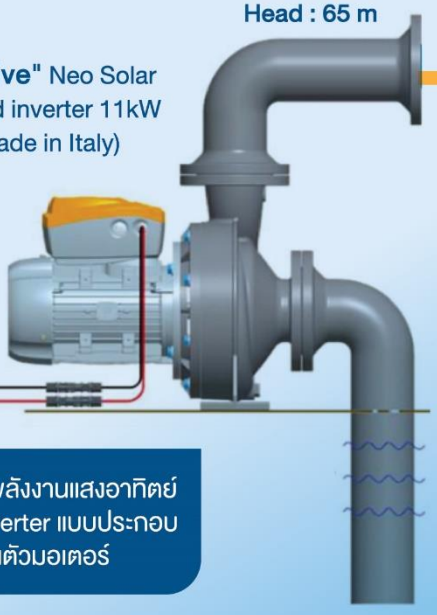
แหล่งน้ำบนที่ราบ

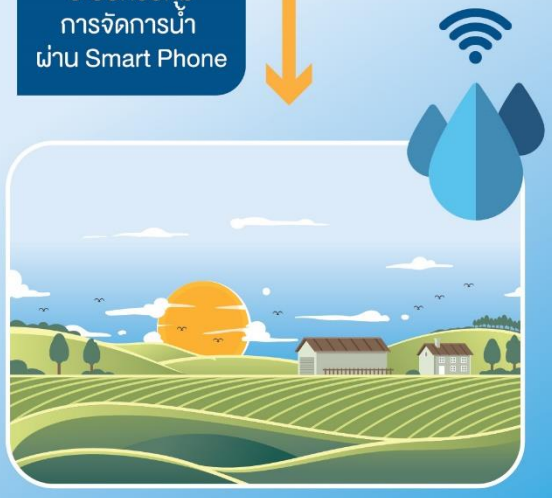
แผงโซล่าชนิดลอยน้ำ

ระบบควบคุมการจัดการน้ำผ่าน Smart Phone

Head : 65 m

"**Motive**" Neo Solar off grid inverter 11kW (Made in Italy)





ระบบสูบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ Inverter แบบประกอบบนตัวมอเตอร์

TITUM
SIMPLY HAPPINESS

นวัตกรรมระบบปรับอากาศสายพันธุ์ใหม่ ใช้พลังงานทดแทน ประหยัดได้ถึง 80%

46TH INTERNATIONAL EXHIBITION OF INVENTIONS GENEVA

รางวัลเหรียญทอง และเหรียญเงิน
จากเวทีนวัตกรรม กรุงเจนีวา ปี 2018

NIA NSTDA

สุขภาพดีแก้ปัญหาคุณภาพ
พร้อม ขจัดกลิ่นและแมลงรบกวน

SAVE ENERGY

OPEN SPACE

MACHINE EFFICIENCY

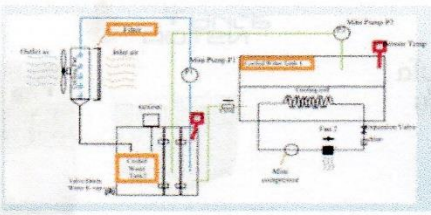
INFECTION & POLLUTION CONTROL

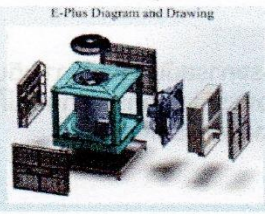
TITUM E PLUS SYSTEM

ในอาคารสมัยใหม่นั้นระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่ใช้พลังงา
สูงที่สุด เราออกแบบนวัตกรรมระบบปรับอากาศจากการ
จุดเด่นของระบบปรับอากาศและทำความเย็นหลายระบบ
ปัจจุบัน มารวมเข้าไว้ด้วยกันจากความพยายามในการค้น
คว้าทดลองร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและสถาบันอุดมศึก
มากว่า 10 ปี จึงทำให้เราได้ ระบบปรับอากาศสายพันธุ์ใหม่
ที่ใช้พลังงานทดแทนประหยัดได้ถึง80% พร้อมทั้งยังพัฒน
ให้สามารถทำให้ผู้ใช้อาคารนั้นมีสุขภาพที่ดี แก้ปัญหาคุณภา
อากาศ พร้อมขจัดกลิ่น และ แมลงรบกวน อย่างได้ผล

และที่สำคัญคือสามารถใช้ได้ดีแม้กับในพื้นที่เปิดโล่งจนทำ
ได้รางวัลจากเวทีด้านนวัตกรรมมากมายทั้งในระดับประเท
และในระดับนานาชาติ

70 - 80% Reduction of Electrical Usage
Better Air Quality - fresh and clean
Increase Machine Efficiency
Optimized For Open Space





TITUM
SIMPLY HAPPINESS

TITUM INDUSTRIAL COMPANY LIMITED
141 Moo.3 T.Buengbon A.Nong Suea Pathumthani 12170
Tel. +662 0480248 Fax. +662 0480248 E-mail : bamtitum@gmail.com

บริษัท โปรเจคทีมเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

ออกแบบและติดตั้งงานระบบพลังงานแสงอาทิตย์

บริษัท โปรเจคทีม เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

35/6 หมู่ 1 ตำบลคลองเจ็ด อำเภอคลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

Tel. 084 287 9541 Facebook บริษัท โปรเจคทีม เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

WONGSAKORN ENERGY

รับติดตั้งโซล่าเซลล์ ในรูปแบบ Private PPA สำหรับโรงงาน ลดค่าไฟได้จริง ไม่ต้องลงทุนสำหรับธุรกิจและโรงงาน

บริษัท วงศกร เอ็นเนอร์ยี จำกัด

75/6 ถนนสายไหม แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220

โทร. 080-933-5151

#TREC 14
SMART ENERGY
SMART AGRICULTURE
SMART COMMUNITY

14th Thailand Renewable Energy for Community Conference

MAEJO GO ECO UNIVERSITY

TCEB
THAILAND CONVENTION & EXHIBITION BUREAU

ptt

PTS combination

LECO
EMPOWERING RESULTS

บริษัท กลุ่มพระยา จำกัด
PHRAYA GROUP COMPANY LIMITED.

DYNAMACH ENGINEERING

FT ENERGY
Future Technology Thailand
บริษัท เทคโนโลยีพลังงานแห่งอนาคตไทย จำกัด
www.ft-energy.co.th

MAXIMAL
INTER TRADING

STRUCTURE
Design & Construction Company Limited

E4C.INNOVATION

SOLARTRON

TITUM
SIMPLY HAPPINESS

NISE

HUG Town

WE
WONGSAKORN ENERGY

cep

PEA
PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY

PTE
บริษัท โปรเกรสซีฟ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด

ENTEC
a member of NSTDA

GIC
GENERAL INSTRUMENT CO., LTD.

AES
ADVANCE EQUIPMENT SOLUTION Co.,Ltd

powering tomorrow
Growatt