จัดประชุมโดย

บทความฉบับสมบูรณ์ (Full Paper)

การประชุมสัมมนาวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15

15th Thailand Renewable Energy for Community Conference

TREC 15
พลังงานเพื่อสังคม และสิ่งแวดล้อม อย่างยั่งยืน

27 - 29 ตุลาคม 2565
โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ
จังหวัดชุมพร



หัวข้อวิจัยและบทความ

1. นวัตกรรมด้านพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่
2. พลังงานเพื่อการเกษตร
3. สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน
4. พลังงานเพื่อชุมชน
5. การบริหารจัดการพลังงานชุมชน

ISBN (e-book) 978-616-94128-0-9

สนับสนุนโดย

การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15
15th Thailand Renewable Energy for Community Conference

พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2565
สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

เรียบเรียงโดย : สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12110
อีเมล : treca.2012@gmail.com
โทร : 02 549 3497

จัดทำโดย : สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12110
อีเมล : treca.2012@gmail.com
โทร : 02 549 3497 (ออกแบบสิ่งพิมพ์ ทำหนังสือ ประเมินราคา)

ISBN (e-book) 978-616-94128-0-9



สารจากผู้ตรวจการแผ่นดิน

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช ๒๕๖๐ บัญญัติให้ผู้ตรวจการแผ่นดินมีหน้าที่และอำนาจในการเสนอแนะต่อหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีการปรับปรุงกฎหมาย กฎ ข้อบังคับ ระเบียบ หรือคำสั่ง หรือขั้นตอนใด ๆ บรรดาที่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนหรือความไม่เป็นธรรมแก่ประชาชน หรือเป็นภาระแก่ประชาชนโดยไม่จำเป็นหรือเกินสมควรแก่เหตุ และแสวงหาข้อเท็จจริงเมื่อเห็นว่ามีผู้ได้รับความเดือดร้อนหรือความไม่เป็นธรรมอันเนื่องมาจากการปฏิบัติตามกฎหมาย หรือปฏิบัตินอกเหนือหน้าที่และอำนาจตามกฎหมายของหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เพื่อเสนอแนะต่อหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องให้ดำเนินการแก้ไขปัญหาความเดือดร้อน นอกจากนี้ ผู้ตรวจการแผ่นดินยังมีหน้าที่ในการเสนอต่อคณะรัฐมนตรีให้ทราบถึงการที่หน่วยงานของรัฐยังมิได้ปฏิบัติให้ถูกต้องครบถ้วน ตามหมวด ๕ หน้าที่ของรัฐ

ในการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๕ นี้ เป็นการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๕ ภายใต้ชื่องาน พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ดำเนินการโดยสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับภารกิจของผู้ตรวจการแผ่นดิน ตามหมวด ๕ หน้าที่ของรัฐ ของรัฐธรรมนูญ เรื่อง สิทธิการเข้าถึงบริการไฟฟ้าในครัวเรือน ซึ่งเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานด้านหนึ่งที่รัฐมีหน้าที่ต้องจัดให้ประชาชนได้รับสิทธิโดยถูกต้องครบถ้วนตามที่รัฐธรรมนูญกำหนดไว้ โดยผู้ตรวจการแผ่นดินได้ทราบข้อมูลจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องว่าตามจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย มีประชาชนไม่มีไฟฟ้าใช้ไม่น้อยกว่า ๔๘,๘๕๑ ครัวเรือน และมีบางส่วนได้ยื่นเรื่องร้องเรียนต่อผู้ตรวจการแผ่นดิน เพื่อขอให้ดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น เพื่อเป็นการยกระดับสิทธิขั้นพื้นฐานของประชาชนตามที่รัฐธรรมนูญกำหนดไว้ข้างต้น ผู้ตรวจการแผ่นดินจึงได้เห็นชอบร่วมกันให้สำนักงานผู้ตรวจการแผ่นดินดำเนินการแสวงหาข้อเท็จจริง และเสนอต่อคณะรัฐมนตรีทราบและพิจารณาดำเนินการแก้ไขปัญหาต่อไป

ในนามของผู้ตรวจการแผ่นดิน ขอขอบคุณสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยที่ให้เกียรติเชิญมาเป็นประธานพิธีเปิดและปาฐกถาพิเศษ และขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนทุกท่านที่ร่วมกันจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการในครั้งนี้ ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อภาควิชาการ ภาคประชาชน และสังคมของประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

(รองศาสตราจารย์อิสสรีย์ หรรษาจรูญโรจน์)
ผู้ตรวจการแผ่นดิน



สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นเจ้าภาพร่วมในการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (TREC-15) ประจำปี 2565 มีความยินดีและขอต้อนรับทุกท่านเข้าร่วมงานประชุมสัมมนาวิชาการในครั้งนี้ โดยในการจัดงานครั้งนี้ภายใต้ชื่องาน “พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน” โดยเป็นการทำงานร่วมกัน ระหว่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยทักษิณ และมหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ซึ่งเป็นความร่วมมือที่จะทำให้เกิดความเข้มแกร่งทางวิชาการ และจะเกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้ ทางวิชาการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาเศรษฐกิจและพัฒนาประเทศที่ให้ตวามสำคัญด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งในการ ขอเชิญชวนทุกๆท่านที่มีความสนใจด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เข้าร่วมกิจกรรมและการการประชุมวิชาการในครั้งนี้ เพื่อได้ทำการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันระหว่างทุกๆภาคส่วนซึ่งจะนำมาถึงการทำงานร่วมกันในภาคการศึกษาและชุมชน ทำให้เกิดการเรียนรู้ การถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กันและกัน ซึ่งเป็นพันธกิจสำคัญเป็นอย่างยิ่งของหน่วยงานทางการศึกษาและของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มีการเรียนการสอนระดับปริญญาโทและปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ และมีศูนย์ความเป็นเลิศด้านพลังงาน ภายใต้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัยฯอีกด้วย

ในการจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (TREC-15) ในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก หน่วยงานหลายๆฝ่ายมีมาทำงานร่วมกันทั้งภาครัฐและเอกชน และมีหน่วยงานการศึกษาทั้งในและต่างประเทศมาร่วมกันจัดงานในครั้งนี้ ในฐานะเจ้าภาพร่วมในการจัดงานนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์ นักวิจัย และผู้เข้าร่วมงานจากทุกหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานนี้ และขอให้การจัดงาน ประสบความสำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมงานทุกท่านจะได้รับประโยชน์ ในการเข้าร่วมงานเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการพัฒนาตนเองและงานต่างๆตามวัตถุประสงค์ต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ขอต้อนรับทุกท่านเข้าร่วมงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (TREC-15) ซึ่งเป็นการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2565 ภายใต้ชื่องาน “พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน” โดยความร่วมมือระหว่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยทักษิณ และมหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ความร่วมมือดังกล่าวนับเป็นการสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์สำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้มีความมั่นคงและยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ จึงขอเชิญชวนคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้ที่มีความสนใจด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เข้าร่วมการประชุมวิชาการในครั้งนี้ เพื่อร่วมกันสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการ แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน อันจะเป็นการสร้างเครือข่ายทางการศึกษาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่เข้มแข็งในอนาคต

การจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (TREC-15) นี้ ได้รับการสนับสนุนจาก หน่วยงานราชการ หน่วยงานเอกชน และหน่วยงานการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ ในการสนับสนุนบุคลากรในสังกัดเข้าร่วมเผยแพร่ผลงานวิจัย ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการจัดงานประชุมครั้งนี้ขึ้นจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ในฐานะเจ้าภาพร่วมในการจัดงานประชุม ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ นักวิจัย และผู้เข้าร่วมงานทุกท่านจากทุกหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนการจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (TREC-15) ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมการประชุมทุกท่านจะได้รับประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์



สารอธิการบดี

มหาวิทยาลัยทักษิณ

วิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อม และกระแสการตื่นตัวอันเนื่องมาจากความคาดหวัง การแสวงหาทางเลือกใหม่เพื่อการจัดการ การอนุรักษ์ ฟื้นฟูด้านสิ่งแวดล้อมในมิติต่างๆ ประเด็นเรื่องพลังงานทางเลือก/พลังงานสะอาดก็ถือเป็นความสนใจในกระแสสูงเป็นอย่างมาก ทั้งในแง่มุมการพัฒนา การสร้างสร้างทางเลือกใหม่ให้กับชีวิต สังคม ชุมชนและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การณรงค์ การสร้างความตระหนัก รองรับการปฏิบัติการเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อม-โลกที่อยู่ร่วมกันมากยิ่งขึ้นในอนาคต

การจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๕ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference; TREC 15) ภายใต้แนวคิด "พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Energy for sustainable communities and environment)" ในครั้งนี้จึงถือเป็นอีกหนึ่งในความพยายามอันยิ่งใหญ่ ในการส่งเสริม สนับสนุน และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนจากนักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา และนักพลังงานชุมชน ด้านพลังงานจากองค์กรของหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย

มหาวิทยาลัยทักษิณ ภายใต้วิสัยทัศน์ “มหาวิทยาลัยนวัตกรรมสังคม” ได้ให้ความสำคัญกับการวิจัย การนวัตกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมเชิงพื้นที่ และภูมิปัญาท้องถิ่น/ชุมชนในด้านต่างๆ มาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ประเด็นพลังงงานก็ถือเป็นธงนำ (Flagships) ภายใต้แผนวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม หรือ TSU Social Innovation Movement เพื่อมุ่งศึกษา วิจัย และนวัตกรรมสังคมบนฐานพลังงงานทางเลือก/ พลังงานสะอาด ที่สอดคล้องบริบท ฐานทรัพยากร ความต้องการของ **“ชุมชน/ท้องถิ่น”** และการสร้างโลกที่น่าอยู่และยั่งยืนจากจุดยืนในชุมชนท้องถิ่น ตลอดจนมุ่งสู่การพัฒนาด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมในทิศทางที่สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศ

มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอชื่นชมและยินดีกับสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเครือข่าย คณะผู้จัดงาน นักวิจัย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ที่สนับสนุนและร่วมมือกันอย่างแนบแน่น คาดหวังเป็นอย่างยิ่งการจัดประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ จะเป็น “พื้นที่และเวที” ที่ต่อเนื่องของการปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทน พลังงานสะอาด และพลังงานเพื่อชุมชน/ท้องถิ่น สังคมไทย และโลกที่น่าอยู่ร่วมกัน จากจุดเล็กๆที่ **“ย่างยืน”**

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณฐพงศ์ จิตรนิรัตน์)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ



สารจากประธานที่ปรึกษาสมาคม
พลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ในนามประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่งได้ก่อตั้งขึ้นมากว่า16 ปีแล้ว เพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษา วิจัย สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยเราเพื่อความยั่งยืน โดยเน้นการนำพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดอีกทั้งรูปแบบการจัดการพลังงาน เพื่อนำไปใช้ได้จริงอย่างเหมาะสมต่อชุมชนในประเทศไทย เพื่อให้เกิดผลได้อย่างแท้จริงจากการใช้พลังงานทดแทนแบบผสมผสานกับบริบทของประชาชนในประเทศ นั้นคือการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล และพลังงานจากน้ำและพลังงานรูปแบบอื่นใด ซึ่งเป็นพลังงานต้นกำเนิดที่มีอยู่ในชุมชนทุกที่ และในการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการในครั้งที่15 นี้จะเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อทุกๆคนในประเทศ ในการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ในชุมชน อีกทั้ง จะมีผลต่อการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศอย่างเหมาะสม ส่งเสริมนโยบายของรัฐบาลและทิศทางของโลกที่มีหลายอย่างที่ต้องช่วยกันในการรักษาสิ่งแวดล้อมตามนโยบายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้นเหตุของภาวะโลกร้อน โดยจะทำให้มนุษย์เราเข้าใจในการอยู่ร่วมกับธรรมชาติ และจะสามารถที่จะพึ่งพาตนเองได้ในหากมีเหตุการณ์ต่างๆเกิดขึ้น โดยสมาคมฯ ก็พร้อมที่จะเป็นศูนย์กลางในการดำเนินกิจกรรมที่ดี ทางด้านพลังงานที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ความมั่นคง การบริหารจัดการที่เหมาะสม มีการสร้างรายได้ให้กับชุมชนและลดการนำเข้าเชื้อเพลิงและเทคโนโลยี อย่างยั่งยืนคู่กับประเทศไทยตลอดไป

ในฐานะของประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ผมขอโอกาสนี้ใคร่ขอขอบคุณ ทุกๆท่านที่ช่วยกันเป็นเจ้าภาพร่วมกัน ในการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการในครั้งนี้ รวมทั้งผู้สนับสนุนทุกๆท่านในการช่วยให้การจัดงานครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดีครับ

และผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนครั้งที่ 15 ประจำปี 2565 นี้จะเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมทั้งภาคชุมชนและภาควิชาการของประเทศไทยต่อไป

(รศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)

ประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

สารจากนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย



ปี 2565 ปีนี้ถือได้ว่าเป็นการเริ่มต้นของเปลี่ยนแปลงหลังจากภาวะวิกฤติการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 เปลี่ยนเป็นโรคที่ต้องเฝ้าระวัง แต่การประชุมสัมมนาวิชาการ TREC 15 เรายังคงมาตรการสาธารณสุขอย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมงานทุกท่าน หลังจากนี้ทุกชุมชนต้องปรับตัวอย่างมากให้สามารถอยู่ร่วมกันและอยู่ได้ภายใต้ภาวะโรคระบาดที่ยังคงอยู่ จึงต้องแสวงหาการเลือกใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยที่สุด รวมไปถึงการปรับตัวเข้าสู่ยุคยานยนต์ไฟฟ้า

ในนามของนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย สมาคมฯ ได้ดำเนินกิจกรรม “งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย” เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการของนักวิชาการ นักศึกษา ประชาชนทั่วไปและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ในชุมชน อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 14 ปี ซึ่งงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 ภายใต้ชื่องาน **“พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน”** และต้องการเชื่อมโยงงานวิจัยที่มีศักยภาพโดยที่จะพยายามคัดเลือกผลงานวิจัยจากบทความที่นำเสนอในงาน TREC 15 อาทิ นวัตกรรมพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่ พลังงานเพื่อการเกษตร พลังงานเพื่อชุมชน สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน และการบริหารจัดการพลังงานชุมชน ในการขยายผลลงสู่ชุมชน การจัดงานครั้งนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และเครือข่ายพลังงานชุมชนภาคใต้ นับได้ว่าเป็นงานประชุมวิชาการแห่งเดียวในประเทศไทย ที่มีการบูรณาการระหว่างภาคนักวิชาการ ภาคเอกชน และภาคชุมชน เข้าด้วยกัน

กระผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 หรือ TREC 15 นี้ สามารถตอบโจทย์การสร้างเครือข่ายชุมชนพลังงานเพื่อสังคม สร้างความยั่งยืนและดูแลใส่ใจสิ่งแวดล้อม ทำให้ทุกภาคส่วนร่วมมือร่วมใจกันทำประโยชน์ให้กับสังคมและชุมชนต่อไป

ดร.อำพล อาภาธนากร
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

คณะกรรมการที่ปรึกษา
สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

1	รศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ประธานที่ปรึกษา
2	ศ.ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	ที่ปรึกษา
3	ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ที่ปรึกษา
4	ศ.ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล	ที่ปรึกษา
5	ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ที่ปรึกษา
6	ศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	ที่ปรึกษา
7	พลอากาศโท เอกราช ชาติชัย	ที่ปรึกษา
8	ดร.มนตรี ชาลีเครือ	ที่ปรึกษา
9	ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี	ที่ปรึกษา
10	ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์	ที่ปรึกษา
11	ดร.วิชัย เพ็ชร์ทองคำ	ที่ปรึกษา

คณะกรรมการ
สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

1	ดร.อำพล อาภาธนากร	นายกสมาคม
2	นายวิสูตร์ ยังพลขันธ์	อุปนายกภาคกลาง
3	รศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ	อุปนายกภาคเหนือตอนล่าง
4	ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	อุปนายกภาคเหนือตอนบน
5	ผศ.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	อุปนายกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
6	รศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	กรรมการ
7	รศ.ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	กรรมการ
8	ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	กรรมการ
9	ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	ประชาสัมพันธ์
10	นางสาววรรนิภา พงษ์ไทยสงค์	เหรัญญิก
11	นายสุภเดช แก้วสีสด	นายทะเบียน

คณะกรรมการพิจารณาบทความ

1	ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2	ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
3	ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4	ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
5	ศาสตราจารย์ ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล	ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
6	รองศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
8	ดร.อำพล อาภาธนากร	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
9	รองศาสตราจารย์ ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
10	รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
11	รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
12	รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร บุณยืน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
13	รองศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
14	รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
15	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
16	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย จ้อยเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
17	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
18	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐานวิทย์ แนมใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
19	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
20	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ประทุมนพรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ แย้มแฟง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
22	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
23	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีรัตน์ วงษ์ซื้ม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
24	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
25	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พีระยศ แข็งขัน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
26	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
27	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
28	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวมพร นิคม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
29	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ จันทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
30	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิ์ชาติ อาจกล้า	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
31	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
32	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณนิภา ดอกไม้งาม	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
33	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศกร คชาพงศ์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
34	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
35	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล เรือนงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

คณะกรรมการพิจารณาบทความ

36	.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
37	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติกร สาสุจิตต์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
38	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
39	ดร.ประภาพร ประเสริฐพงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
40	ดร.วินัย จันทร์เพ็ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
41	ดร.รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
42	ดร.เชาวน์ นกอยู่	กรมควบคุมมลพิษ
43	ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
44	ดร.นเรศ ฉิมเรศ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
45	ดร.วีระวุฒิ แนบเพชร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
46	ดร.ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
47	ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
48	ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
49	ดร.นุวงศ์ ชลคุป	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
50	ดร.กัมปนาท ซิลวา	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
51	ดร.กฤษมาพร พึ่งโพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
52	ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
53	ดร.มณีรัตน์ เข็มขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
54	ดร.ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
55	ดร.ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
56	ดร.สุระพล ริยะนา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
57	ดร.บงกช ประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะกรรมการด้านการเงิน

1	นางสาววรรณิตา ทองพัด	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
2	นางสาววรรนิภา พงษ์ไทยสงค์	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

กำหนดการ
งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15
“พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน”
ระหว่างวันที่ 27 – 29 ตุลาคม 2565
ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ จังหวัดชุมพร

++++++++++++++++++++++++++++

วันพฤหัสบดีที่ 27 ตุลาคม 2565

เวลา	กิจกรรม
09.00 – 11.30 น.	ลงทะเบียน ณ ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ จังหวัดชุมพร
11.30 – 12.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
12.30 – 15.30 น.	ศึกษาดูงานระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม ณ เขามัทรีและปากน้ำชุมพร
15.30 – 17.30 น.	เสนาพิเศษ “Demonstration of Local Optimization and Business Model Development of 100 KW Wind Turbine in Thailand” By Seoltech Co, Ltd Kangwon National University Renewable Energy for Community Association
18.00 น.	งานเลี้ยงต้อนรับ

วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565

เวลา	กิจกรรม
08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียน ณ ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ จังหวัดชุมพร
09.00 – 09.15 น.	พิธีเปิดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 **“พลังงานเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน”** กล่าวต้อนรับ โดย - กล่าวต้อนรับ โดย อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ **(รศ.ดร.ณฐพงศ์ จิตรนิรัตน์)** - กล่าวต้อนรับ โดย ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **(รศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)** - กล่าวรายงาน โดย นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **(ดร.อำพล อาภาธนากร)**
09.30 – 09.50 น.	กล่าวเปิดงาน และ ปาฐกถาพิเศษ หัวข้อ **“สิทธิการเข้าถึงบริการไฟฟ้าในครัวเรือน”** โดย **รองศาสตรจารย์ ดร.อิสสรีย์ หรรษาจรูญโรจน์** ผู้ตรวจการแผ่นดิน
09.50 – 10.00 น.	มอบโล่ที่ระลึกแก่ผู้สนับสนุนการจัดงาน ถ่ายรูปร่วมกัน ดำเนินรายการ โดย **ดร.บัณฑิต ทองสงฆ์** **นางสาวชนาธิป แก้วทอง**

10.30 – 11.30 น.	เสวนาพิเศษ **“ทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของไทย”** โดย **ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช** เมธีวิจัยอาวุโส มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **รองศาสตรจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์** ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน ดำเนินรายการ โดย **ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร** กรรมการ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
11.30 – 12.30 น.	เสวนาพิเศษ **“บริบทพื้นที่กับชุมชนพลังงานจะยั่งยืนได้อย่างไร”** โดย **นายประวิทย์ นิลวิเชียร** ปราชญ์พลังงานชุมชน “Mr. Charcoal: อหิงสาชราไฟบิน” จังหวัดภูเก็ต **นายโกศล แสงทอง** องค์การบริหารส่วนตำบลป่าเด็ง เครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ “คนบันดาลไฟ: ป่าเด็งโมเดล” จังหวัดเพชรบุรี **นายวสันต์ ตรชัย** องค์การบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว “นักพัฒนาแห่งท่ามะนาว” จังหวัดลพบุรี **นายอติวิชญ์ นิลทะรัตน์** เครือข่ายวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง “คนเลี้ยงผึ้ง: ชันโรงบางแก้ว” จังหวัดพัทลุง **ดร.มนตรี ชาลีเครือ** ที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน “พ่อเมืองพลังงานชุมชน” จังหวัดชัยภูมิ ดำเนินรายการ โดย **ดร.อำพล อาภาธนากร** นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
12.30 – 13.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
	นำเสนอผลงานวิชาการและวิจัย
13.00 – 17.30 น.	ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1) / ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 2) / ห้องเกาะสมุย
	1. นวัตกรรมด้านพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่ 2. พลังงานเพื่อการเกษตร 3. สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน 4. พลังงานเพื่อชุมชน 5. การบริหารจัดการพลังงานชุมชน 6. โครงการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีในการจัดการขยะชุมชนโดยใช้ระบบก๊าซชีวภาพและเตาเผาขยะลดมลพิษ 7. Internal Conference on Renewable Energy based on University Exchange Project
18.00 น. 19.00 – 21.00 น.	รับประทานอาหารเย็น (งานเลี้ยง) พิธีกล่าวขอบคุณและมอบรางวัลต่างๆ โดย **รองศาสตรจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์** ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน **ดร.อำพล อาภาธนากร** นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565

เวลา	กิจกรรม
09.00 – 12.00 น.	**นำเสนอผลงานวิชาการ**
	ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1) / ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 2) / ห้องเกาะสมุย
	1. นวัตกรรมด้านพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่ 2. พลังงานเพื่อการเกษตร 3. สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน 4. พลังงานเพื่อชุมชน 5. การบริหารจัดการพลังงานชุมชน
12.00 น.	พิธีปิด

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน”			
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1)” ช่วงที่ 1			Chair : ผศ.ดร.ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร Co-chair : ดร.ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ
1	13.30 – 13.45 น.	E01-202209160014	การวิเคราะห์ช่องว่างเพื่อพัฒนากรอบการวิจัยห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์มในประเทศไทย
2	13.45 – 14.00 น.	E02-202209050003	ศักยภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการวิจัยพลังงานชุมชนในตำบลท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
3	14.00 – 14.15 น.	E03-202209140005	การจัดการขยะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะพื้นที่จังหวัดนนทบุรี
4	14.15 – 14.30 น.	E04-202207290001	การพัฒนาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น PM2.5 ด้วยเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตขนาดเล็ก ด้วยการปรับระยะห่างของลวดโคโรนาที่เหมาะสม
5	14.30 – 14.45 น.	E05-202209060004	วิเคราะห์แนวโน้มตลาดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่ เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่
6	14.45 – 15.00 น.	E06-202208190001	การคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ที่สนใจใน SGtech
7	15.00 – 15.15 น.	E07-202209060006	แผ่นคอมโพสิตผนังอาคารจากก้านดอกทานตะวัน
8	15.15 – 15.30 น.	E08-202209150011	การพัฒนากระถางชีวภาพจากมูลช้าง
	15.30 – 15.45 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1)” ช่วงที่ 2			Chair : ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ Co-chair : ผศ.ดร.พงศกร คชาพงศ์กุล
9	15.45 – 16.00 น.	E09-202209060005	การวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล
10	16.00 - 16.15 น.	E10-202208300003	ถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารในครัวเรือนระบบเติมอากาศ
11	16.15 – 16.30 น.	E11-202209130006	การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
12	16.30 – 16.45 น.	E12-202208150005	การตรวจสอบสมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส
13	16.45 - 17.00 น.	E13-202209150023	การศึกษาศักยภาพของผลสำโรงสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล
14	17.00 – 17.15 น.	A01-202207220001	การวิเคราะห์การผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ ที่มีปั๊มความร้อนเสริมร่วมกับโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับหอพักมหาวิทยาลัย
15	17.17 – 17.30 น.	A02-202209140001	การประหยัดพลังงานในการผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับโมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “พลังงานเพื่อการเกษตร”			
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1)” ช่วงที่ 1			Chair : ดร.มณีรัตน์ เหมือนขาว Co-chair : ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม
1	9.00 – 9.15 น.	C01-202207150005	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลา สำหรับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่แตกต่างกัน 3 แบบ ในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร
2	9.15 – 9.30 น.	C02-202209120003	ผลกระทบของความชื้นเชื้อเพลิงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการแห้งตัวของยางแผ่นในห้องรมควันแบบพาความร้อนเชิงบังคับ
3	9.30 - 9.45 น.	C03-202209150008	การประเมินศักยภาพการผลิตเอทานอลโดยใช้วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย
4	9.45 – 10.00 น.	C04-202209080001	การศึกษาการกำจัดยางเหนียวในน้ำมันปาล์มดิบโดยการใช้สารสกัดจากเคี่ยม (Cotylelobium melanoxylon syn. C. lanceolatum)
5	10.00 – 10.15 น.	C05-202209150007	การพัฒนาระบบควบแน่นภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยของน้ำสำหรับการอบแห้ง
	10.15 – 10.30 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 1)” ช่วงที่ 2			Chair : รศ.ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล Co-chair : ดร.มณีรัตน์ เหมือนขาว
6	10.30 – 10.45 น.	C06-202208150017	การพัฒนาระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืช
7	10.45 – 11.00 น.	C07-202208150018	การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa
8	11.00 – 11.15 น.	C08- 202208160004	การศึกษาและเปรียบเทียบระบบพลังงานทดแทนเพื่อควบคุมโรงเลี้ยงไก่ไข่ขนาดเล็กชนิดสมดุลอุณหภูมิในระบบควบคุมแบบย้อนกลับและไม่สมดุลอุณหภูมิ
9	11.15 – 11.30 น.	C09- 202208160006	ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดผ่านเครือข่ายสัญญาณ LoRa
10	11.30 – 12.00 น.	C10- 202209030003	การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “นวัตกรรมด้านพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่”			
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ย่อย 2)” ช่วงที่ 1			Chair : ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม Co-chair : ดร.มณีรัตน์ เหมือนขาว
1	13.30 – 13.45 น.	B01-202209150019	การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพน้ำโดยใช้พลังงานต่ำแบบทุ่นลอยน้ำ
2	13.45 – 14.00 น.	B02- 202209140007	การเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิตการอบข้าวแต๋นด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานร่วมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนใน
3	14.00 – 14.15 น.	B03- 202207150006	เทคโนโลยีนวัตกรรมประหยัดพลังงานแบบใหม่โดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจ้าระคายตา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหลอด HID
4	14.15 – 14.30 น.	B04- 202209140008	ตู้อบเสื้อผ้าวินเทจด้วยแสงหลอดไฟ UVC
5	14.30 – 14.45 น.	B06- 202208150004	การผลิต 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (HMF) จากซังข้าวโพดโดยการใช้กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟิวริกร่วมกับสารละลายอะซีโตไนไตรล์
6	14.45 – 15.00 น.	B07- 202209140009	เครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์
7	15.05 – 15.15 น.	B08-202209150015	การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับกระบวนการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยการติดตามผลผ่านแพลตฟอร์ม กรณีศึกษา: ห้องอบแห้งเมล็ดกาแฟของ บริษัท ม่อนมาตุภูมิ จำกัด
8	15.15 – 15.30 น.	B09-202209120001	การจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะด้วยการเลื่อนโหลดโดยใช้เทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา
	15.30 – 15.45 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ย่อย 2)” ช่วงที่ 2			Chair : ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี Co-chair : ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ
9	15.45 – 16.00 น.	B10-202209140003	ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
10	16.00 - 16.15 น.	B11-202209140006	ระบบรายงานสภาพน้ำและควบคุมอุณหภูมิในตู้ปลาด้วยแผ่นเพลเทียร์ผ่านแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟน
11	16.15 – 16.30 น.	B12-202209160001	การหาตำแหน่งเหมาะสมของกังหันลมที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุดสำหรับฟาร์มกังหันลมในภูมิประเทศแบบสลับซับซ้อนด้วยขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด
12	16.30 – 16.45 น.	B13-202209160012	การพยากรณ์กำลังการผลิตโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก : กรณีศึกษาระบบผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำขนาด 1.5 MWp
13	16.45 – 17.00 น.	B14-202209070001	การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน
14	17.00 – 17.15 น.	D01-202208030001	การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วผ่านการไพโรไลซิสด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไหลต่อเนื่องสองขั้นตอน
15	17.15 – 17.30 น.	D17-202208110003	การนำชีวมวลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ด เผาไหม้ร่วมเชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ (Biomass Co-Firing) โรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 12-13

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “การบริหารจัดการพลังงานชุมชน”			
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 2)”			Chair : ผศ.ดร.พงศกร คชาพงศ์กุล Co-chair : ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ
1	9.00 – 9.15 น.	A03-202209060002	ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล ในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง
2	9.15 – 9.30 น.	A04-202209150016	การจัดการพลังงานในธุรกิจขนาดเล็กตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน BCG Model กรณีศึกษา: บริษัท ลพบุรีพาวเวอร์ชีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่
3	9.30 - 9.45 น.	A05-202209050007	การประเมินสมรรถนะเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและต้นทุนการผลิตถ่านจากทะลายปาล์ม
4	9.45 – 10.00 น.	A06-202209120002	การวิเคราะห์ภาระโหลดเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษาในอาคารควบคุมทางด้านพลังงานประเภทโรงพยาบาล
5	10.00 – 10.15 น.	B14-202208110002	Economic assessment of a Photovoltaic Aided Combined Cycle Power Plant
	10.15 – 10.30 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะเต่าแกรนด์บอลรูม (ห้องย่อย 2)” ช่วงที่ 2			Chair : ผศ.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร Co-chair : ผศ.ดร.พงศกร คชาพงศ์กุล
6	10.30 – 10.45 น.	D02-202209060003	การส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
7	10.45 – 11.00 น.	D03-202209100001	Sustainable Energy Development of Small and Medium Hydro Resources for Electricity Generation in Thailand: The Cases in Chiang Mai Province
8	11.00 – 11.15 น.	D04-202209070002	เทคโนโลยีการแปลงขยะอินทรีย์สำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และการประยุกต์ใช้กับชุมชน
9	11.15 – 11.30 น.	D05-202209150020	การศึกษาเปรียบเทียบการล้างทำความสะอาดฝุ่นเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต : กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ
10	11.30 – 11. 45 น.	D06-202209150003	การเปรียบเทียบการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของหลังคาเหล็กเคลือบสีที่แตกต่างกันเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร
11	11.45 – 12.00 น.	D07-202207180003	ผลของแคลเซียมต่อการผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “International Conference on Renewable Energy based on University Exchange Project”			
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะสมุย” ช่วงที่ 1			Chair : Assoc. Prof. Dr. Wirachai Roynarin Co-chair : Asst. Prof. Dr. Jakkree Srinonchat
1	13.30 – 13.45 น.	S01-202208080001	How to Demonstration of Local Optimization and Business Model Development of 100 KW Wind Turbine in Thailand
2	13.45 – 14.00 น.	B05-202208130001	Evaluation of the Potential of Solar Rooftop Power Generation Based on the Impact of Installation Height
3	14.00 – 14.15 น.	D12-202208150010	Studying and Analyzing of oxygen air compress system for Aquaculture using Energy from PV Floating
4	14.15 – 14.30 น.	D20-202208160013	Design and test of a 5 kw air compressor wind turbine
5	14.30 – 14.45 น.	K01-202208080001	Experimental Validation of Active Induction Control using Scaled Wind Turbine
6	14.45 – 15.00 น.	K02-202208080002	Analysis of Terrain Effect on Wind Turbine Power Using CFD Program
7	15.00 - 15.15 น.	K03-202208080003	Design and Validation of Supervisory Control Algorithm for Wind Turbine through HILS
8	15.15 - 15.30 น.	K04-202208080004	Analysis of Wind Farms on Complex Terrain in Korea
9	15.30 - 15.45 น.	K05-202208080005	Design and Validation of Power Controller for VSFP Wind Turbines
10	15.45 - 16.00 น.	S02-202208080002	AI Applications on Robotic and Energy Monitoring
	16.00 – 16.15 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันศุกร์ที่ 28 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะสมุย” ช่วงที่ 2			Chair : ดร.อำพล อาภาธนากร รศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ Co-chair : ผศ.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร
11	16.15 -17.30	KM001	โครงการถ่ายทอดความรู้เทคโนดลยีในการจัดการขยะชุมชนโดยใช้ระบบก๊าซชีวภาพและเตาเผาขยะลดมลพิษ โดย คุณโกศล แสงทอง องค์การบริหารส่วนตำบลป่าเต็ง เครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ “คนบันดาลไฟซ ป่าเต็งโมเดล” จังหวัดเพชรบุรี

ตารางการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 15 วันที่ 27-29 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรมโนโวเทล ชุมพร บีช รีสอร์ท แอนด์ กอล์ฟ (15th Thailand Renewable Energy for Community Conference)

หัวข้อวิจัยและบทความ “พลังงานเพื่อชุมชน”			
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะสมุย” ช่วงที่ 1			Chair : ดร.ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ Co-chair : ผศ.ดร.ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร
1	9.00 – 9.15 น.	D08-202209150005	การศึกษาคุณภาพถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่โดยเตาเผาถ่านรุ่นมังกรขาว
2	9.15 – 9.30 น.	D09-202209060001	การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกาบปาล์มสาคู
3	9.30 - 9.45 น.	D10-202208010001	การประเมินสมรรถนะเตาชีวมวลที่เหมาะสมสำหรับการใช้ถ่านอัดแท่งและเศษไม้เป็นเชื้อเพลิง
4	9.45 – 10.00 น.	D11-202209140004	การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่ไม่ใช้งานเพื่อเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส
5	10.00 – 10.15 น.	D13-202209150006	การพัฒนาระบบเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศแบบร่วมโดยใช้การทำความเย็น
	10.15 – 10.30 น.	**พักเบรก 15 นาที**	
วันเสาร์ที่ 29 ตุลาคม 2565 “ห้องเกาะสมุย” ช่วงที่ 2			Chair : รศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ Co-chair : ดร.ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ
6	10.30 – 10.45 น.	D14-202209150010	การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน
7	10.45 – 11.00 น.	D15-202208150015	ผลของรูปแบบท่อทางเข้าอากาศที่มีต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ของเตาฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์
8	11.00 – 11.15 น.	D16-202209150004	การอบแห้งผัดกะเพราปลาด้วยเครื่องอบแห้งจากการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก
9	11.15 – 11.30 น.	D18-202208150003	สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำชะผสมจากมูลช้างผสมมูลวัวโดยการใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการหมักแบบกะ
10	11.30 – 11. 45 น.	D19-202208160001	การวิเคราะห์สูญเสียความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวที่หุ้มฉนวนความร้อนด้วยอากาศโดยใช้โปรแกรมแบบจำลอง 2 มิติ
11	11.45 – 12.00 น.	D21-202208240001	การศึกษาการผลิตถ่านไบโอชาร์แบบถังแนวตั้งขนาด 200 ลิตร

สถาบันพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

สารบัญ

หน้า

สารจากผู้ตรวจการแผ่นดิน ก
สารอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ข
สารอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ค
สารอธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ ง
สารประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย จ
สารนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ฉ
คณะกรรมการที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ช
คณะกรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซ
คณะกรรมการพิจารณาบทความ ฌ
คณะกรรมการด้านการเงิน ญ
ตารางนำเสนอ ฏ
สารบัญ
รหัสบทความ A01-202207220001 2
การวิเคราะห์การผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ ที่มีปั๊มความร้อนเสริมร่วมกับโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับหอพักมหาวิทยาลัย
ธนกฤต ตื้อยศ ยศสรัล ลาดปาละ สัณหณัฐ ธินิศิริ อรรถกร อาสนคำ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
รหัสบทความ A02-202209140001 3
การประหยัดพลังงานในการผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับโมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน
กรกช อุตมะ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ณัฐ วรยศ และ ธรณิศวร์ ดีทายาท
รหัสบทความ A03-202208030003 10
ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล ในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง
วาสนา คำโอภาส ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ธรณิศวร์ ดีทายาท อรรถกร อาสนคำ และ เหนือพล ดวงเบี้ย
รหัสบทความ A04-202208160003 11
การจัดการพลังงานในธุรกิจขนาดเล็กตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน BCG Model กรณีศึกษา: บริษัท ลพบุรีพาวเวอร์ซีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่
ปรีชา ศรีประภาคาร ไพฑูรย์ เหล่าดี และ จักรพรรณ คงธนะ
รหัสบทความ A05-202208190006 12
การประเมินสมรรถนะเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและต้นทุนการผลิตถ่านจากทะลายปาล์ม
อิศเรศ สายปัญญา นิกราน หอมดวง เจนจิรา อุตเรือน กิตติกร สาสุจิตต์ และ ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล
รหัสบทความ A06-202208110001 21
การวิเคราะห์ภาระโหลดเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ กรณีศึกษาในอาคารควบคุมทางด้านพลังงานประเภทโรงพยาบาล
สุรศักดิ์ แก้วจันทรา พงศกร คชาพงศ์กุล และ โกมล บัวเกตุ
รหัสบทความ B01-202207130001 33
การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพน้ำโดยใช้พลังงานต่ำแบบทุ่นลอยน้ำ
สัญชัย สุวรรณศรี ทศพล แก้วรากมุข และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร
รหัสบทความ B02-202208160008 34
การเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตการอบข้าวแต๋นด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานร่วมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนใน
ภาคิณ มณีโชติ ภูวดินทร์ ปรีเปรม ศุภโชค วงษ์เวียง คัทลียา ปัญญาอูด วาสนา มณีโชติและเทพ เกื้อทวีกุล

สารบัญ

หน้า

รหัสบทความ B03-202207150006 35
เทคโนโลยีนวัตกรรมประหยัดพลังงานแบบใหม่โดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ในระบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจ้าระคายตา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหลอด HID
ทรงพล รอดทอง ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม และ ไชยวรุฒ จันทร์อุดร
รหัสบทความ B04-202208160009 44
ตู้อบเสื้อผ้าวินเทจด้วยแสงหลอดไฟ UVC
ภาคิณ มณีโชติ ปวิตร อุ่นสนิท ศิริมงคล มะยมหิน และเทพ เกื้อทวีกุล
รหัสบทความ B05-202208130001 45
การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจากผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้ง
สุเทพ สีมาลา วิรชัย โรยนรินทร์ ธนยศ คิดเมตตากุล และปพน งามประเสริฐ
รหัสบทความ B06-202208150004 46
การผลิต 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (HMF) จากซังข้าวโพดโดยการใช้กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟิวริกร่วมกับสารละลายอะซิโตไนไตรล์
ธันพงศ์ รัตตัญญู จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ และเก้ากันยา สุดประเสริฐ
รหัสบทความ B07-202208190005 51
เครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์
ภาคิณ มณีโชติ อัครเดช พันพิพัฒน์ ปกรณ์กฤช สนใจ จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม และเทพ เกื้อทวีกุล
รหัสบทความ B08-202208160002 52
การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับกระบวนการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยการติดตามผลผ่านแพลตฟอร์ม กรณีศึกษา: ห้องอบแห้งเมล็ดกาแฟของ บริษัท ม่อนมาตุภูมิ จำกัด
จักรพรรณ คงธนะ ไพฑูรย์ เหล่าดี และปรีชา ศรีประภาคาร
รหัสบทความ B09-202209120001 53
การจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะด้วยการเลื่อนโหลดโดยใช้เทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา
วรัญญู สารพันธ์ นนฐ์ทกร บุญรักชาติ ธีระพงษ์ บุญรักษา พรมพักตร์ บุญรักษา และบุญเรือง มะรังศรี
รหัสบทความ B10-202208200001 61
ระบบตรวจสอบแบตเตอร์รี่โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
เกียรติศักดิ์ ปิ่นมณี สัญญา พรหมภาสิต และ รุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา
รหัสบทความ B11-202208230001 62
ระบบรายงานสภาพน้ำและควบคุมอุณหภูมิในตู้ปลาด้วยแผ่นเพลเทียร์ผ่านแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟน
อัษฎางค์ บุญศรี มณฑล มีโพธิ์ ชลิตา แจ่มจันทร์ และ เทพ เกื้อทวีกุล
รหัสบทความ B12-202208280001 63
การหาตำแหน่งเหมาะสมของกังหันลมที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุดสำหรับฟาร์มกังหันลมในภูมิประเทศแบบสลับซับซ้อนด้วยขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด
พงษ์ศักดิ์ มะขามป้อม จอมภพ แววศักดิ์ ชนะ จันทร์ฉ่ำ และสมพล ชีวมงคลกานต์
รหัสบทความ B13-202209160012 64
การพยากรณ์กำลังการผลิตโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก : กรณีศึกษาระบบผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำขนาด 1.5 MWp
นนธวัช โคตรศรีวงษ์ ธีระพงษ์ บุญรักษา พรมพักตร์ บุญรักษา ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์ อัษฎา บุญศรีรัตน์ และบุญเรือง มะรังศรี

รหัสบทความ B14-202208110002 74
Economic assessment of a Photovoltaic-Aided Combined Cycle Power Plant
Klahan Suksawai and Pongsakorn Kachapongkun
รหัสบทความ C01-202207150005 76
การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลา สำหรับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่แตกต่างกัน 3 แบบ ในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร
กิติศักดิ์ ผึ้งทอง และ อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์
รหัสบทความ C02-202207190001 83
ผลกระทบของความชื้นเชื้อเพลิงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการแห้งตัวของยางแผ่นในห้องรมควันแบบพาความร้อนเชิงบังคับ
เป็นหนึ่ง อินทรรักษ์ พีระพงศ์ ทีฆสกุล และ ระชา เดชชาญชัยวงศ์
รหัสบทความ C03-202208120001 88
การประมาณศักยภาพการผลิตเอทานอลที่เกิดจากวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย
รุ่งนภา ตุรงค์เรือง ณัฐต์ณิชา สุขเกษม พัชรี อินธนู และธเนศ ไชยชนะ
รหัสบทความ C04-202209070003 89
การศึกษาการกำจัดยางเหนียวในน้ำมันปาล์มดิบโดยการใช้สารสกัดจากเคี่ยม (Cotylelobium melanoxylon syn. C. lanceolatum)
วิชชุดา เอื้ออารี และ อุทัยวรรณ ศรีวิชัย
รหัสบทความ C05-202208160010 90
การพัฒนาระบบควบแน่นภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยของน้ำสำหรับการอบแห้ง
ปรีชา ชีวสันติกานต์ พิสิษฏ์ มณีโชติ และธวัช สุริวงษ์
รหัสบทความ C06-202208150017 96
การพัฒนาระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืช
พันธ์ลพ สินธุยา วันวิเศษ อภิชาติ นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์ วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี อัตถ์ อัจฉริยมนตรี ทิตา สุนทรวิภาต และ หทัยทิพย์ สินธุยา
รหัสบทความ C07-202208150018 102
การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa
วันวิเศษ อภิชาติ พันธ์ลพ สินธุยา ทิตา สุนทรวิภาต หทัยทิพย์ สินธุยา นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์ วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี และ อัตถ์ อัจฉริยมนตรี
รหัสบทความ C08-202208160004 108
การศึกษาและเปรียบเทียบระบบพลังงานทดแทนเพื่อควบคุมโรงเลี้ยงไก่ไข่ขนาดเล็กชนิดสมดุลอุณหภูมิในระบบควบคุมแบบย้อนกลับและไม่สมดุลอุณหภูมิ
สุขใจ พรมประสานสุข ปริญญา มากสืบมี พีรัชชัย กระจ่างสด สุริพงษ์ ไทยเจริญ และ อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ
รหัสบทความ C09- 202208160006 118
ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดผ่านเครือข่ายสัญญาณ LoRa
นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์ พันธ์ลพ สินธุยา วันวิเศษ อภิชาติ หทัยทิพย์ สินธุยา วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ นิราภรณ์ ชัยวัง และ นครินทร์ พริบไหว
รหัสบทความ C10-202209030003 123
การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์
รัตนไพบูลย์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี นิกราน หอมดวง กิตติกร สาสุจิตต์ ศิรินุช จินดารักษ์ Nobutaka Ito ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และ จิราภรณ์ แก้วเดียว

สารบัญ

หน้า

รหัสบทความ D01-202208030001 130
การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วผ่านการไพโรไลซิสด้วยความร้อน และตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไหลต่อเนื่องสองขั้นตอน
รัชชานนท์ สิทธิวงค์ ธรณิศวร์ ดีทายาท และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

รหัสบทความ D02-202208150006 131
การส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี ทิพารัตน์ สหตรงจิตร และ ลักขณา พันธุ์แสนศรี

รหัสบทความ D03-202204190001 137
Sustainable Energy Development of Small and Medium Hydro Resources for Electricity Generation in Thailand: The Cases in Chiang Mai Province
Prachuab Peerapong

รหัสบทความ D04-202207140001 146
เทคโนโลยีการแปลงขยะอินทรีย์สำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และการประยุกต์ใช้กับชุมชน
ดวงกมล เรือนงาม ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ และ กิตติศักดิ์ คู่วรัญญู

รหัสบทความ D05-202207150003 153
การศึกษาเปรียบเทียบการล้างทำความสะอาดฝุ่นเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต : กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ
บัณฑิตย์ รู้หลัก และ ชานนท์ บุญมีพิพิธ

รหัสบทความ D06-202209150001 161
การเปรียบเทียบการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของหลังคาเหล็กเคลือบสีที่แตกต่างกันเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร
เจนจิรา อยู่เจริญ และ ชานนท์ บุญมีพิพิธ

รหัสบทความ D07-202209200003 167
ผลของแคลเซียมต่อการผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ
นุชนาฏ ช่วยศรีนวล มณีรัตน์ เข็มขาว และ วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์

รหัสบทความ D08-202208190004 173
การศึกษาคุณภาพถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่โดยเตาเผาถ่านรุ่นมังกรขาว
ซุลกีฟลี กะดอง ฮากีม ยาตี อีลีหย๊ะ สนิโซ และพิสิษฏ์ มณีโชติ

รหัสบทความ D09-20220906001 174
การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคู
พัชรี อินธนู และ สิรินยา ใสเอ้ย

รหัสบทความ D10-202208010001 181
การประเมินสมรรถนะเตาชีวมวลที่เหมาะสมสำหรับการใช้ถ่านอัดแท่งและเศษไม้เป็นเชื้อเพลิง
นิกราน หอมดวง เจนจิรา อุตเรือน กิตติกร สาสุจิตต์ สุรพล ริยะนา และพันธวัฒน์ ไชยวรรณ

รหัสบทความ D11-202208130002 182
การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่ไม่ใช้งานเพื่อเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส
นพดล พริ้งสกุล ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ และ รัฐศักดิ์ พรหมมาศ

รหัสบทความ D12-02208150010 183
การศึกษาและวิเคราะห์ระบบอัดอากาศเพื่อเติมออกซิเจนสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดทุ่นลอยน้ำ
สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์ วิรชัย โรยนรินทร์ วรเชษฐ์ แสงสีดา นิมา อาซารี และ สุเทพ สีมาลา

สารบัญ

หน้า

รหัสบทความ D13-202208150013 184
การพัฒนาระบบเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น
เสฏฐวุฒิ ปินตา รณชาติ มั่นศิลป์ นาวี นันต๊ะภาพ ประชา ยืนยงกุล สุรพิน พรมแดน จิรศักดิ์ ปัญญา ธวัชชัย อุ่นใจจม สมเกียรติ วงษ์พานิช อัฐนันต์ วรรณชัย นัฐพร ไชยญาติ อบ นิลผาย ประทาน ศรีชัย ธัชพล จุ้งเจริญ และ ณัฐพงศ์ รัตนเดช

รหัสบทความ D14-202208150014 191
การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน
จารุมาศ รักทองหล่อ สมมาตร สุบรรณวงศ์ และ วิทูรย์ ชิงถ้วยทอง

รหัสบทความ D15-202209200007 198
ผลของรูปแบบท่อทางเข้าอากาศที่มีต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงของเตาฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์
จตุพร อินสุวรรณโณ วสุ สุขสุวรรณ และ มักตาร์ แวหะยี

รหัสบทความ D16-202208190002 199
การอบแห้งผัดกะเพราปลาด้วยเครื่องอบแห้งจากการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก
ซาฟีรา หะยียูนุ นุรฮีซาตีย์ โฉมอุภัย อีลีหย๊ะ สนิโซ และพิสิษฏ์ มณีโชติ

รหัสบทความ D17-202208110003 200
การนำชีวมวลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ด เผาไหม้ร่วมเชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ (Biomass Co-Firing) โรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 12-13
เกษศิรินทร์ แปงเสน ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง และฐิติพร สุภาษี

รหัสบทความ D18-202208150003 201
สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำชะผสมจากมูลช้างผสมมูลวัวโดยการใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการหมักแบบกะ
อัญชลี มาสะอาด พันธ์ลพ สินธุยา ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท และหทัยทิพย์ สินธุยา

รหัสบทความ D19-202208160001 206
การวิเคราะห์สูญเสียความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวที่หุ้มฉนวนความร้อนด้วยอากาศโดยใช้โปรแกรมแบบจำลอง 2 มิติ
กิตติธัช ยินเยื้อน และ วิกร ธนรัตฉัตร

รหัสบทความ D20-202208160013 213
การออกแบบและทดสอบกังหันลมอัดอากาศขนาด 5 kw
วรเชษฐ์ แสงสีดา วิรชัย โรยนรินทร์ ไววิทย์ อุทัยเฉลิม สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์

รหัสบทความ D21-202208240001 214
การศึกษาการผลิตถ่านไบโอชาร์แบบถังแนวตั้งขนาด 200 ลิตร
วรเชษฐ์ แสงสีดา ณัฐวุฒิ ทองหล่อ พงษ์ภูไท อุดมอริยทรัพย์ ภานุวัฒน์ ขันอาษา และธนกฤต ขันชัย

รหัสบทความ E01-202206120001 216
การวิเคราะห์ช่องว่างเพื่อพัฒนากรอบการวิจัยห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์มในประเทศไทย
ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร ปราการ วีรกุล ชัยพร สีขาว ณัฐพงศ์ ตันติวิวัฒนพันธ์ และพิรพรรณ พลบุรี

รหัสบทความ E02-202207150007 223
ศักยภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการวิจัยพลังงานชุมชนในตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี
ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ วสันต์ ดรชัย พิสิษฏ์ มณีโชติ บงกช ประสิทธิ์ ประพิธาริ์ ธนารักษ์ พัชรินทร์ เยาวรัตน์ วิกานต์ วันสูงเนิน สาธิต บรรทึก ศรัณย์ อ่อนสมบูรณ์ อันธิกา เพชรี สุรนาท แซ่ย่าง ธีระพล ปานโพธิ์ และ ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ

สารบัญ

หน้า
รหัสบทความ E03-202207180002 233
การจัดการขยะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะพื้นที่จังหวัดนนทบุรี
อุดร ระโหฐาน และ ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ
รหัสบทความ E04-202207290001 234
การพัฒนาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น PM2.5 ด้วยเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตขนาดเล็ก ด้วยการปรับระยะห่างของลวดโคโรนาที่เหมาะสม
รุ่งโรจน์ สุมารัตน์ และ ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร
รหัสบทความ E05-202208150007 240
วิเคราะห์แนวโน้มตลาดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่
ลักขณา พันธุ์แสนศรี ทิพารัตน์ สหตรงจิตร และ ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี
รหัสบทความ E06-202208190001 246
การคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ที่สนใจใน SGtech
อานีสา มูเซะ ธีรภัทร์ จินาสา กัญญารัตน์ วรรณาพัฒน์ อีลีหย๊ะ สนิโซ ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล อัญชิษฐา ปราสาททรัพย์ และ พิสิษฏ์ มณีโชติ
รหัสบทความ E07-202208150011 247
แผ่นคอมโพสิตผนังอาคารจากก้านดอกทานตะวัน
วรางคณา นิ่มเจริญ มณีรัตน์ เข็มขาว และ ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย
รหัสบทความ E08-202208160007 248
การพัฒนากระถางชีวภาพจากมูลช้าง
ฐิติพร อ่อนละมุน หทัยทิพย์ สินธุยา และ พันธ์ลพ สินธุยา
รหัสบทความ E09-202208160011 257
การวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล
ทิพารัตน์ สหตรงจิตร ลักขณา พันธุ์แสนศรี และธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี
รหัสบทความ E10-202208300003 263
ถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารในครัวเรือนระบบเติมอากาศ
แสนวสันต์ ยอดคำ ธนวัฒน์ งอนจัตุรัส ธันวา สระสม สุรัตน์ แม้นพ่วง ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร และปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
รหัสบทความ E11-202208180001 264
การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา พิสิษฏ์ มณีโชติ ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และธนพล แสงสุวรรณ
รหัสบทความ E12-202208150005 269
การตรวจสอบสมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส
ศศิประภา แก้วแดง วิยงค์ กังวานศุภมงคล กนิษฐา บุญภาวาณิชกุล สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี และหทัยทิพย์ สินธุยา
รหัสบทความ E13-202209150023 274
การศึกษาศักยภาพของผลสำโรงสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล
ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล สุภกร บุญยืน ภัทราวดี โชติจำลอง และปวีณสุดา ยงเพชร
รหัสบทความ B15-202208170001 275
การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน
ศุภวัฒน์ คำทิพย์ ไววิทย์ อุทัยเฉลิม กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ และ วิรชัย โรยนรินทร์
ผู้สนับสนุน 281



การบริหารจัดการพลังงานชุมชน

หมายเหตุ : บทความที่มีเฉพาะบทคัดย่อเป็นบทความที่ได้รับการพิจารณาเพื่อดำเนินการต่อไปในส่วนของวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

การวิเคราะห์การผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ ที่มีปั๊มความร้อนเสริมร่วมกับโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับหอพักมหาวิทยาลัย

Analysis of Solar Hot Water Production by Evacuated-Tube Solar Collector Having Assisted Heat Pump with Solar Cell Module for University Dormitory

ธนกฤต ตื้อยศ[1] ยศสรัล ลาดปาละ[1] สัณหณัฐ ธินิศิริ[1] อรรถกร อาสนคำ[1*] และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Email: at.kham88@gmail.com

บทคัดย่อ

งานนี้เป็นการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่มีปั๊มความร้อนเสริมและมีระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ป้อนให้กับระบบ โดยทำการเปรียบเทียบกับระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่มีปั๊มความร้อนเสริม ที่มีใช้อยู่เดิม ในอาคารหอพัก 5 ชาย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ที่มีผู้พักอาศัยจำนวน 504 คน โดยทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบที่ความสามารถในการผลิตน้ำร้อนที่เท่ากัน โดยจะพิจารณาจากความต้องการใช้น้ำร้อนของนักศึกษาในหอพัก ที่มีการอาบน้ำทั้งเช้าและเย็น ที่อุณหภูมิอาบน้ำ 35 °C อาบคนละ 50 L เป็นเวลา 13 นาที จากการผลการคำนวณพบว่า ระบบระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีปั๊มความร้อนเสริม ในกรณีการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่วมกับปั๊มความร้อน และในกรณีใช้ตัวเก็บรังสีแบบท่อสุญญากาศร่วมกับปั๊มความร้อน จะต้องใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เท่ากับ 147 แผง และ 60 แผง ตามลำดับ โดยใช้ปั๊มความร้อนขนาดเท่ากันคือ 10 kW_{th} และเมื่อทำการพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของระบบทั้งสอง เปรียบเทียบกับการใช้ขดลวดไฟฟ้าทำน้ำร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่น (ระยะเวลาโครงการ 20 ปี อัตราลด 6% ต่อปี ค่าไฟฟ้า 4 บาท/kWh) จะได้ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 8.41 ปี และ 7.69 ปี ตามลำดับ เมื่อนำระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่มีปั๊มความร้อนเสริม มาติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 400 W_p จำนวน 25 โมดูล เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ขนาด 12 kW ทำให้เกิดระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด เท่ากับ 7.12 ปี และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งได้ถึง 73.45 %

คำสำคัญ: ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงงานแสงอาทิตย์, ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ, ปั๊มความร้อนเสริม, โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์, หอพักมหาวิทยาลัย

การประหยัดพลังงานในการผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับโมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน

Energy Saving for Solar Hot Water Production with Photovoltaic/Thermal Assisted Heat Pump

กรกช อุตมะ[1], ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[2*], ณัฐ วรยศ[2], ธรณิศวร์ ดีทายาท[2]

[1] สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50200

[2] ห้องปฏิบัติการระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50200

E-mail: tanongkiat_k@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาศักยภาพในการผลิตน้ำร้อนของปั๊มความร้อนแบบอัดไอ ทำงานร่วมกับโมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน(พีวี/ที) โดยปั๊มความร้อน จะมีความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดที่ 3,000 วัตต์ ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากโมดูลพีวี/ที ที่แต่ละโมดูลสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด 200 วัตต์ และมีพื้นที่รับรังสี 1.326 ม^2 และ โดยมีการต่อขนานกัน จำนวน 6-12 โมดูล เพื่อผลิตน้ำร้อนในถังขนาด 500 ลิตร ให้มีอุณหภูมิน้ำสูงสุดในแต่ละวันไม่ต่ำกว่า 60 °C และสมมุติว่ามีการใช้น้ำร้อนทั้งหมดในตอนกลางคืน การศึกษาจะพิจารณา ปริมาณพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมดูลพีวี/ที พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งที่สามารถประหยัดได้เทียบกับระบบทำน้ำร้อนทั่วไปที่ใช้ลวดไฟฟ้าและใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของเชียงใหม่พบว่า ค่าอัตราส่วนความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้มีค่าประมาณ 3.2 ถึง 2 ตามจำนวนโมดูลจาก 6 ถึง 12 และพบว่าเมื่อจำนวนโมดูล มากกว่า 8 ระบบสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งในการดำเนินการมากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อเทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ลวดไฟฟ้าและใช้ไฟฟ้าจากสายส่งพบว่า จำนวนโมดูลพีวี/ที ที่ 10 โมดูลจะเหมาะสมที่สุดโดยมีระยะเวลาคืนทุน 9.43 ปี

คำสำคัญ: โมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน, ปั๊มความร้อน, การผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์

บทนำ

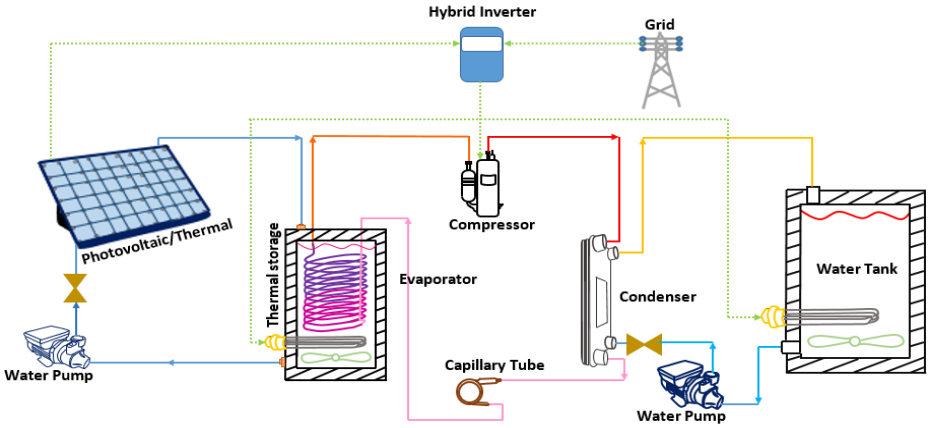
โมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน (พีวี/ที) ทำหน้าที่เป็นโมดูลโฟโตโวลเทอิก และตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้า และความร้อนในรูปน้ำร้อนหรืออากาศร้อนไปใช้ประโยชน์ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้นเทียบกับโมดูลโฟโตโวลเทอิกที่ผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่ทำการผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์ในช่วงแรกของการทำงานเมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนยังมีค่าต่ำ น้ำจะช่วยระบายความร้อนจากโมดูล ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ามีค่าสูง แต่เมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนขึ้น ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจะลดลง แนวทางหนึ่งในการลดอุณหภูมิของโมดูลพีวี/ที คือการใช้ปั๊มความร้อนแบบอัดไอดึงความร้อนจากโมดูลพีวี/ที และความร้อนดังกล่าวจะถูกเพิ่มคุณภาพความร้อน ไปผลิตน้ำร้อนที่คอนเดนเซอร์ของระบบอัดไอ เช่นเดียวกับระบบปั๊มความร้อนทำงานเสริมกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน [1, 2] อุณหภูมิของโมดูลจะลดลง ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น ขณะเดียวกันจะได้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากโมดูล พีวี/ที จะถูกนำมาใช้ในการเดินเครื่องปั๊มความร้อน M. Obalanlege et al. [3] ได้วิเคราะห์ผลของอุณหภูมิของน้ำที่ไหลในโมดูลพีวี/ที ความเข้มรังสีอาทิตย์ ขนาดของถังเก็บน้ำร้อน และอัตราการไหลของน้ำในโมดูลที่มีต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพรวมในการผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อน พบว่าเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิน้ำในโมดูลเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของโมดูลลดลง และขณะเดียวกันค่า COP ของปั๊มความร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้

การเพิ่มปริมาตรถังน้ำร้อนให้มีค่าสูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิโมดูลลดลงด้วย ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพรวมของโมดูลพีวี/ที นอกจากนี้เมื่ออัตราการไหลของน้ำในโมดูลจากการไหลแบบราบเรียบไปเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ประสิทธิภาพทางความร้อน และประสิทธิภาพรวมของ พีวี/ทีสูงขึ้นอีก S. Vaishak et al. [4] ได้แนะนำให้ใช้ R134a และ R410A เป็นสารทำงานในปั๊มความร้อน เนื่องจากมีเสถียรภาพทางเคมี และค่าความร้อนแฝงสูง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม N. Rahman et al. [5] ได้ศึกษาระบบพีวี/ทีร่วมกับปั๊มความร้อนเพื่อระบายอากาศ และผลิตน้ำร้อนให้กับโรงพยาบาล ซึ่งอยู่ในเขตร้อน โดยทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการระบายอากาศในห้องผู้ป่วย และผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 °C จากผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในห้องของตึกผู้ป่วยลดลงเมื่อเทียบกับอุณหภูมิห้องที่มีการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ โดยที่ค่าอุณหภูมิห้องลดลงเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ºC ถึง 3.9 ºC และประสิทธิภาพรวมของระบบพีวี/ทีมีค่าระหว่าง 51.0% ถึง 69.0% M. Kosana et al. [6] ได้วิเคราะห์สมรรถนะของระบบพีวี/ที ร่วมกับปั๊มความร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งใบมินท์ โมดูลพีวี/ที จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับคอมเพรสเซอร์ของปั๊มความร้อน และมีโมดูลพีวีจ่ายไฟฟ้าให้กับพัดลม และหลอดไฟเพื่ออบแห้งใบมินท์ ผลการวิจัยพบว่ามีประสิทธิภาพด้านไฟฟ้าต่ำสุด 11.9% และสูงสุด 14.02% ประสิทธิภาพความร้อนมีค่าต่ำสุด 38.51% และสูงสุด 70.56% ขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์ ระบบพีวี/ทีร่วมกับปั๊มความร้อนสำหรับการอบแห้งนี้มีค่า COP เฉลี่ยเท่ากับ 4.18 และมีระยะเวลาคืนทุน 2.32 ปี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการทำงานร่วมกันของระบบพีวี/ที และปั๊มความร้อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโมดูลพีวี/ที และเพิ่มสมรรถนะในการผลิตความร้อนของปั๊มความร้อน อย่างไรก็ตาม การเลือกขนาดถังเก็บน้ำร้อนที่เหมาะสม กับอุณหภูมิที่ต้องการ และสอดคล้องกับขนาดของปั๊มความร้อน และการควบคุมอุณหภูมิโมดูลพีวี/ที และขนาดของพีวี/ที เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง โดยเฉพาะในประเทศไทยจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ปั๊มความร้อนขนาดความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด 3,000 วัตต์ ที่ใช้สารทำงาน R134a เป็นสารทำงาน เพื่อผลิตน้ำร้อนในเวลากลางวัน เพื่อนำไปใช้ทั้งหมดในเวลากลางคืน โดยโมดูลพีวี/ทีเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับคอมเพรสเซอร์ของปั๊มความร้อน และลวดความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ถังอีวาปอเรเตอร์ ไม่ให้ต่ำกว่า 25 °C ตลอดการทำงานในตอนกลางวัน และอุณหภูมิน้ำที่ถังคอนเดนเซอร์ไม่ให้ต่ำกว่า 60 °C เมื่อสิ้นสุดการทำงานในตอนกลางวันดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งนี้จะมีกำลังไฟฟ้าจากสายส่งร่วมจ่ายให้กับระบบทั้งหมด ในกรณีที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอ ข้อมูลรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ข้อมูลของจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งนี้จะมีการพิจารณาจำนวนโมดูลพีวี/ทีที่ต่อขนานกันทางความร้อน ระหว่าง 6-12 โมดูล โดยแต่ละโมดูลมีความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สภาวะมาตรฐานที่ 200 วัตต์ และหาจำนวนโมดูลที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดสอบ

จากภาพที่ 1 โมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน (พีวี/ที) ขนาดความสามารถสูงสุดในการผลิตไฟฟ้า 200 วัตต์ กำหนดให้หันไปทางทิศใต้โดยมีมุมเอียง 18°จากแนวระดับ ติดตั้งที่จังหวัดเชียงใหม่ โมดูลพีวี/ทีจะเชื่อมต่อเข้ากับระบบปั๊มความร้อนขนาดความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด 3,000 วัตต์ ซึ่งใช้สารทำความเย็น R134a โดยมีถังน้ำขนาด 30 ลิตรที่อีวาปอเรเตอร์ของปั๊มความร้อน โดยมีลวดความร้อน 5 กิโลวัตต์ควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ต่ำกว่า 25 °C โดยมีอัตราการไหลของน้ำในระบบพีวี/ทีและถังน้ำ 6 ลิตรต่อนาที และจะมีถังน้ำร้อนขนาด 500 ลิตร โดยมีอัตราการไหลของน้ำที่คอนเดนเซอร์ 3 ลิตรต่อนาที มารับความร้อนที่คอนเดนเซอร์ของปั๊มความร้อน โดยจะมีการให้ความร้อนเสริมด้วยลวดไฟฟ้าในกรณีที่อุณหภูมิสูงสุดของน้ำไม่ถึง 60 °C เมื่อสิ้นสุดการทำงานในตอนกลางวัน ทั้งนี้จะไม่มีการนำน้ำร้อนไปใช้งานในตอนกลางวัน และน้ำร้อนจะถูกใช้หมดในเวลากลางคืน



ภาพที่ 1 ระบบพีวี/ที ร่วมกับปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อน และชุดการทดสอบ

โมดูลโฟโตโวลเทอิก/ความร้อน

โมดูลพีวี/ที ทำหน้าที่เปลี่ยนรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนในรูปน้ำร้อน และพลังงานไฟฟ้า ในกรณีการผลิตน้ำร้อนโมดูลทำหน้าที่เช่นเดียวกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะได้อัตราความร้อนตามสมการ

$$Q_{PV/T} = F_R(\tau\alpha)I_t A_C - F_R U_L A_C(T_{fi} - T_a) \quad (1)$$

กำลังไฟฟ้าสูงสุด จะคำนวณจาก *[7]* โดย

$$P_m = P_{m,stc}.\left(1 - \gamma(T_{pv} - 25)\right) \cdot \left(\frac{I_T}{1000}\right) \quad (2)$$

อุณหภูมิโมดูล สามารถคำนวณจาก *[7]*

$$T_{pv} = T_a + (NOCT - 20)\left(\frac{I_T}{800}\right) \quad (3)$$

เมื่อ

$$NOCT = 800F_R \cdot \frac{T_{fi} - T_a}{I_T} + \frac{(\tau\alpha)}{U_L} \cdot (1 - F_R)800 + 20 \quad (4)$$

โมดูลพีวี/ที ที่ใช้ในการศึกษามีลักษณะเช่นเดียวกับ S. Vat et al. [6] โดยข้อมูลทางเทคนิคแสดงในตารางที่ 1

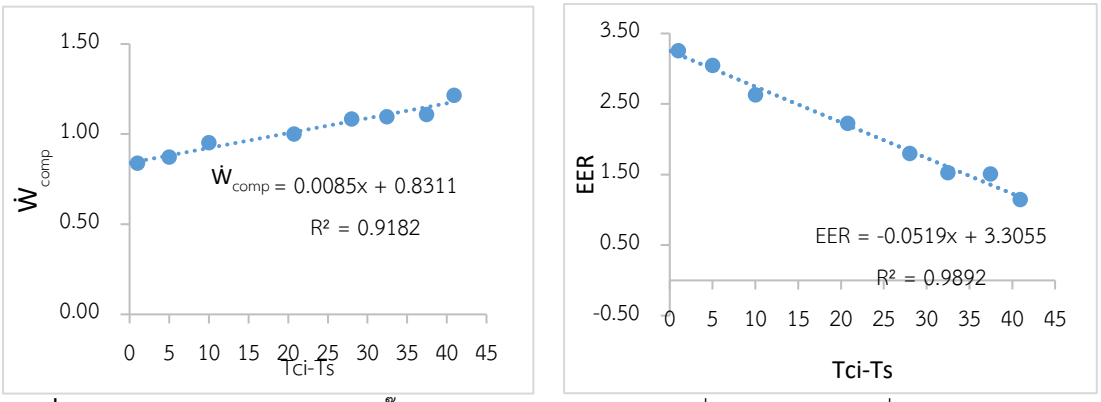
ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคของโมดูลพีวี/ที [7]

Cell type	Mono-crystalline
Dimensions	828 mm x 1601 mm x 90 mm
Aperture area	1.326m^2
Maximum power, P_m	200 Wp
Electrical efficiency of module, ηstc	15.08%
Temperature coefficients of P_m, γ	0.45%/$^\circ$C
$\dot{m}_{PVT}$	6 LPM
F_RU_L	10.16
$F_R(\tau\alpha)$	0.46

ปั๊มความร้อน พร้อมถังน้ำร้อนและน้ำเย็น

อัตราส่วนประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน (Energy Efficiency Ratio, EER) เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของปั๊มความร้อน สามารถคำนวณได้จาก

$$EER = \frac{\dot{Q}_{cond}}{\dot{W}_{comp}} \quad (5)$$



ภาพที่ 2 อัตราส่วนประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน และกำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ ที่แปรผันตามอุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อนในถังน้ำร้อนและน้ำเย็นในถังน้ำเย็น

สำหรับปั๊มความร้อนที่ใช้ในงานนี้ จะมีกำลังความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดที่ 3 กิโลวัตต์ โดย ค่า EER และกำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ (สมมุติมีค่าเท่ากับกำลังงานที่คอมเพรสเซอร์) จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแตกต่างของน้ำในถังน้ำเย็นและน้ำร้อน ดังภาพที่ 2 โดย

$$EER = 3.3053 - 0.0519(T_{ci} - T_s) \quad (6)$$

$$\dot{W}_{comp} = 0.8311 + 0.0085(T_{ci} - T_s) \quad (7)$$

อุณหภูมิของน้ำร้อนในถังน้ำร้อน และอุณหภูมิน้ำเย็นในถังน้ำเย็น เมื่อเวลาผ่านไป Δt ในกรณีที่สมมุติว่าถังหุ้มฉนวนอย่างดี สามารถคำนวณจาก

$$T_{ci}^{t+\Delta t} = \left(\frac{\dot{Q}_{cond}}{M_w C_p}\right).\Delta t + T_{ci}^{t} = \left(\frac{EER.}{M_w C_p}\right)\dot{W}_{comp}.\Delta t + T_{ci}^{t}$$

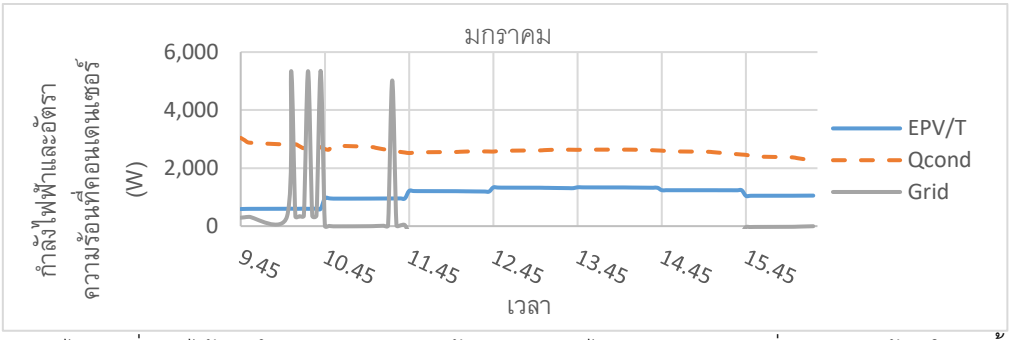
$$= \left(\frac{3.3053 - 0.0519(T_{ci} - T_S)}{M_w C_p}\right)[0.8311 + 0.0085(T_{ci} - T_S)]\ \Delta t + T_{ci}^{t} \quad (8)$$

$$T_S^{t+\Delta t} = \left(\frac{\dot{Q}_{PV/T} - \dot{Q}_{evap} + \dot{Q}_{aux,c}}{M_s C_p}\right).\Delta t + T_S^{t} \quad (9)$$

$\dot{Q}_{aux,c}$จะใช้ลวดไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ถังน้ำเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นไม่ให้ต่ำกว่า 25 °C และที่ถังน้ำร้อน ในตอนสิ้นสุดของวัน จะมีการให้ความร้อนเสริมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในถังน้ำร้อนไม่ให้ต่ำกว่า 60 °C จากสมการข้างต้น เมื่อกำหนดอัตราความร้อนที่คอนเดนเซอร์ อุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อน และในถังน้ำเย็นในสภาวะเริ่มต้นจะสามารถคำนวณอุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อน และในถังน้ำเย็นเมื่อเวลาผ่านไป Δt ได้

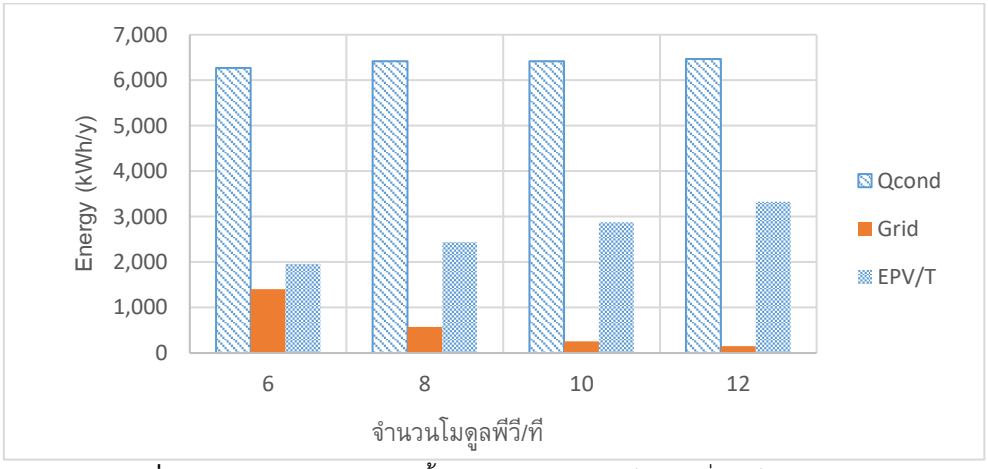
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ภาพที่ 3 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูลพีวี/ที ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ลวดความร้อนในถังน้ำเย็นและถังน้ำร้อน กำลังไฟฟ้าจากกริด และอัตราความร้อนที่ปั๊มความร้อนผลิตได้ ที่เวลาต่างๆ ในเดือนมกราคม โดยจำนวนโมดูลที่ใช้งาน 8 โมดูล ในลักษณะการต่อเชื่อมท่อของไหลเป็นแบบขนานกัน พบว่าในช่วงเช้าความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำส่งผลให้อุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นต่ำกว่า 25 °C ดังนั้นจึงมีการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับลวดความร้อนค่อนข้างสูงเพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นในถัง แต่เมื่อรังสีอาทิตย์อยู่ในระดับที่สูงพอ จะไม่มีการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดวันจะมีการให้ความร้อนด้วยลวดไฟฟ้าในถังน้ำร้อน กรณีที่อุณหภูมิน้ำในถังไม่ถึง 60 °C

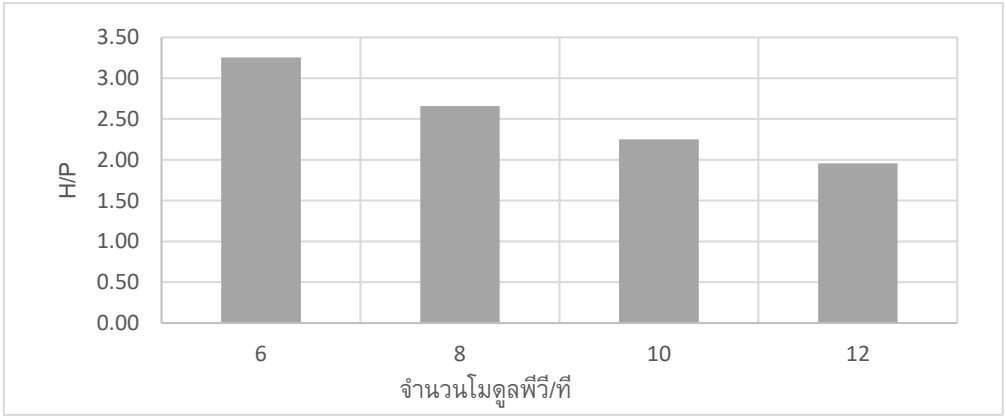


ภาพที่ 3 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูลพีวี/ที ความต้องการกำลังไฟฟ้าจากสายส่งที่ลวดความร้อนในถังน้ำเย็นและถังน้ำร้อน และอัตราความร้อนที่ปั๊มความร้อนผลิตได้ ที่เวลาต่างๆของวัน ในเดือนมกราคม จำนวนโมดูลพีวี/ที 8 โมดูล

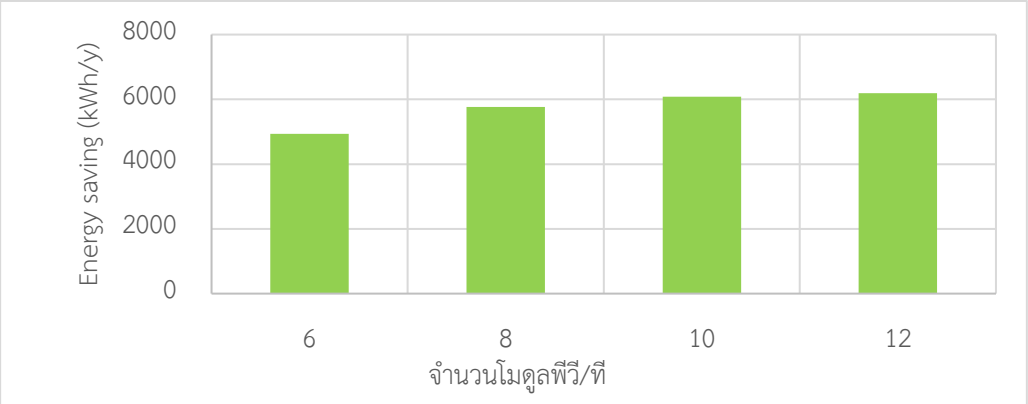
ภาพที่ 4 แสดงพลังงานใน 1 ปี ของความร้อนที่ได้จากคอนเดนเซอร์ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลพีวี/ที และความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง เมื่อจำนวนโมดูลพีวี/ทีมีค่าเพิ่มขึ้น จะสังเกตได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลมีค่าเพิ่มขึ้น และพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจากสายส่งจะลดลงเมื่อจำนวนโมดูลมากกว่า 8 ระบบสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งในการดำเนินการมากกว่าร้อยละ 80 ในขณะที่พลังงานความร้อนที่ได้จากคอนเดนเซอร์ของปั๊มความร้อนค่อนข้างคงที่ ซึ่งทำให้อัตราส่วนความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูล (H/P) มีค่าลดลงตามจำนวนโมดูล ดังแสดงผลในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 พลังงานความร้อนในน้ำร้อน และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบและความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง ใน 1 ปี



ภาพที่ 5 อัตราส่วนความร้อนที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูลพีวี/ที

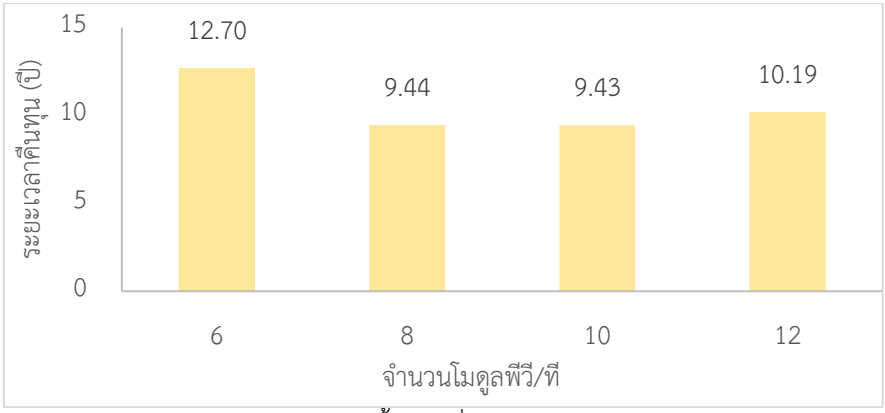


ภาพที่ 6 พลังงานไฟฟ้าในแต่ละปีที่สามารถประหยัดได้ เทียบกับระบบทำน้ำร้อนจากลวดไฟฟ้าโดยใช้พลังงานจากสายส่ง

ภาพที่ 6 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง ที่สามารถประหยัดได้ ใน 1 ปี เทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ลวดไฟฟ้า และใช้พลังงานจากสายส่ง จะเห็นได้ว่าพลังงานจะประหยัดได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนโมดูลพีวี/ทีที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อจำนวนโมดูลมากกว่า 10 พลังงานที่ประหยัดได้เพิ่มขึ้นไม่มากนัก และเมื่อทำการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน โดยข้อมูลตามตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนโมดูลจาก 6 เป็น 8 โมดูล ระยะเวลาคืนทุนสั้นจะลดลง เนื่องจากจำนวนโมดูลที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง แต่เมื่อจำนวนโมดูลมากกว่า 10 โมดูล ระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งที่ประหยัดได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเทียบกับราคาที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนโมดูลพีวี/ที และที่จำนวน 10 โมดูล ให้ระยะเวลาคืนทุนต่ำที่สุดที่ 9.43 ปี โดยที่พีวี/ทีมีอายุการใช้งาน 20 ปี และปั๊มความร้อนมีอายุการใช้งาน 10 ปี มูลค่าซากกำหนดให้เป็น 10% ของเงินลงทุนทั้งหมด นอกจากนั้นค่าดำเนินการและซ่อมบำรุงกำหนดให้เป็น 15% และ 5% ของเงินลงทุน ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ข้อมูลต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)
พีวี/ที	22,000
ปั๊มความร้อน	100,000
PV/T DC-AC MPPT inverter	35,000
อุปกรณ์เสริมต่อ 1 โมดูลพีวีที	1,000
ถังน้ำ	12,000
ค่าไฟฟ้า	4.72



ภาพที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนเทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ลวดความร้อนและใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง

สรุป

ปั๊มความร้อนแบบอัดไอความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดที่ 3,000 วัตต์ ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากโมดูลพีวี/ทีที่แต่ละโมดูลสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด 200 วัตต์ และมีพื้นที่รับรังสี 1.326 ม^2 โดยมีการต่อขนานกันจำนวน 6-12 โมดูล เพื่อผลิตน้ำร้อนในถังขนาด 500 ลิตร ให้มีอุณหภูมิน้ำสูงสุดในแต่ละวันไม่ต่ำกว่า 60 °C และสมมุติว่ามีการใช้น้ำร้อนทั้งหมดในตอนกลางคืน ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของเชียงใหม่พบว่าในตอนกลางวันถ้าระดับความเข้มรังสีอาทิตย์สูงพอจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งน้อยมาก ค่าอัตราส่วนความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จะลดลงตามจำนวนโมดูล โดยมีค่าประมาณ 3.2 ถึง 2 ตามจำนวนโมดูล 6 ถึง 12 เมื่อจำนวนโมดูลมากกว่า 8 ระบบสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งได้มากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อเทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ลวดไฟฟ้าและใช้ไฟฟ้าจากสายส่งพบว่าจำนวนโมดูลพีวี/ทีที่ 10 โมดูลจะเหมาะสมที่สุดโดยมีระยะเวลาคืนทุน 9.43 ปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย และอุปกรณ์ทดสอบจากห้องปฏิบัติการระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

[1] T. Kima, B. Choi, Y. Han, K. Do. (2018). **A comparative investigation of solar-assisted heat pumps with solar thermal collectors for a hot water supply system**. Energy Conversion and Management 172, 472-484.

[2] E. Safijahanshahi, M. Salmanzadeh. (2019). **Performance simulation of combined heat pump with unglazed transpired solar collector.** Solar Energy 180, 575-593.

[3] M. Obalanlege, Y. Mahmoudi, R. Douglas, E. Ebrahimnia-Bajestan, J. Davidson, D. Bailie. (2019). **Performance Assessment of a Hybrid Photovoltaic-Thermal and Heat Pump System for Solar Heating and Electricity.** RENE 12430.

[4] S. Vaishak, B. Purnanand. (2019). **Photovoltaic/thermal-solar assisted heat pump system: Current status and future prospects.** Solar Energy 189, 268-284.

[5] N. Rahman, L. Haw, M. Jamaludin, K. Kamaluddin, T. Zaidi, A. Hussin, Y. Adnan , I. Razak. (2022). **Field study of hybrid photovoltaic thermal and heat pump system for public hospital in the tropics.** Case Studies in Thermal Engineering 30,101722.

[6] M. Kosana, M. Demirtasb, M. Aktasc, E. Dislid. (2020). **Performance analyses of sustainable PV/T assisted heat pump drying system.** Solar Energy 199, 657–672.

[7] S. Vat, A. Asanakham, T. Deethayat, T. Kiatsiriroat. (2020). **A new method for evaluating nominal operating cell temperature (NOCT) of unglazed photovoltaic thermal module.** Energy Reports 6, 1029–

ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล ในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

Factors Affecting on Kim Sung Bamboo Production Cost for Biomass Power Plant in Mae Moh, Lampang Area

วาสนา คำโอภาส[1*], ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[2], ธรณิศวร์ ดีทายาท[2], อรรถกร อาสนคำ[2], เหนือพล ดวงเบี้ย[1] และอติพงศ์ นันทพันธุ์[3]

[1] หน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) แม่เมาะ จังหวัดลำปาง 52220

Email: ic41062@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุง และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตไผ่เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง โดยพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก การบำรุงรักษาต้นพืช การเก็บเกี่ยว และการขนส่งชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์ พบว่า ต้นทุนการผลิตชีวมวลไผ่กิมซุงที่ได้ มีค่าเท่ากับ 660 บาทต่อตันต่อไร่ สำหรับผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่า ปัจจัยด้านอัตราคิดลด (*i*), ค่าแรง (C_L), อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (C_F) และระยะทางขนส่งชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้า (*D*) จะแปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตไผ่ โดยปัจจัยด้านค่าแรงของแรงงาน จะแปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงมากที่สุด จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุง จะมีค่าอยู่ในช่วง 559-742, 558-743, 562-738 และ 654-674 บาทต่อตันต่อไร่ เมื่ออัตราคิดลด, ค่าแรง, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และระยะทางขนส่งชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้า มีค่าอยู่ในช่วง 4.376 (-20%) – 6.564 (+20%) เปอร์เซ็นต์, 252 (-20%) – 378 (+20%) บาทต่อคนต่อวัน, อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4 (-20%) – 6 (+20%) บาทต่อกิโลเมตร และ 10.2 (-20%) – 34.0 (+20%) กิโลเมตร ตามลำดับ สำหรับสมการทำนายต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุง (บาทต่อตัน) ที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราคิดลด, ค่าแรง, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และระยะทางขนส่งชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้า สามารถคำนวณค่าต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง โดย 99.39 เปอร์เซ็นต์ของค่าต้นทุนการผลิตไผ่กิมซุงที่ได้จากการทดลองมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการคำนวณตามสมการ อยู่ใน $\pm$1 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ไผ่กิมซุง การเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิต โรงไฟฟ้าชีวมวล การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

การจัดการพลังงานในธุรกิจขนาดเล็กตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน BCG Model กรณีศึกษา: บริษัท ลพบุรีพาวเวอร์ซีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่

Energy Management in SMEs According to BCG Economy Model : Case study of The Lopburi Power Seed Co., Ltd. In Chiang Mai Province

ปรีชา ศรีประภาคาร[1] ไพฑูรย์ เหล่าดี[2] และจักรพรรณ คงธนะ[3*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
[2] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[3] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต กรุงเทพมหานครฯ 10300

บทคัดย่อ

บทความวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณมีวัตถุประสงค์ศึกษาพฤติกรรมและกระบวนการกิจการของผู้ประกอบการเพื่อประเมินศักยภาพของสถานประกอบการสำหรับพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และ เศรษฐกิจสีเขียว สำรวจสถานประกอบการพร้อมทั้งแนะนำให้คำปรึกษา ตามแนวทางการพัฒนาตามแนวทาง BCG Model โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงาน และนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้กับบริษัท ลพบุรีพาวเวอร์ซีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ศักยภาพด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนประกอบด้วย 1) มาตรการลดการสูญเสียความร้อนของห้องอบช่วยประหยัดพลังงานได้เทียบเท่ากับน้ำมันดิบ 268.51 ลิตร/วัน ราคาน้ำมันดีเซล 29.79 บาท/ลิตร คิดเป็นผลประหยัด 7,988.19 บาท/วัน 2) มาตรการผลิตการเก็บและยกระดับคุณภาพน้ำส้มควันไม้ 250 ลิตร/วัน คิดเป็น 30,000 ลิตร/ปี คิดเป็นรายได้ 600,000 บาท/ปี และ 3) มาตรการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ผลิตถ่านด้วยกระบวนการไพโรไลซิสสามารถผลิตถ่านได้ 450 kg เมื่ออัดแท่งและจำหน่ายราคา 20 บาท/กก. ช่วยเพิ่มมูลค่า 9,000 บาท/ปี ด้วยทางผู้ประกอบการมีศักยภาพด้านการเศรษฐกิจหมุนเวียน

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน, ธุรกิจขนาดเล็ก, เศรษฐกิจหมุนเวียน

การประเมินสมรรถนะเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและต้นทุนการผลิตถ่านจากทะลายปาล์ม

Evaluation of pyrolysis reactor performance and cost production of oil palm empty fruit bunch charcoal

อิศเรศ สายปัญญา[1] นิกราน หอมดวง[1,*] เจนจิรา อุตเรือน[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล

Itsares Saipanya[1] Nigran Homdoung[1,*] Jenjira Uttaruean[1] Kittikorn Sasujit[1] and Yingrak Auttawaitkul[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[1] School of Renewable Energy, Maejo University

[*]Corresponding author: Email: nigranghd@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาดนำร่องและการประเมินต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพจากทะลายปาล์ม โดยใช้ไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสามารถบรรจุทะลายปาล์มได้สูงสุด 350 kg ใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อควบแน่นไพโรไลซิสแก๊สให้กลายเป็นน้ำส้มควันไม้ ไพโรไลซิสแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกลำเลียงไปยังห้องเผาไหม้เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมร่วมกับเชื้อเพลิงไม้ลำไย ผลการประเมินพบว่าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาดนำร่องทำงานได้ดี มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไม้ลำไยเฉลี่ย 12.50 kg/h หรือ 205.85 MJ/h อุณหภูมิไพโรไลซิสที่สามารถทำได้เฉลี่ย 470 °C ซึ่งมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิไพโรไลซิสระดับห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมสูงสุด 400 °C เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาดนำร่องมีประสิทธิภาพทางความร้อน 55.03 % สามารถผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ได้สูงสุด 30% และ 26% ตามลำดับ ถ่านที่ผลิตได้มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 9.27 Baht/kg โดยตัวแปรที่มีผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตถ่านได้แก่ ราคาวัสดุชีวมวลและค่าแรงงานในการผลิตถ่าน อย่างไรก็ตามถ้าเกษตรกรหรือชุมชนสามารถลดราคาวัสดุชีวมวลและค่าแรงงานลงได้จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

คำสำคัญ: เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ทะลายปาล์ม ต้นทุนการผลิต ถ่าน

บทนำ

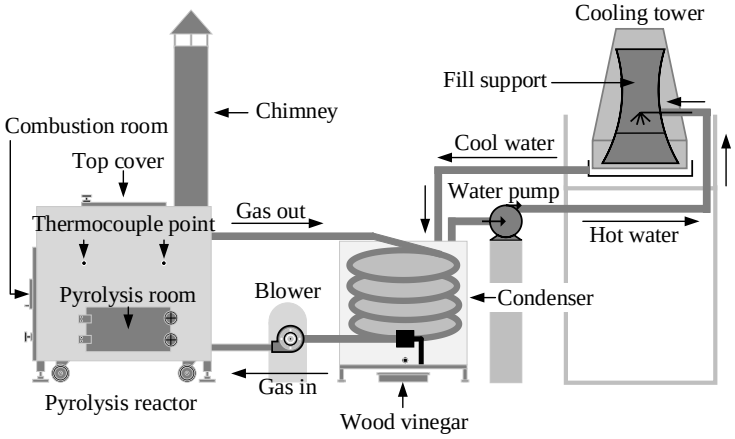
ถ่านเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญสำหรับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในการประกอบอาหารมาอย่างยาวนานในด้านการเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มและการปิ้งย่าง เป็นต้น อีกด้านของถ่านหรือที่เรียกกันว่าถ่านชีวภาพก็มีการนำมาใช้ในภาคเกษตรเช่นกัน ผลการวิจัยพบการใช้ถ่านชีวภาพส่งผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มสูงขึ้น [1] สำหรับประเทศไทยยังคงมีการใช้ถ่านอย่างแพร่หลาย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรปริมาณสูงจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานพบว่าประเทศไทยมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรคิดเป็นน้ำมันดิบสูงถึง 2,819 kToe [2] ด้านสถานการณ์ปัจจุบันแก๊สหุงต้มมีราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากข้อมูลกระทรวงพลังงานในปี 2563 ราคาแก๊สหุงต้มมีค่าอยู่ในช่วง 20-22 บาท/kg และในปี 2565 ราคาแก๊สหุงต้มเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 26-30 บาท/kg [3] จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าครองชีพของเกษตรกรและชุมชนอย่างชัดเจน ดังนั้นการส่งเสริมการผลิตถ่านสำหรับการใช้ในครัวเรือนหรือจำหน่ายเป็นอีกทางเลือกของชุมชนที่ควรสนับสนุน อย่างไรก็ตาม

เทคโนโลยีการผลิตถ่านส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก เช่น เตาเผาถ่าน 200 ลิตร เตาชนิดนี้ถ้านำมาบรรจุเศษไม้สามารถบรรจุได้ประมาณ 60 kg ในขณะที่ถ้าบรรจุทะลายปาล์มได้สูงสุดไม่เกิน 30 kg ที่สำคัญหลังผ่านกระบวนการไพโรไลซิสจะทำให้ได้ถ่านอยู่ในช่วง 20-25% และถ้าเป็นเศษไม้ลำไยจะได้ประมาณ 16-17 kg/time หรือประมาณ 1 กระสอบและใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมงในกระบวนการไพโลซิส [4] จากข้อจำกัดการทำงานนี้โครงการวิจัยจึงสนใจการนำเอาเตาผลิตถ่านหรือเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่อง ชีวมวลประเภทเศษไม้มาใช้งาน ในการเพิ่มผลผลิตถ่านต่อรอบให้สูงขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อรายได้ที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรและชุมชน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการทดลองประเมินสมรรถนะของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาดนำร่องและการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านจากทะลายปาล์ม ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีและการคัดเลือกวัสดุชีวมวลในท้องถิ่นมาผลิตเป็นถ่านสำหรับการใช้งานในชุมชนต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่อง

การทดสอบเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องสำหรับเปลี่ยนชีวมวลทะลายปาล์มให้กลายสภาพเป็นถ่านใช้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 400-600°C [5] รูปทรงเครื่องปฏิกรณ์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 1.50 x 1.50 x 1.20 m สามารถบรรจุชีวมวลได้ 250-500 kg ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของชีวมวล ส่วนประกอบหลักของเครื่องมีทั้งหมด 4 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้และห้องไพโรไลซิส เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบระบายความร้อน และชุดหัวเผาสำหรับนำไพโรไลซิสแก๊สมาเผาให้ความร้อนเสริมร่วมกับชีวมวลไม้ลำไย ห้องเผาไหม้เป็นแบบเบดคงที่ติดตั้งตรงกลางเครื่องปฏิกรณ์ มีปล่องสูงประมาณ 3 m สำหรับชักนำอากาศเพื่อการเผาไหม้ ห้องไพโรไลซิสอยู่ติดกับห้องเผาไหม้ทั้งด้านข้างและด้านบนห้องเผาไหม้ ปริมาตรรวม 1.7 m^3 ฉนวนผนังห้องเผาไหม้ใช้ฉนวนแบบใยหินรอบๆ เครื่องปฏิกรณ์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่ควบแน่นไพโรไลซิสแก๊สให้กลายเป็นน้ำส้มควันไม้ ใช้น้ำประมาณ 1.5 m^3 ในการลดอุณหภูมิแก๊ส ท่อลำเลียงแก๊สเป็นแบบท่อเกลียวขดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.04 cm ความยาวท่อรวม 6 เมตร ตรงทางออกต่อเชื่อมกับพัดลมลำเลียงแก๊สเข้าสู่หัวเผาผ่านวาล์วควบคุม ส่วนระบบระบายความร้อนใช้หอผึ่งเย็นและใช้ปั๊มน้ำขนาด 370W สูบน้ำระบายความร้อนที่หอผึ่งเย็น รายละเอียดเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่อง

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่อง

ข้อมูลทั่วไป	คุณสมบัติ
กระบวนการไพโรไลซิส	แบบช้า
ขนาดเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (m^3)	1.50 x 1.50 x 1.20
ปริมาตรห้องไพโรไลซิส (m^3)	1.7
อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ทำได้ ($^{\circ}C$)	300-700
เชื้อเพลิงในการเผาไหม้	ไม้ลำไยและเศษไม้อื่นๆ
สารหล่อเย็น/ปริมาตร (m^3)	น้ำ/1.5
กำลังการผลิต (kg)	250-500

ทะลายปาล์มและการเตรียม

วัสดุชีวมวลที่นำมาทดสอบในกระบวนการไพโรไลซิสได้แก่ ทะลายปาล์มน้ำมันดังภาพที่ 2 โดยปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมีการเพาะปลูกเกือบทุกภาคของประเทศ ทะลายปาล์มที่นำมาทดสอบนี้ได้มาจากแหล่งเพาะปลูกปาล์มน้ำมันทางภาคเหนือประเทศไทย ทะลายปาล์มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-30 cm และมีน้ำหนักต่อทะลายเฉลี่ย 0.8-2 kg ผิวลักษณะแห้ง สีน้ำตาล ก่อนนำมาทดสอบมีการนำทะลายปาล์มมาตากผึ่งลมให้แห้งและวัดความชื้นอยู่ในช่วง 10-15 % ก่อนบรรจุลงห้องไพโรไลซิส ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของทะลายปาล์มโดยพบว่ามีคาร์บอนคงตัว สารระเหย และปริมาณเถ้า เท่ากับ 16.24% 71.43% และ 4.86% ตามลำดับ และค่าความร้อนมีค่าเฉลี่ย 15.89 MJ/kg



ภาพที่ 2 วัสดุชีวมวลทะลายปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีทะลายปาล์มที่นำมาทดสอบ

พารามิเตอร์	งานวิจัยนี้	[6]	[7]
การวิเคราะห์โดยประมาณ (%wt)			
คาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)	16.24	18.42	10.78
สารระเหย (Volatile matter)	71.43	70.64	83.86
ความชื้น (Moisture content)	7.48	6.39	7.95
เถ้า (Ash)	4.86	4.55	5.36
การวิเคราะห์โดยละเอียด (%wt)			
คาร์บอน (C)	43.01	43.60	49.07
ซัลเฟอร์ (S)	0.11	0.13	<0.10
ไฮโดรเจน (H)	5.65	6.31	6.48
ไนโตรเจน (N)	0.43	0.73	0.70

พารามิเตอร์	งานวิจัยนี้	[6]	[7]
ออกซิเจน (O)	44.06	49.23	38.29
ค่าความร้อน (H.H.V.) (MJ/kg)	15.89	18.96	19.35

วิธีการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องโดยใช้ทะลายปาล์มเป็นชีวมวลในกระบวนไพโรไลซิสและใช้เศษไม้ลำไยในการเผาให้ความร้อน ขั้นตอนแรกนำทะลายปาล์มและเชื้อเพลิงไม้ลำไยจากสวนเกษตรกรมาตากแห้งเพื่อให้ค่าความชื้นต่ำกว่า 10 % เป็นเวลา 7 วัน เมื่อชีวมวลพร้อมสำหรับการทดลองนำทะลายปาล์มและเชื้อเพลิงไม้ลำไยมาชั่งน้ำหนัก เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักชีวมวลก่อนการทดลอง ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส จากนั้นนำชีวมวลทะลายปาล์มจัดเรียงในห้องไพโรไลซิสประมาณ 80 % ของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสจากนั้นดำเนินการปิดห้องไพโรไลซิสและบรรจุไม้ลำไยในห้องเผาไหม้ประมาณ 20 kg ทำการจุดไฟให้ความร้อน เมื่อเชื้อเพลิงเริ่มลุกไหม้ดำเนินการป้อนเชื้อเพลิงไม้ลำไยเข้าไปทีละน้อยเพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 400-600 °C เมื่ออุณหภูมิภายในห้องไพโรไลซิสเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทำการเปิดโบลเวอร์สำหรับลำเลียงสารระเหยภายในห้องไพโรไลซิสออกไปยังชุดควบแน่นที่มีน้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อน ไพโรไลซิสแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นกลายเป็นน้ำส้มควันไม้จะถูกลำเลียงต่อไปยังห้องเผาไหม้เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ร่วมกับไม้ลำไย ดำเนินกระบวนการไพโรไลซิสเป็นระยะเวลา 540 min ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทุกๆ 5 min เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดให้ทำการลดปริมาณการป้อนเชื้อเพลิงลงและรอให้อุณหภูมิภายในห้องไพโรไลซิสลดลงเหลือ 50 °C เพื่อให้แน่ใจได้ว่าภายในห้องไพโรไลซิสไม่มีการดำเนินกระบวนการต่อ จากนั้นทำการเก็บถ่านชีวภาพในห้องไพโรไลซิสและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาคำนวณหาสัดส่วนผลผลิตที่ได้ ด้านการประเมินสมรรถนะของระบบจะดำเนินการวิเคราะห์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน อุณหภูมิการทำงาน ประสิทธิภาพความร้อนและต้นทุนการผลิตถ่านจากกระบวนการไพโรไลซิสนำร่อง รายละเอียดของสมการที่ใช้วิเคราะห์แสดงดังสมการที่ 1-5

$$BC = \frac{M}{T} \tag{1}$$

เมื่อ BC คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h), M คือ มวลเชื้อเพลิงชีวมวล (kg), T คือ ระยะเวลาการดำเนินการเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (h)

$$EC = \frac{M_{LW} \times LHV_{LW}}{T} \tag{2}$$

เมื่อ EC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/h), M_{LW} คือ มวลของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า (kg), LHV_{LW} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ), T คือ ระยะเวลาในการดำเนินกระบวนการ

$$\eta_{PR} = \frac{M_{biomass} \times LHV_{biomass}}{M_{fuel} \times LHV_{fuel}} \tag{3}$$

เมื่อ η_{PR} คือ ประสิทธิภาพความร้อนเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (%), $M_{biomass}$ คือ ชีวมวลที่ป้อนเข้า (kg), $LHV_{biomass}$ คือ ค่าความร้อนของชีวมวล (MJ), M_{fuel} คือ เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า (kg), LHV_{fuel} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ)

$$\textit{Production cost} = \frac{T_C}{Q_U} \tag{4}$$

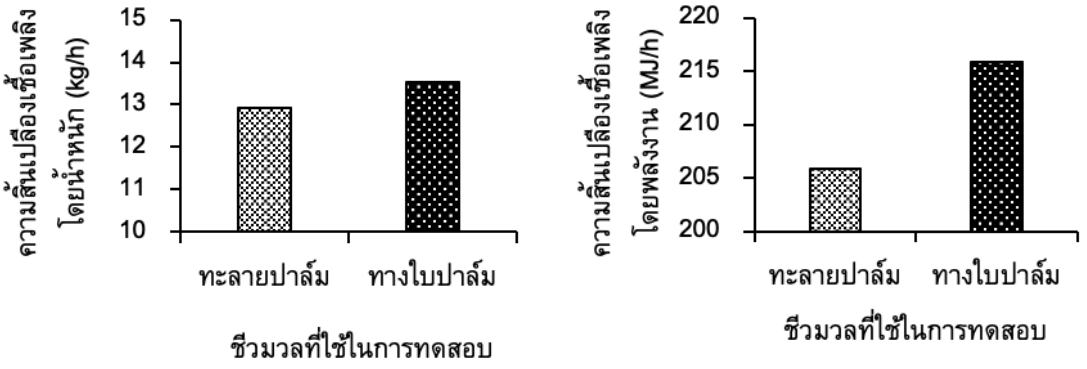
$$T_C = C_R + C_L + C_S + C_T + C_M + C_E \quad (5)$$

เมื่อ P_C คือ ราคาต้นทุนต่อหน่วย (Baht/kg), T_C คือ ผลรวมราคาต้นทุน (Baht) Q_U คือ จำนวนถ่านที่ผลิตได้ (kg) C_R คือ ราคาต้นทุนชีวมวล (Baht/kg), C_L คือ ราคาต้นทุนค่าแรง (Baht/kg), C_S คือ ราคาต้นทุนการจัดเก็บชีวมวล (Baht/kg), C_T คือ ราคาต้นทุนของเทคโนโลยี (Baht/kg), C_M คือ ราคาต้นทุนการซ่อมบำรุง (Baht/kg), C_E คือ ราคาต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Baht/kg)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการนำเอาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสไปใช้งาน เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสที่มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงส่งผลต่อค่าใช้จ่ายสำหรับการผลิตความร้อนมากขึ้น [8] ภาพที่ 3 แสดงอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเศษไม้ลำไยของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสเมื่อดำเนินการไพโรไลซิสทะลายปาล์มเทียบกับทางใบปาล์ม พบว่าอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของกระบวนการไพโรไลซิสทะลายปาล์มให้อัตราความสิ้นเปลืองต่ำกว่าทางใบปาล์ม 4.63% โดยมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 12.91 kg/h ในขณะที่ทางใบปาล์มให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 13.54 kg/h สาเหตุที่อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่าส่วนหนึ่งเกิดจากทะลายปาล์มมีความหนาแน่นปรากฏที่ต่ำเมื่อเทียบกับทางใบปาล์ม (9) และเมื่อพิจารณาอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานของกระบวนการไพโรไลซิสทะลายปาล์มและทางใบปาล์มมีค่า 205.85 MJ/h และ 215.84 MJ/h ตามลำดับ

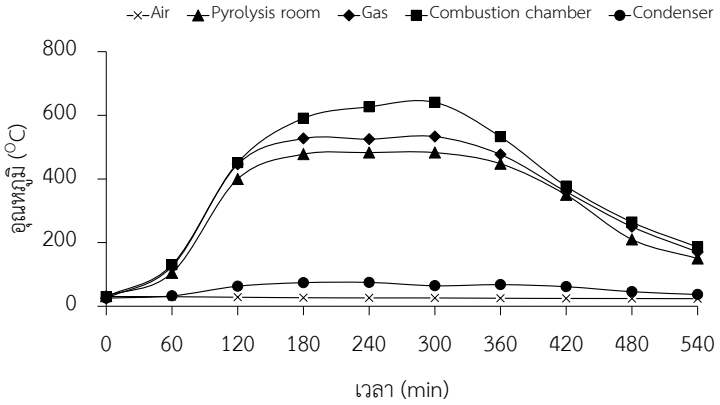


ภาพที่ 3 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทะลายปาล์มและทางใบปาล์ม

การประเมินอุณหภูมิการทำงานของระบบผลิตถ่าน

การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในระบบเครื่องไพโรไลซิส 5 ตำแหน่ง ประกอบไปด้วย ห้องไพโรไลซิส ห้องเผาไหม้ ชุดควบแน่นสาร ไพโรไลซิสแก๊ส อุณหภูมิอากาศ เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสเมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้นความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังห้องไพโรไลซิส สังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ช่วงเวลา 30-60 min ทะลายปาล์มในห้องไพโรไลซิสเกิดการคายความชื้นเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่สภาวะไพโรไลซิส ส่งผลให้ห้องไพโรไลซิสมีอุณหภูมิสูงถึง 125 °C หลังจากนั้นอุณหภูมิในห้องไพโรไลซิสจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเวลาดำเนินกระบวนการที่ 120-360 min อุณหภูมิในห้องไพโรไลซิสมีค่าเฉลี่ย 307 °C ไพโรไลซิสแก๊สที่เกิดขึ้นเกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างทะลายปาล์มที่ประกอบไปด้วยเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและลิกนิน [10] ซึ่งไพโรไลซิสแก๊สบางส่วนจะถูกควบแน่นกลายเป็นน้ำส้มควันไม้ [11] เมื่อไพโรไลซิสแก๊สไหลผ่านไปยังชุดควบแน่นที่มีน้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนอุณหภูมิ 25-30 °C ส่งผลให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 80°C และระบายความร้อนด้วยระบบหอทำความเย็นหรือคูลลิ่งทาวเวอร์ (Cooling tower) เมื่อดำเนินการไพโรไลซิสอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา

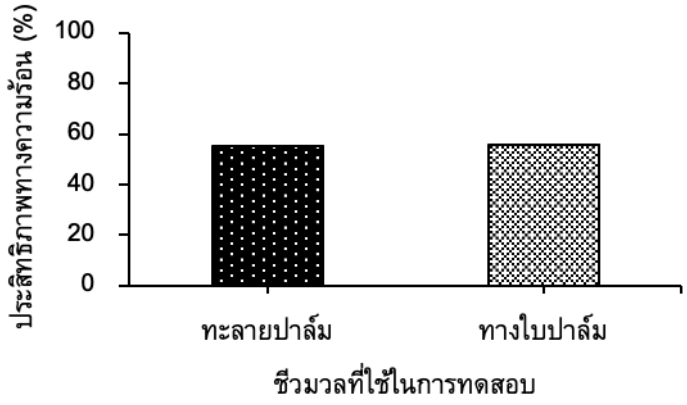
360 min จึงทำการหยุดป้อนเชื้อเพลิงให้กับระบบไพโรไลซิส อุณหภูมิตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสมีอุณหภูมิลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 พฤติกรรมของอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

การประเมินประสิทธิภาพความร้อน

ภาพที่ 5 แสดงการประเมินประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องเมื่อไพโรไลซิสทะลายปาล์ม โดยประสิทธิภาพทางความร้อนบ่งบอกถึงปริมาณพลังงานที่กระบวนการผลิตได้เทียบกับปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าระบบ ผลการประเมินพบว่าการใช้เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องกับการไพโรไลซิสทะลายปาล์มให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 55.03 % ขณะเดียวกันเมื่อเทียบกับการไพโรไลซิสทางใบปาล์มเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องมีประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 55.58 % อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาด 260 L เมื่อใช้เศษไม้และซังข้าวโพดในกระบวนไพโรไลซิส จะพบว่าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสขนาด 260 L ให้ประสิทธิภาพทางทางร้อนสูงกว่า 21% (12) ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสนำร่องมีสาเหตุเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าสูงกว่าปกติ

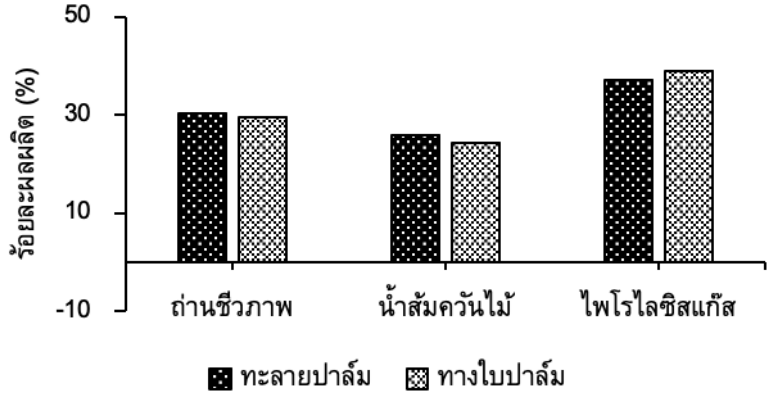


ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

สัดส่วนผลผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิส

ภาพที่ 6 แสดงสัดส่วนผลผลิตที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสทะลายปาล์มของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ผลผลิตที่ได้ประกอบด้วย ถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ และไพโรไลซิสแก๊ส โดยถ่านชีวภาพที่ได้ให้ปริมาณสูงถึง 30 % ในขณะที่น้ำส้มควันไม้ให้ปริมาณ 26 % ส่วนแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นเป็นน้ำส้มควันไม้ได้เรียกว่า ไพโรไลซิสแก๊ส ซึ่งมีปริมาณ 37 % สาเหตุที่มี

ไพโรไลซิสแก๊สจำนวนมากเกิดจากโครงสร้างของชีวมวลมีองค์ประกอบเป็นสารระเหยที่ประกอบไปด้วย ไฮโดรเจน ออกซิเจน ที่เป็นธาตุองค์ประกอบหลัก [13][14] ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมการให้ความร้อนเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัดส่วนผลผลิตจากทางใบปาล์ม พบว่าสามารถผลิตถ่านชีวภาพได้ 29 % น้ำส้มควันไม้ 26 % มีเพียงสัดส่วนของไพโรไลซิสแก๊สที่มีปริมาณที่สูงกว่า โดยองค์ประกอบของแก๊สที่ปล่อยออกระหว่างกระบวนการนี้จะมีทั้งไพโรไลซิสแก๊สและความชื้นที่มีอยู่ในองค์ประกอบของชีวมวล ปริมาณแก๊สที่ปล่อยออกมากเกินไปเป็นสาเหตุก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพของคนในชุมชน [15]



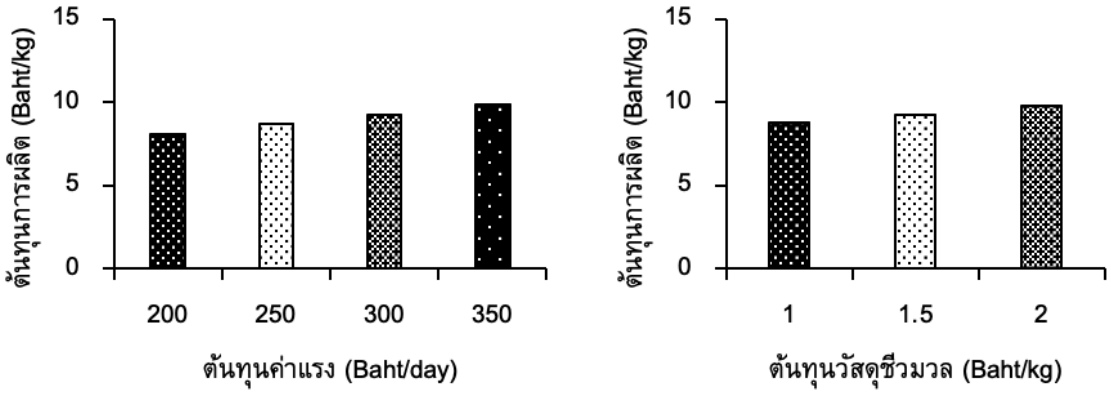
ภาพที่ 6 สัดส่วนผลผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิส

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้

ภาพที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากทะลายปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรซิสนำร่อง ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนวัสดุชีวมวล ต้นทุนค่าแรง ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนเทคโนโลยี ต้นทุนการซ่อมบำรุง และต้นทุนค่าไฟฟ้า เป็นต้น ดังตารางที่ 3 ผลจากการกำหนดราคาต้นทุนวัสดุชีวมวล 1.5 Baht/kg ค่าแรงงาน 300 Baht/day ราคาเครื่องปฏิกรณ์นำร่อง 100,000 บาท ค่าไฟฟ้า 4.5 Baht/kWh ค่าซ่อมบำรุงเครื่องต่อปี 10% และค่าเช่าสถานที่ 10,000 Baht/year สามารถวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตรวมได้ 9.27 Baht/kg ตัวแปรที่มีผลและมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงคือ ราคาต้นทุนวัสดุชีวมวลและค่าแรง ซึ่งถ้ามูลค่าของตัวแปรลดลงจะทำให้ต้นทุนลดลงตามไปด้วย จากการวิเคราะห์ผลการปรับราคาต้นทุนวัสดุชีวมวลลงที่ 1 Baht/kg พบว่าต้นทุนจะลดลง 5.33% หรือ 0.49 Baht/kg และในส่วนของค่าแรงเมื่อปรับลดลงเหลือ 250 บาท ต้นทุนจะลดลง 6.20% หรือ 0.57 Baht/kg กล่าวได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของราคาในตัวแปรต้นทุนการผลิตแต่ละประเภทจะส่งผลทำให้ราคาต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ และน้ำส้มควันไม้มีราคาที่สูงขึ้น [16] ซึ่งผลกระทบจากราคาวัสดุชีวมวลเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลอย่างมากต่อต้นทุนการผลิต

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพทะลายปาล์มน้ำมัน

ตัวแปรต้นทุนการผลิต	คิดเป็นมูลค่าต่อหน่วย (Baht/kg)
ต้นทุนวัสดุชีวมวล (Cost Raw, CR)	1.50
ต้นทุนค่าแรง (Cost Labor, CL)	3.45
ต้นทุนการจัดเก็บ (Cost storage, CS)	0.76
ต้นทุนเทคโนโลยี (Cost Technology, CT)	1.52
ต้นทุนการซ่อมบำรุง (Cost Maintenance, CM)	1.52
ต้นทุนค่าไฟฟ้า (Cost Electric, CE)	0.51
คิดเป็นต้นทุนการผลิตรวม (Total production cost)	9.27



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์และประเมินแสดงให้เห็นว่าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสมีสมรรถนะการทำงานที่ดีและมีประสิทธิภาพที่สูงสำหรับการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสามารถผลิตความร้อนได้ระหว่าง 400-600 °C ระยะเวลาดำเนินกระบวนการ 540 min ให้อัตราการความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลทะลายปาล์มและทางใบปาล์มเฉลี่ย 12.91 kg/h และ 13.54 kg/h ตามลำดับ กรณีการใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นชีวมวลในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสามารถให้ประสิทธิภาพความร้อนสูงถึง 55.03 % สามารถผลิตถ่านชีวภาพได้ 30 % และน้ำส้มควันไม้ 26 % ในส่วนของไพโรไลซิสแก๊สสามารถผลิตได้ 37 % จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้จากทะลายปาล์มมีต้นทุนอยู่ที่ 9.27 Baht/kg ซึ่งต้นทุนวัสดุชีวมวลเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ต้นทุนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงสูงและอาจส่งผลต่อกำไรที่จะได้รับ ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านชีวภาพอย่างกระบวนการอัดแท่งจึงเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนพื้นที่และเครื่องมือวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย (ม.จ.1-64-003) (มจ.1-64-003.2) ขอขอบคุณโครงการเพิ่มคุณภาพชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรโดยกระบวนการเพิ่มความหนาแน่นและการอบย่างสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และโครงการพัฒนาเชิงวิศวกรรมเตาผลิตถ่านไบโอชาร์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนแนวคิด บุคลากร และหลักการพัฒนางานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Luo, C., Yang, J., Chen, W., and Han, F. (2020). Effect of biochar on soil properties on the Loess Plateau: Results from field experiments. **Geoderma**. 369, 1-7.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2565). **ตารางดุลยภาพพลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม-เมษายน**. สืบค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2565, จาก http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html.

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2565). **LPG Price 15 Aug 2022**. สืบค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2565, จาก http://www.eppo.go.th/templates/eppo_v15_mixed/eppo_lpg/eppo_lpg_gen.php.

[4] นิกราน หอมดวง พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์ ภูนิทัต สายแก้ว กิตติกร สาสุจิตต์ นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่ ชูรัตน์ ธารารักษ์ เสริมสุขบัว เจริญ ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล และณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2562). ผลกระทบการป้อนอากาศที่มีผลต่อสมรรถนะและคุณสมบัติถ่านชีวภาพเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูง. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน.** 2(2), 59-65.

[5] Sukiran, M.A., Chin, C.M., and Abu Baker, N.K. (2009). Bio-oils from Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches. **American Journal of Applied Sciences**. 6(5), 869-875.

[6] Sembiring, K.C., Rinaldi, N., Simanungkalit, S.P. (2015). Bio-oil from Fast Pyrolysis of Empty Fruit Bunch at Various Temperature. **Energy Procedia**. 65, 162-169.

[7] Sulaiman, F., and Abdullah, N. (2011). Optimum conditions for maximising pyrolysis liquids of oil palm empty fruit bunches. **Energy**. 36, 2352-2359.

[8] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุลคลด้านพลังงาน. (2004). **การอนุรักษ์พลังงานในระบบความร้อน**. สืบค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2565, จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Heat/pre_heat_9.pdf.

[9] เจนจิรา อุตเรือน กิตติกร สาสุจิตต์ ชูรัตน์ ธารารักษ์ นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่ บุญยาพร แสนพรม พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์ และนิกราน หอมดวง. (2564). “ผลกระทบความหนาแน่นชีวมวลที่มีต่อกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพจากเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟิกส์เบด” , ใน **งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14**. วันที่ 10-12 พฤศจิกายน 2564 ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่.

[10] Chen, D., Zhou, J., Zhang, Q., Zhu, X., and Lu, Q. (2014). Upgrading of rice husk by torrefaction and its influence on the fuel properties. **Bioresources**. 9(4), 5893-5905.

[11] Theapparat, Y., Chandumpai, A., and Faroongsarng, D. (2018) Physicochemistry and Utilization of Wood Vinegar from Carbonization of Tropical Biomass Waste. **Intechopen**. 164-183.

[12] นิกราน หอมดวง พันธวัฒน์ ไชยวรรณ ภูนิทัต สายแก้ว ประภัสสร รัตนไพบูลย์ กิตติกร สาสุจิตต์ เสริมสุข บัวเจริญ นงเยาว์ หอมดวง ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล และชูรัตน์ ธารารักษ์. (2564). การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสำหรับการใช้งานผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน**. 47-53.

[13] A. Demirbus. (2004). Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. **Journal of analytical and applied pyrolysis**. 72(2), 243-248.

[14] Sukiran, M.A., Chin, C.M. and Bakar, N.K.A. (2009). Bio-oils from Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches. **American Journal of Applied Sciences**. 6 (5), 869-875.

[15] พงษ์ภิญโญ ปัญโญใหญ่ ชูรัตน์ ธารารักษ์ กิตติกร สาสุจิตต์ นำพร ปัญโญใหญ่ และนิกราน หอมดวง. (2565). การผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพดเมื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดเคลื่อนที่. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน**. 71-79.

[16] วสุธิดา นักเกษม และประสพชัย พสุนนท์. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของผู้ประกอบการธุรกิจบริการในเขตกรุงเทพมหานคร. **Veridian E-Journal, Silpakorn University**. ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, 2148-2167

การวิเคราะห์ภาระโหลดเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ กรณีศึกษาในอาคารควบคุมทางด้านพลังงานประเภทโรงพยาบาล

Refrigeration load analysis to improve centralized chiller efficiency: A case study in a hospital-type energy-controlled building

สุรศักดิ์ แก้วจันทรา[1], พงศกร คชาพงศ์กุล[1*], โกมล บัวเกตุ[2]
[1]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
[2]กระทรวงพลังงาน อาคาร บี ศูนย์เอนเนอร์ยี่ คอมเพล็กซ์ 555/2 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
* pkerdchang@rmutr.ac.th, 081-6659339, โทร. 02 441 6000 ต่อ1051-4

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อภาระโหลดเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ กรณีศึกษาในอาคารควบคุมทางด้านพลังงานประเภทโรงพยาบาล ซึ่งเครื่องทำความเย็นมีลักษณะการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นและระบบทำความเย็น มีการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็น พิกัดขนาด 125 TR จำนวน 4 เครื่อง โดยน้ำเย็นที่ผลิตได้ จะนำไปใช้สำหรับปรับอากาศภายในอาคารทั้งหมด ปัจจุบันอาคาร มีการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดพิกัด 125 TR จำนวน 2 เครื่อง (จะสลับการใช้งานกันทุกเดือน) โดยมีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวันและทำงาน 365 วันต่อปี โดยทั่วไปที่ผลต่อภาระโหลดคือ ระบบระบายความร้อนทั้งด้านและด้านเย็น อัตราการไหลของระบบน้ำเข้า-ออก เป็นต้น

จากการตรวจวัดประสิทธิภาพสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น ขนาด 7.5 kW จำนวน 2 ชุด ของอาคาร พบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการตรวจวัด เครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 7.5 kW ชุดที่ 1 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 7.05 kW เครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 7.5 kW ชุดที่ 2 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 7.13 kW สมรรถนะการทำงานในระบบทำความเย็นทั้งหมดของอาคารนี้ พบว่าสมรรถนะที่ได้จากการตรวจวัด มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 247.58 kW เปอร์เซ็นต์การทำงานเฉลี่ย 81.25 % และมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบเฉลี่ย 1.193 kW/TR โดยอุปกรณ์ทำความเย็นนี้ ถูกออกแบบมาให้มีค่าประสิทธิภาพสมรรถนะการออกแบบระบบ 1.143 kW/TR และเมื่อมีการเปลี่ยนไปใช้เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง ทดแทนชุดเดิม สามารถประมาณการข้อมูลการจากเครื่องทำน้ำเย็นมาตรฐานประสิทธิภาพสูง จะมีภาระการทำความเย็นเฉลี่ย 205.71 TR มีสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง 1.125 kW/TR ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นก่อนปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐานค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า 0.99 kW/TR_{STD} แฟคเตอร์การใช้งานหลังการปรับปรุง 100 % กำลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง 229.11 kW พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง 2,007,003.60 kWh/ปี ผลการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง กำลังไฟฟ้าที่ลดลงรวม 33.92 kW (ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดและการคำนวณ) พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 297,139.20 kWh/ปี พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่าน้ำมันดิบ 25.322 toe/ปี จำนวนเงินที่ประหยัดได้ 1,188,556.80 บาท/ปี โดยที่มีเงินลงทุนทั้งสิ้น 12,962,000 บาท (เป็นราคาเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 4 เครื่อง) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลประหยัด 12 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: สมรรถนะการทำความเย็น, ประสิทธิภาพการทำความเย็น, เครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์

บทนำ

ปัจจุบันพบว่าอาคารประเภทโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานสูง และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีกในอนาคต ทำให้ภาคธุรกิจหันมาให้ความสนใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามนโยบายอนุรักษ์พลังงาน และการลดก๊าซเรือนกระจกจากสารทำความเย็น (HFCs) สำหรับบางอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงเรื่องการอนุรักษ์พลังงานย่อมมีสมรรถนะการประหยัดพลังงานต่ำ แต่ในขณะเดียวกันแม้ว่าบางอาคาร จะมีการนำแนวคิดเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ในกระบวนการออกแบบแล้วก็ตามแต่ยัง ลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานได้ไม่มากนัก สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาบางประการที่เกิดขึ้นในการออกแบบ และการใช้งานของอาคาร ซึ่งทำให้ไม่ประสบผลสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานตามที่คาดหวังไว้ ซึ่งระบบปรับอากาศของอาคารที่อยู่ในกลุ่มอาคารควบคุมตาม พ.ร.บ. ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550) นั้นต้องการให้มีการบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ และปรับตั้งค่าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และการเปลี่ยนแปลงไปใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น โดยถือเป็นวาระที่ทุกภาคส่วนทุกหน่วยงานต้องร่วมดำเนินงานอย่างเคร่งครัดและทันทีสำหรับอาคารอาคารควบคุมขนาดใหญ่ ในรายงานการประชุมวิชาการ [1-3] ได้กล่าวถึงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและทำความเย็นของประเทศไทยและแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ปัจจุบันสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณร้อยละ 50 ของประเทศ ซึ่งหากไม่มีมาตรการใดๆ คาดว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 3 เท่าภายในปี พ.ศ. 2573 นอกจากนี้ภาคระบบปรับอากาศและทำความเย็นยังเป็นส่วนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และการใช้สารทำความเย็นที่มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หรือ Global Warming Potential (GWP) ที่สูงอีกด้วย

อาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล ในประเทศไทยมีเป็นจำนวนมากจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ปีพ.ศ.2562 มีอาคารควบคุมทั้งหมด 3,118 แห่ง แบ่ง เป็นอาคารประเภทโรงพยาบาล 279 แห่ง หรือคิดเป็น 24% เมื่อเปรียบเทียบจำนวนอาคารควบคุมทั้งหมด การบริหารการจัดการการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล จึงมีความสำคัญมาก และไม่เพียงเป็นการลดต้นทุนด้านพลังงานของอาคารควบคุมลง ยังส่งผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศลงได้ โดยทั่วไประบบทำน้ำเย็นมีการใช้พลังงานประมาณ 40-80% (ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งาน) ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด ซึ่งเป็นอาคารประเภทโรงพยาบาล อยู่ในกลุ่มของอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550 ยังคงใช้งานระบบทำน้ำเย็น อย่างไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมกับการใช้งานของอาคารประเภทโรงพยาบาล เนื่องจากมีภาระการทำงานหรือภาระการทำความเย็นที่ไม่คงที่ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการ สภาวะโหลดความร้อนจากอุณหภูมิอากาศมีเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอื่นๆ และการมองข้ามการบำรุงรักษา ซึ่งอาจไม่ทราบหลักการหรือปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบ บทำน้ำเย็นรวมถึง วิธีการควบคุมและใช้งานอย่างถูกต้องเหมาะสม ทำให้โรงงานสูญเสียโอกาสในการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและต้องสิ้นเปลืองพลังงานอย่างเปล่าประโยชน์

ดังนั้นการศึกษานี้จะเป็นการดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานระบบทำความเย็น ของอาคารโรงพยาบาลขนาดใหญ่ ต้องวิเคราะห์การใช้งานระบบทำน้ำเย็น ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวัดกับวิเคราะห์การใช้พลังงานระบบทำความเย็น ของอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่ [6] เช่น อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำเย็น, อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของระบายความร้อน, อุณภูมิกับสภาพแวดล้อม ของอาคารให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ซึ่งรวบรวมข้อมูลภาระโหลดทำความเย็นในอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ซ้ำหรือไม่คงที่ โดยพิจารณาจากโหลดผู้มาใช้บริการ และโหลดสภาวะอากาศแวดล้อม เพื่อพิจารณาค่าภาระโหลดทำความเย็นที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงของอาคารประเภทโรงพยาบาลในประเทศไทยมากที่สุด

วิธีการวิจัย

แนวทางการศึกษาวิจัยนี้มีลำดับการตรวจวัดเพื่อการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อภาระโหลดเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ กรณีศึกษาในอาคารควบคุมทางด้านพลังงานประเภทโรงพยาบาล ซึ่งมีแนวทางการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นรูปแบบการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงานในมาตรการใช้ โดยจะพิจารณาจากค่าสมรรถนะ (kW/TR) ของระบบทำน้ำเย็นที่เปิดใช้งาน โดยวัดค่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องทำน้ำเย็น, เครื่องสูบน้ำเย็น , เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และหอผึ่งเย็น ทุกชุด และความสามารถในการทำความเย็น (TR) โดยตัวแปรควบคุมคือ อุณหภูมิอากาศเข้าระบายความร้อน และภาระการทำน้ำเย็น ทั้งนี้ในกรณีมีการปรับปรุงหรือนำแนวทางการศึกษาเกณฑ์มาตรประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ จะคำนวณ ค่าสมรรถนะเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงมาเปรียบเทียบกัน โดยพลังงานไฟฟ้าปีฐาน และคำนวณจากค่าสมรรถนะเฉลี่ย ภาระการทำน้ำเย็น มาเป็นตัวประกอบการทำงาน และชั่วโมงการทำงานต่อปี (สมมติฐานให้ตัวประกอบการทำงาน และชั่วโมงการใช้งานต่อปี ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงเท่ากัน)

วิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพอุปกรณ์ทำความเย็นและระบบทำความเย็นของการวิจัยนี้

(1) การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น (ตรวจวัดต่อเนื่องทุก 10 นาที เป็นเวลา 5 วัน) [4]

- วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น
- วัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก
- วัดกำลังไฟฟ้า

(2) การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น

- เครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Pump)
- เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Pump)

(3) การตรวจวัดสมรรถนะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

- พิกัดอัตราการไหลของน้ำเย็น
- พิกัดกำลังไฟฟ้า
- อุณหภูมิโดยรอบ

(1.1) การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น (ตรวจวัดต่อเนื่องทุก 10 นาที เป็นเวลา 5 วัน)

ตารางที่ 1 การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

ลำดับ	การตรวจวัด	เครื่องมือตรวจวัด	ลักษณะการตรวจวัด
1	วัดกำลังไฟฟ้า	Power Meter	วัดต่อเนื่องทุก 10 นาที เป็นเวลา 5 วัน ขณะรับภาระสูงสุด
2	วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	Ultrasonic Flow Meter	
3	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก	Thermometer	

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องนั้น ในการเก็บข้อมูลแต่ละค่าจะต้องดำเนินการวัดค่าในเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกันให้มากที่สุด เราสามารถตรวจวัดค่าสมรรถนะของเครื่องที่ภาระการทำงานต่างๆ ของเครื่องได้ โดยในระหว่างดำเนินการทดสอบจะต้องควบคุมภาระของเครื่องให้มีค่าคงที่ซึ่งควรจะใช้การควบคุมแบบ Manual แทนการให้เครื่องทำงานแบบ Automatic เว้นเสียแต่ว่า ภาระความเย็นของระบบ (Cooling Load) ในช่วงเวลาทดสอบมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงก็สามารถตรวจวัดได้ทันทีแต่ค่าที่วัดได้นั้นเป็นค่าที่ภาระของเครื่อง ณ ขณะนั้นเท่านั้น ดังนั้น ถ้าต้องการหาสมรรถนะสูงสุดจะต้องทำการตรวจวัดที่ภาระของเครื่องประมาณ 80-95%

(1.2) การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น

ตารางที่ 2 การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน

ลำดับ	การตรวจวัด	เครื่องมือตรวจวัด	ลักษณะการตรวจวัด
1	วัดกำลังไฟฟ้า	Power Meter	วัดชั่วขณะเนื่องจากอัตรา
2	วัดอัตราการไหลของน้ำ	Ultrasonic Flow Meter	การไหลของน้ำคงที่

การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องสูบน้ำนั้นสำคัญที่การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำที่จะต้องหาจุดตรวจวัดที่ห่างจากข้อต่อข้องอและวาล์วตามที่มาตรฐานเครื่องมือวัดกำหนด เพื่อให้การไหลของน้ำในท่ออยู่ในสภาวะคงที่ (Laminar Flow) และถ้ามีอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์อัตโนมัติจะต้องปรับตั้งเป็น Manual และควบคุมที่ 50Hz

(1.3) การตรวจวัดสมรรถนะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

ตารางที่ 3 การตรวจวัดสมรรถนะหอระบายความร้อน

ลำดับ	การตรวจวัด	เครื่องมือตรวจวัด	ลักษณะการตรวจวัด
1	วัดกำลังไฟฟ้า	Power Meter	วัดขณะที่รับภาระสูงสุด
2	วัดสภาพอากาศแวดล้อม	Thermometer	
3	วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	Ultrasonic Flow Meter	
4	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก	Thermometer	

การตรวจวัดสมรรถนะหอระบายความร้อนจะต้องทำการตรวจวัดด้วยวิธีการทางด้านน้ำระบายความร้อนเท่านั้นจึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง โดยการวัดอุณหภูมิของน้ำนั้นเราสามารถใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้วหรือแบบดิจิตอลตรวจวัดได้เช่นกัน โดยการตรวจวัดให้หัววัดสัมผัสกับน้ำเข้าหรือออกโดยตรงจะให้ค่าที่ถูกต้องที่สุดส่วนวิธีการวัดด้วยวิธีทางด้านอากาศนั้น การดำเนินการจะยุ่งยากกว่ามาก อีกทั้งในการวัดคุณสมบัติของอากาศขาออกจากหอระบายความร้อนนั้น ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์แบบอิเล็กทรอนิกส์/ในการตรวจวัดได้นอกจากนั้นความเร็วลมที่ตรวจวัดได้ จะมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลให้การวิเคราะห์สมรรถนะเกิดความผิดพลาดสูง

การตรวจวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น [4]

การตรวจวัดดัชนีการใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น จะพิจารณาค่าสมรรถนะของเครื่องในรูปของกำลังไฟฟ้าที่ใช้เทียบกับความสามารถในการทำความเย็นที่ได้ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ; kW/TR) ในขณะที่เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ภาระสูงสุด เนื่องจากค่า kW/TR ของเครื่องจะเปลี่ยนไปตามภาระของเครื่อง โดยเครื่องมีค่า kW/TR ต่ำที่สุด เมื่อรับภาระประมาณ 80-95% โดยใช้สมการคำนวณ ดังนี้

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น

$$Chp = \frac{PC}{Q} \quad \text{kW/TR} \qquad (1)$$

เมื่อ

PC = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)

Q = ความสามารถในการทำความเย็น (TR)

การตรวจวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน [4]

การตรวจวัดดัชนีการใช้พลังงานเครื่องสูบ จะพิจารณาค่าสมรรถนะในรูปของอัตราการไหลของน้ำ ที่ได้เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้(แกลลอนต่อนาทีต่อกิโลวัตต์ ; GPM/kW) เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าพิกัดของเครื่องสูบน้ำ หรือใช้เปรียบเทียบกับค่าพิกัดเครื่องสูบน้ำใหม่ที่จะนำมาใช้ทดแทน โดยใช้สมการคำนวณดังนี้

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำเย็น

$$IA = \frac{FL}{EL} \quad \text{GPM/kW} \qquad (2)$$

เมื่อ

FL = อัตราการไหลของน้ำเย็นเข้าหรือออกจากเครื่องสูบน้ำ (GPM)

EL = กำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบน้ำใช้ (kW)

การตรวจวิเคราะห์สมรรถนะหอผึ่งระบายความร้อน

การตรวจวัดดัชนีการใช้พลังงานหอผึ่งระบายความร้อนจะพิจารณาความสามารถในการระบายความร้อนจริงเทียบกับพิกัด (TR) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อความสามารถในการระบายความร้อน (kW/TR) โดยใช้สมการคำนวณ ดังนี้

ความสามารถในการระบายความร้อน

$$QT = 500\ x\ F\ x\ \frac{\Delta T}{12{,}000} \qquad (3)$$

เมื่อ

F = อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน (GPM)

ΔT = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า – อุณหภูมิน้ำเย็นออก (°F)

ดัชนีการใช้พลังงานของหอระบายความร้อน

$$IC = \frac{PA}{QT} \quad \text{kW/TR} \qquad (4)$$

เมื่อ

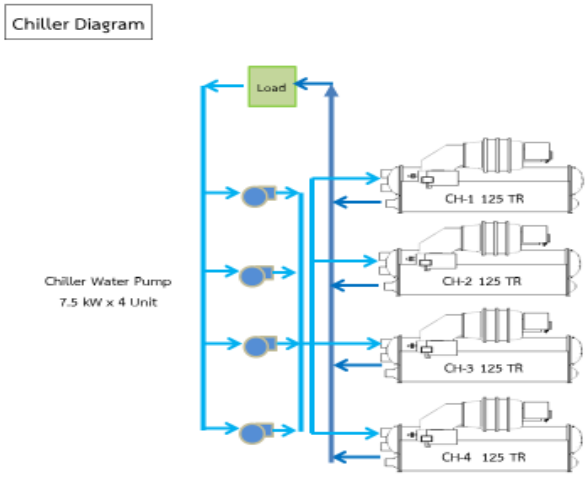
PA = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)

QT = พิกัดการทำความเย็น (TR)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาโรงพยาบาลแห่งหนึ่งที่มีขนาดจำนวนเตียงที่รับได้มากกว่า 300,000 คน/ปีจำนวนเตียงจริงมากกว่า 20,000 เตียง-วัน/ปี และมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 9,600,985.00 kWh/ ปี พลังงานเทียบเท่า 3.6 MJ-h/ปี คิดเป็นพลังงานความร้อน 34,563,546.00 MJ/ปี คิดเป็นน้ำมันดิบเท่ากับ 818.099 toe/ปี ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย 3.86 บาทต่อชั่วโมงต่อปี ค่าใช้จ่าย 37,089,152.76 บาทต่อปี ซึ่งมีประเภทอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ 4.2.2 และมีหมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้ารวม 3 หมายเลข จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าโรงพยาบาลแห่งนี้อยู่ในกลุ่มของอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550

ลักษณะการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นและระบบทำความเย็น มีการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็น พิกัดขนาด 125 TR จำนวน 4 เครื่อง โดยน้ำเย็นที่ผลิตได้ จะนำไปใช้สำหรับปรับอากาศภายในอาคารทั้งหมด ปัจจุบันอาคาร มีการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดพิกัด 125 TR จำนวน 2 เครื่อง (จะสลับการใช้งานกันทุกเดือน) โดยมีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และทำงาน 365 วันต่อปี ซึ่งจะแสดงแผนผังในระบบทำความเย็นของอาคาร ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำเย็น (Process Flow Diagram)

ข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น และระบบทำความเย็น

ตารางที่ 4 ข้อมูลการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ลำดับ	รายละเอียด	สัญลักษณ์	ข้อมูล				หน่วย	ที่มาของข้อมูล
			CH 1	CH 2	CH 3	CH 4		
1	ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)							
1.1	พิกัดการทำความเย็น	$Load_{CH}$	125.0	125.0	125.0	125.0	TR	Nameplate
1.2	ชนิดเครื่องทำน้ำเย็น	-	Air Cooled	Air Cooled	Air Cooled	Air Cooled	-	Nameplate
1.3	รุ่น		N/A	N/A	N/A	N/A	-	Nameplate
1.4	ผู้ผลิต	-	York	York	York	York	-	Nameplate
1.5	ชนิดเครื่องอัดสารทำความเย็น	-	Screw	Screw	Screw	Screw	-	Nameplate
1.6	ชนิดสารทำความเย็น	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	Nameplate
1.7	พิกัดกำลังไฟฟ้า	P	140.0	140.0	140.0	140.0	kW	Nameplate
1.8	พิกัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	Fl	300.0	300.0	300.0	300.0	GPM	Nameplate
1.9	พิกัดสมรรถนะ	Eff	1.120	1.120	1.120	1.120	kW/TR	Nameplate
1.10	พิกัดดัชนีการไหลของน้ำเย็น	-	2.40	2.40	2.40	2.40	GPM/TR	Nameplate
1.11	ชั่วโมงการทำงานตาม (Hour Meter)	H	8,760	8,760	-	-	ชม./ปี	คาดการณ์
1.12	เครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระเฉลี่ย	กลางวัน	70 - 80	75 - 85	-	-	%	คาดการณ์
		กลางคืน	50 - 60	50 - 60	-	-	%	คาดการณ์

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ผลิตสำหรับระบบปรับอากาศอาคารโรงพยาบาลนี้มีข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และการใช้งานทั้งหมด 4 ชุด CH_1 ขนาด 125 Ton เปิดใช้งาน 90 - 100 %, CH_2 ขนาด 125 Ton เปิดใช้งาน 90 - 100 %, CH_3 ขนาด 125 Ton และ CH_4 ขนาด 125 Ton ไม่เปิดใช้งาน

ตารางที่ 5 ข้อมูลการใช้งานปั๊มสูบน้ำเย็น (Chiller Pump)

ลำดับ	รายละเอียด	สัญลักษณ์	ข้อมูล				หน่วย	ที่มาของข้อมูล
			CP 1	CP 2	CP 3	CP 4		
1	องค์ประกอบเบื้องต้น							
1.1	ผู้ผลิต	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	Nameplate
1.2	พิกัดกำลังไฟฟ้า	P	7.5	7.5	7.5	7.5	kW	Nameplate
1.3	พิกัดอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน	Fl	300.0	300.0	300.0	300.0	GPM	Nameplate
1.4	พิกัดสมรรถนะ	-	40.0	40.0	40.0	40.0	GPM/kW	คำนวณ

ข้อมูลเครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Pump) และการใช้งานทั้งหมด 4 ชุด

CHP 1 ขนาด 7.5 kW ☐ ไม่เปิดใช้งาน ☑ เปิดใช้งาน 90 - 100 %

CHP 2 ขนาด 7.5 kW ☐ ไม่เปิดใช้งาน ☑ เปิดใช้งาน 90 - 100 %

CHP 3 ขนาด 7.5 kW ☑ ไม่เปิดใช้งาน ☐ เปิดใช้งาน ..... %

CHP 4 ขนาด 7.5 kW ☑ ไม่เปิดใช้งาน ☐ เปิดใช้งาน ..... %

การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น และระบบทำความเย็น (ก่อนปรับปรุง)

ตารางที่ 6 การประเมินประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) (ก่อนปรับปรุง)

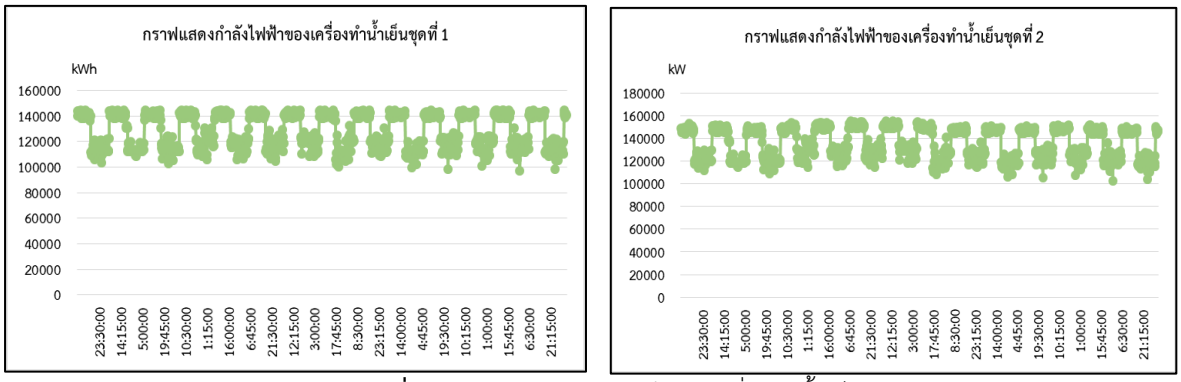
ลำดับ	รายละเอียด	สัญลักษณ์	ข้อมูล				หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล
			CH 1	CH 2	CH 3	CH 4		
1	ข้อมูลประกอบเบื้องต้น							
1.1	พิกัดการทำความเย็น	$Load_{CH}$	125.0	125.0	125.0	125.0	TR	Nameplate
1.2	ชนิดเครื่องทำน้ำเย็น	-	Air Cooled	Air Cooled	Air Cooled	Air Cooled	-	Nameplate
1.3	ชนิดเครื่องอัดสารทำความเย็น	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	Nameplate
1.4	ผู้ผลิต	-	York	York	York	York	-	Nameplate
1.5	ชนิดสารทำความเย็น	-	Screw	Screw	Screw	Screw	-	Nameplate
1.6	พิกัดกำลังไฟฟ้า	P	N/A	N/A	N/A	N/A	kW	Nameplate
1.7	พิกัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	Fl	140.0	140.0	140.0	140.0	GPM	Nameplate
1.8	พิกัดสมรรถนะ	Eff	300.0	300.0	300.0	300.0	kW/TR	Nameplate /คำนวณ
1.9	พิกัดดัชนีการไหลของน้ำเย็น	-	1.120	1.120	1.120	1.120	GPM/TR	Nameplate /คำนวณ
2	ข้อมูลจากการตรวจวัด							
2.1	กำลังไฟฟ้าสูงสุด	P_{max}	144.85	154.85	-	-	kW	ตรวจวัด
2.2	กำลังไฟฟ้าต่ำสุด	P_{min}	97.24	102.24	-	-	kW	ตรวจวัด
2.3	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	P_{ave}	127.92	135.11	-	-	kW	ตรวจวัด
2.4	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเฉลี่ย	Tin	54.2	54.6	-	-	°F	ตรวจวัด
2.5	อุณหภูมิน้ำเย็นออกเฉลี่ย	Tout	47.2	47.1	-	-	°F	ตรวจวัด
2.6	อัตราการไหลน้ำเย็นเฉลี่ย	Fl_{ave}	287.1	276.2	-	-	GPM	ตรวจวัด
2.7	ภาระความเย็นสูงสุด	L_{max}	102.24	104.20	-	-	TR	คำนวณ
2.8	ภาระความเย็นต่ำสุด	L_{min}	59.88	62.31	-	-	TR	คำนวณ
2.9	ภาระความเย็นเฉลี่ย	L_{ave}	84.29	86.04	-	-	TR	คำนวณ
2.10	ดัชนีการใช้น้ำเย็นเฉลี่ย	-	3.40	3.21	-	-	GPM/TR	คำนวณ
2.11	สมรรถนะสูงสุด	Eff_{Max}	1.383	1.415	-	-	kW/TR	คำนวณ
2.12	สมรรถนะต่ำสุด	Eff_{Min}	1.658	1.743	-	-	kW/TR	คำนวณ
2.13	สมรรถนะเฉลี่ย	Eff_{Ave}	1.521	1.574	-	-	kW/TR	คำนวณ

ตารางที่ 7 การประเมินประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Pump) (ก่อนปรับปรุง)

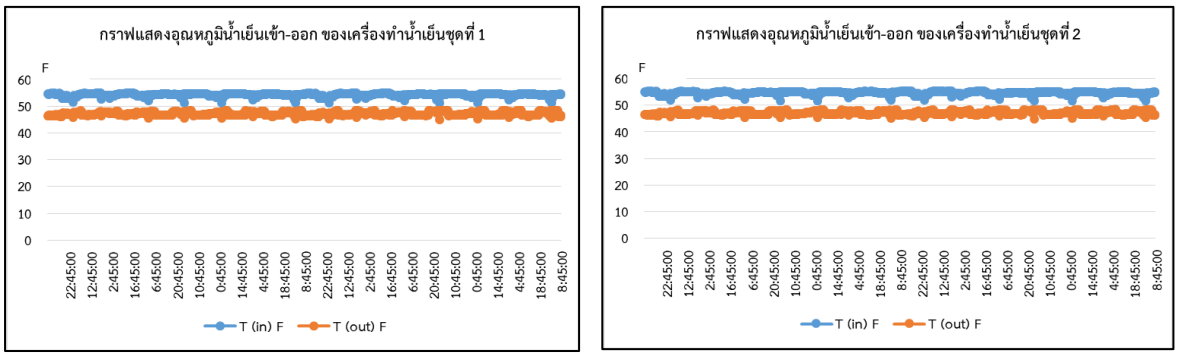
ลำดับ	รายละเอียด	สัญลักษณ์	ข้อมูล				หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล
			CP 1	CP 2	CP 3	CP 4		
1	องค์ประกอบเบื้องต้น							
1.1	ผู้ผลิต	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	Nameplate
1.2	พิกัดกำลังไฟฟ้า	P	7.5	7.5	7.5	7.5	kW	Nameplate
1.3	พิกัดอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำเย็น	Fl	300.0	300.0	300.0	300.0	GPM	Nameplate
1.4	พิกัดสมรรถนะ	-	40.0	40.0	40.0	40.0	GPM/kW	คำนวณ
2	ข้อมูลจากการตรวจวัด							
2.1	กำลังไฟฟ้าสูงสุด	P_{max}	-	-	-	-	kW	ตรวจวัด
2.2	กำลังไฟฟ้าต่ำสุด	P_{min}	-	-	-	-	kW	ตรวจวัด
2.3	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	P_{ave}	7.32	7.46	-	-	kW	ตรวจวัด
2.4	อัตราการไหลน้ำเย็นเฉลี่ย	Fl_{ave}	287.1	276.2	-	-	GPM	ตรวจวัด
2.5	ดัชนีการใช้น้ำเย็นเฉลี่ย	-	39.22	37.02	-	-	GPM/kW	คำนวณ

จากการตรวจวัดอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำเย็น พบว่า อัตราการไหลของน้ำเย็น มีค่าประมาณ 3.30 PM/TR ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ จึงได้แนะนำให้โรงพยาบาลฯ ดำเนินการเปลี่ยนไปใช้เครื่องทำน้ำเย็นชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็น

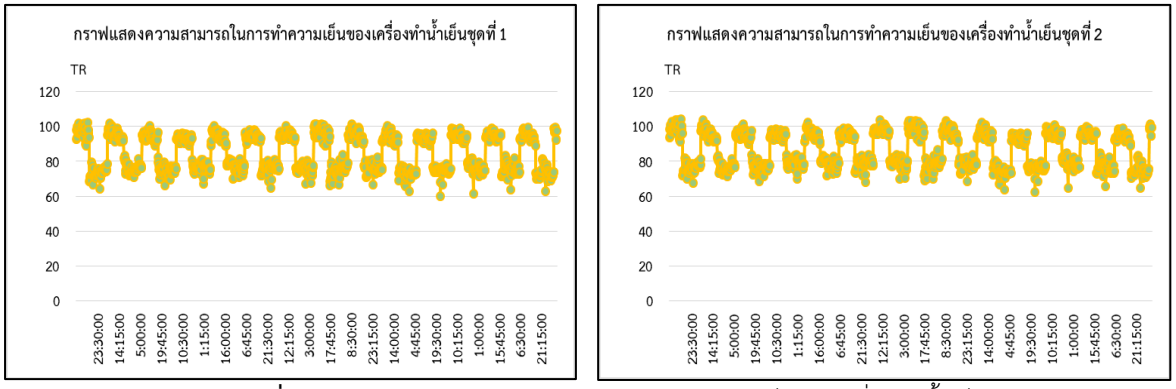
แสดงข้อมูลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น



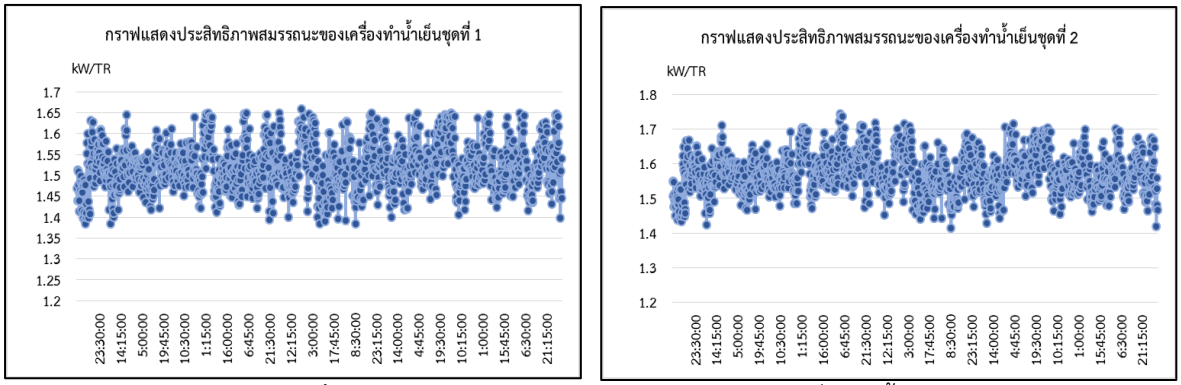
ภาพที่ 2 กราฟแสดงข้อมูลกำลังไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็น



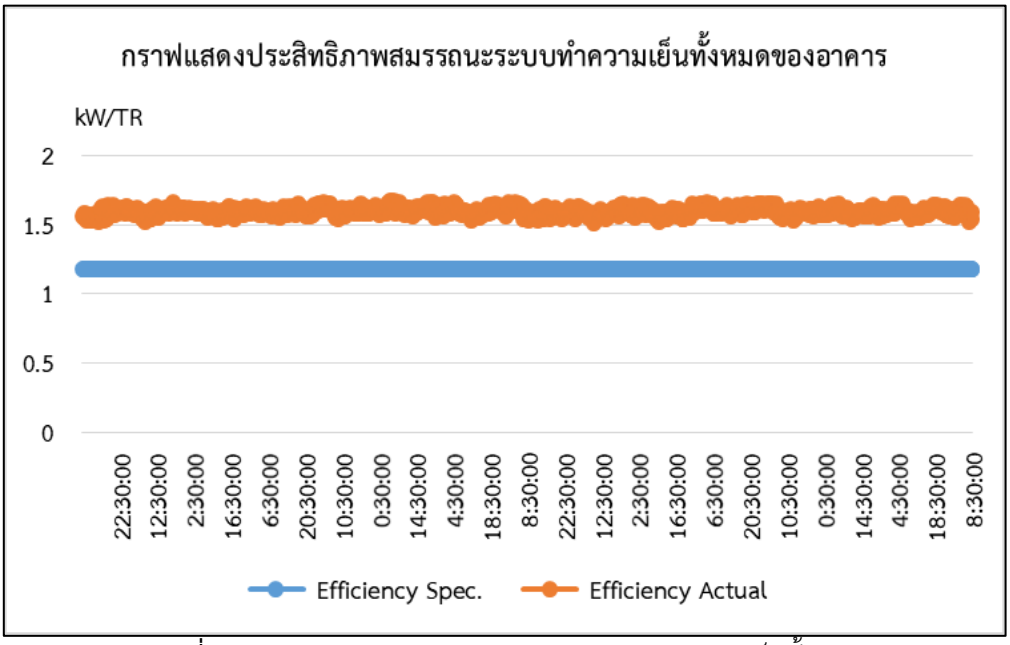
ภาพที่ 3 กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็น



ภาพที่ 4 กราฟแสดงข้อมูลความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น



ภาพที่ 5 กราฟแสดงข้อมูลประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น



ภาพที่ 6 กราฟแสดงประสิทธิภาพสมรรถนะของระบบทำความเย็นทั้งระบบ

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นและระบบทำความเย็น (หลังปรับปรุง)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสูญเสียพลังงาน สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น

โรงพยาบาลมีการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 125 ตัน จำนวน 4 ชุด (เปิดใช้งานครั้งละ 2 ชุดต่อวัน) มีการเปิดใช้งานตั้งแต่เวลา ตลอด 24 ชั่วโมง และมีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี พบว่าเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพใช้พลังงานค่อนข้างสูง การผลิตน้ำเย็นไม่เป็นไปตามพิกัดตามมาตรฐานผู้ผลิต เนื่องจากอายุการใช้งานหลายปี และขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง ส่งผลให้เกิดการสูญเสียการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก อาคารจึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นแบบประสิทธิภาพสูง เข้ามาใช้งานในโรงพยาบาลโดยการวิเคราะห์การพลังงานและภาระโหลดการทำความเย็นที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสูญเสียพลังงาน สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้น เพื่อให้ระบบทำความเย็นในหน่วยงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาคารควรมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนไปใช้เครื่องสูบน้ำเย็นชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง ทดแทนชุดเดิม ส่งผลให้อาคารลดการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระบบทำความเย็นได้เป็นอย่างมาก ซึ่งการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) (หลังปรับปรุง) ดังตารางแสดงผลประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นมีดังนี้

ตารางที่ 8 แสดงผลประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1

Part load	Capacity	Power	Evaporator	In Temp	Out Temp	kW/ton
%	ton	kW	GPM	°F	°F	
100	124.51	135.34	304.9	55.0	45.2	1.087
90	116.92	131.53	298.5	54.9	45.5	1.125
80	102.63	115.69	306.4	54.0	46.0	1.133
70	88.78	103.64	300.1	53.5	46.4	1.167

ตารางที่ 9 แสดงผลประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 2

Part load	Capacity	Power	Evaporator	In Temp	Out Temp	kW/ton
%	ton	kW	GPM	°F	°F	
100 (95)	121.51	132.36	303.8	55.1	45.5	1.089
90	114.97	128.46	296.7	55.1	45.8	1.117
80	101.12	113.98	303.4	54.9	46.9	1.127
70	89.20	98.80	301.5	54.2	47.1	1.108
60	77.44	85.85	299.8	53.0	46.8	1.109

สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์ระบบทำน้ำเย็นสำหรับปรับอากาศของโรงพยาบาลแห่งนี้ พอสรุปผลการตรวจวัดประสิทธิภาพสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นและระบบทำความเย็นดังนี้

1.เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

จากการตรวจวัดประสิทธิภาพสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ทำความเย็น ขนาด 127.7 ตันความเย็น จำนวน 2 เครื่อง ของอาคารพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการตรวจวัดโดยเฉลี่ย CH1 มีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เท่ากับ 1.135 kW/TR เปอร์เซ็นต์การทำงาน เท่ากับ 65 - 100 % และ CH2 มีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เท่ากับ 1.113 kW/TR เปอร์เซ็นต์การทำงาน เท่ากับ 55 - 95 % โดยศึกษาเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นติดตั้งใหม่ ขนาดพิกัด 127.70 ตันความเย็น มีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นเท่ากับ 1.085 kW/TR

2 เครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Pump)

จากการตรวจวัดประสิทธิภาพสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น ขนาด 7.5 kW จำนวน 2 ชุด ของอาคารพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการตรวจวัด เครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 7.5 kW ชุดที่ 1 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 7.05 kW เครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 7.5 kW ชุดที่ 2 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 7.13 kW

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบทำความเย็น จากการตรวจวัดประสิทธิภาพสมรรถนะการทำงานในระบบทำความเย็นทั้งหมด ของอาคาร เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นจำนวน 4 เครื่อง เงินลงทุน 12,962,000 บาท พบว่าประสิทธิภาพสมรรถนะที่ได้จากการตรวจวัด มีดังนี้อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ยที่ 95 °F และอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกเฉลี่ยที่ 46.2 °F กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัด เท่ากับ 247.58 kW, ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย เท่ากับ 207.51 (255.40 TR), เปอร์เซ็นต์การทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 81.25 % และมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบเฉลี่ย เท่ากับ 1.193 kW/TR โดยอุปกรณ์ทำความเย็นนี้ ถูกออกแบบมาให้มีค่าประสิทธิภาพสมรรถนะการออกแบบระบบ เท่ากับ 1.143 kW/TR เมื่อพิจารณาการมาตรการ : การเปลี่ยนไปใช้เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง ทดแทนชุดเดิม สามารถสรุปได้ดังนี้ ประมาณการข้อมูลการตรวจวัด (หลังปรับปรุง) จากเครื่องทำน้ำเย็นมาตรฐานประสิทธิภาพสูง ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย 205.71 TR มีสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง 1.125 kW/TR ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นก่อนปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐาน (ChpPre STD) 0.99 kW/TR_{STD} (ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า) แฟคเตอร์การใช้งาน หลังการปรับปรุง 100 % กำลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง 229.11 kW พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง 2,007,003.60 kWh/ปี กำลังไฟฟ้ารวมลดลง 33.92 kW (ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดและการคำนวณ) พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 297,139.20 kWh/ปี พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่าน้ำมันดิบ 25.322 toe/ปี จำนวนเงินที่ประหยัดได้ 1,188,556.80 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลประหยัด 12.90 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้งานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 4 เครื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] อายุส ยุวรี และทศพล สถิตสุวงศ์กุล, (2015) **หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่งชนิดอัดไอหลายขั้น. Trane Thailand e-Magazine**. July 2015:ISSUE 30

[2] ตุลย์ มณีวัฒนา, (2015). **การคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย**, หน้า 43-63.

[3] ชลทศ ประเทืองสุขพงษ์ และอภิชิต เทิดโยธิน,(2017). **ศักยภาพการประหยัดพลังงานในเครื่องทำน้ำเย็นรูปแบบต่างๆ ในอาคารปรับอากาศที่มีอยู่เดิม, วารสารวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**, หน้า 150-160.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, **การตรวจสอบและวิเคราะห์การทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์**, http://dede-peecb.bright-ce.com

[5] ฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ปี พ.ศ.2562, https://webkc.dede.go.th/testmax/node/5231

[6] พงศกร คชาพงศ์กุล, สุรศักดิ์ แก้วจันทรา. (2562). **การวิเคราะห์ระบบทำน้ำเย็นแบบหอยโข่งชนิดอัดไอหลายขั้นสำหรับปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 4**. หน้า 639–649

[7] Yani Bao, SH Lee, Jie Jia และ WL Lee, (2021). **Developing an integrated part load value for chillers of office buildings in Hong Kong, International Journal of Refrigeratio**n 129 (2021) PP.139–152

[8] Keyan Ma, Tianyi Zhao, Dandan Shen, Mingsheng Liu, (2017). **Web Based Chiller Plant Optimal Control-A Case Study, 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning**, ISHVAC2017, 19-22 October 2017, Jinan, China, PP. 967–974



นวัตกรรมด้านพลังงานและยานยนต์สมัยใหม่

หมายเหตุ : บทความที่มีเฉพาะบทคัดย่อเป็นบทความที่ได้รับการพิจารณาเพื่อดำเนินการต่อไปในส่วนของวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพน้ำโดยใช้พลังงานต่ำแบบทุ่นลอยน้ำ

Development of Buoyancy Water Quality Meter Using Low Energy

สัญชัย สุวรรณศรี[1] ทศพล แก้วรากมุข[2] และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร[3*]

[1, 2, 3] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email : jakkree_s@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพัฒนาของระบบการสื่อสาร 5G และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวหน้าไปมาก ดังนั้นการออกแบบเครื่องมือวัดจึงได้มีการพัฒนาและประสิทธิภาพสูงขึ้น เครื่องมือวัดคุณภาพของน้ำเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากโดยได้มีการพัฒนา ออกแบบและวิจัยเพื่อนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมและทางทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากปัญหาการปนเปื้อนของน้ำ ทั้งนี้วิธีการจัดการคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคกับการเลี้ยงสัตว์น้ำและการอุปโภค บริโภคของมนุษย์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพของน้ำโดยใช้ระบบที่มีเซ็นเซอร์พร้อมกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย และสัญญาณแจ้งเตือน โดยสามารถตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจัดเก็บข้อมูลไปยัง Google Sheet ทั้งนี้ระบบที่ออกบบนี้เป็นลักษณะของทุ่นลอยน้ำและกินพลังงานไฟฟ้าต่ำ ในการออกแบบระบบตรวจวัดและบันทึกค่าคุณภาพน้ำได้ออกแบบการทำงานโดยใช้บอร์ด Arduino WIFI เชื่อมโยงกับ Google App Script เพื่อทำการเก็บบันทึกค่าที่ได้ทำการตรวจวัดไปยัง Google Sheet พร้อมทั้งแจ้งเตือนไปยัง Line notify ในรูปแบบ Real Time การการทดสอบพบว่าแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบขนาด 12 V 9000mAh สามารถทำงานได้ถึง 85 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เครื่องวัดคุณภาพน้ำ ทุ่นลอยน้ำ ระบบสมองกลฝังตัว

การเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตการอบข้าวแต๋นด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานร่วมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนใน

Encreasing efficiency and increasing productivity of Khao Tan with a co-solar-powered drying cabinet for the Ban Non Nai Community Enterprise Group

ภาคิณ มณีโชติ[1], ภูวดินทร์ ปรีเปรม[2], ศุภโชค วงษ์เวียง[3],คัทลียา ปัญญาอูด[4],วาสนา มณีโชติ[5]และเทพ เกื้อทวีกุล[6*]

[1,2,3,6]สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

[4]สำนักงานคณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

[5]สำนักงานบริการวิชาการและจัดหารายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Email : thep_k@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวแต๋นด้วยตู้อบแห้งพลังงานร่วมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนใน จังหวัดกำแพงเพชร โดยในการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งจะใช้พลังงานจากแสงแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG โดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโครงสร้างของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานร่วมมีขนาดกว้าง 100เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 157 เซนติเมตร มีล้อเคลื่อนที่และมีถาดในการอบแห้งจำนวน 6 ถาด โดยสามารถเปิดฝาได้จากด้านบนในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติเปรียบเทียบการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแดดแบบธรรมชาติ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 44.9 ℃ ซึ่งจะใกล้กับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวแต๋นโดยอุณหภูมิการตากแดดแบบธรรมชาติ จะมีเฉลี่ยอยู่ที่ 39.4 ℃ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยที่ข้าวแต๋นแห้งเฉลี่ยอยู่ที่ 13.0 %db นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบแห้งของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติกับการตากแบบธรรมชาติ พบว่า ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 2 เท่าเมื่อเทียบกับการตากแบบธรรมชาติ เนื่องจากสามารถอบแห้งได้ในเวลากลางคืน ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้เพิ่มและเพิ่มขีดความความสามารถในการแข่งขันให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนน จังหวัดกำแพงเพชร

คำสำคัญ : ข้าวแต๋น, ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ระบบแก๊ส LPG, ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

เทคโนโลยีนวัตกรรมประหยัดพลังงานแบบใหม่โดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจ้าระคายตา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหลอด HID

A New Innovative Energy Saving Technology using Neuro-Fuzzy Inference for Electronic Ballasts Control in Indoor Lighting System with Discomfort Glare to Increase Energy Efficiency of HID Lamps

ทรงพล รอดทอง[1] ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[2*]และ ไชยวรุฒ จันทร์อุดร[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ

[2,3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ

[*]E-mail : j_chamni@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับเทคโนโลยีนวัตกรรมด้านประหยัดพลังงานไฟฟ้าแบบใหม่ สำหรับควบคุมอุปกรณ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ของระบบแสงสว่างภายในอาคารที่ติดตั้งหลอดดิสชาร์จความเข้มสูง (High-Intensity Discharge Lamp: HID) โดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference) เป็นตัวควบคุมจำลองวงจรในระบบแสงสว่าง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอด HID ที่มีแสงจ้าระคายตา ซึ่งเริ่มจากการดำเนินงานวิจัยศึกษา สำรวจพื้นที่ใช้งาน เก็บรวบรวมข้อมูล ออกแบบและวิเคราะห์วงจรการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด HID ทดสอบวงจรจำลองควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ของระบบแสงสว่างที่ติดตั้งหลอด HID ในการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่เป็นตัวควบคุมระบบและประเมินผล งานวิจัยแสดงผลการเปรียบเทียบศักยภาพการประหยัดพลังงานจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารแต่ละประเภท ผลวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความส่องสว่างของหลอด HID เฉลี่ย 150 lm/w มีระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องจัดเลี้ยงได้ดีที่สุดถึง 8,640 kWh/ปี หรือคิดเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 65 % มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงรายวันประมาณ 20 % ดังนั้นจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 75 %

คำสำคัญ: ระบบแสงสว่าง เพิ่มประสิทธิภาพ เทคโนโลยีนวัตกรรม ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ประหยัดพลังงาน

บทนำ

ปัจจุบันนี้การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีจะต้องมีการศึกษาและวางแผนการใช้พลังงานที่เหมาะสม โดยเริ่มศึกษาการใช้พลังงานอย่างถูกวิธีสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด บริษัทอุตสาหกรรมมีการแข่งขันค่อนข้างสูงถ้ามีการจัดการพลังงานจะได้เปรียบในแง่ของการลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า สภาวะปัจจุบันนี้การใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นสาเหตุให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆปี ค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากความต้องการพลังงานสูงสุดเป็นค่าใช้จ่ายที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าประมาณ 25 % ของค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมด การควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าที่เหมาะสมในระบบแสงสว่างภายในอาคารถือว่าเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านการประหยัดพลังงาน ดังนั้นบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยีนวัตกรรมด้านประหยัดพลังงานแบบใหม่ที่มีการควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ของระบบแสงสว่างภายในอาคารที่ติดตั้งหลอด HID เพื่อควบคุมความส่องสว่างบนพื้นที่แสงจ้าระคายตาให้พอเหมาะกับสภาวะการทำงาน เพื่อทดสอบวงจรควบคุมกระแสผ่านหลอดโดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ควบคุมระบบและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอดที่ดีจะนำไปออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานได้

รหัสบทความ B03-202207150006

การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมเป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีของตัวแปร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

หลอดดิสชาร์จความเข้มสูง (High-Intensity Discharge Lamp :HID) เป็นที่นิยมมากจึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องถ้าต้องการหลอด HID ที่มีอายุการใช้งานนานและมีประสิทธิภาพความส่องสว่างให้พลังงานสูงกว่าหลอดไส้ [1] การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบจะต้องรักษาระดับความสว่างของหลอด HID และคุณภาพของแสงสว่าง ดังนั้นควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงแสงสว่างให้เหมาะสม (ศุลี บรรจงจิตร, 2550)

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ต่ำ 50- 60 Hz ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงมีค่า 25 - 50 kHz เมื่อป้อนให้หลอด HID (ศุภชัย ปัญญาวีร์, 2553) บัลลาสต์ส่วนใหญ่จะใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์อนุกรมที่ต่อกับโหลดขนานแบบกึ่งบริดจ์ (SRPLI) มีสัญญาณแรงดันเอาท์พุตและกระแสไฟฟ้าสลับจากแหล่งจ่ายจะถูกเรียงกระแสและกรองกระแสเพื่อเปลี่ยนเป็นแหล่งจ่ายกระแสตรงของวงจรผลิตสัญญาณความถี่สูง

การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ภายในอาคารแสดงภาพที่ 1 ลักษณะการติดตั้งดวงโคมในห้องประชุมของโรงแรมซึ่งเป็นวิธีการให้แสงสว่างจากดวงโคมที่มีการกระจายความเข้มส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอ ทำให้มีความสว่างเท่ากันตลอดพื้นที่ โดยออกแบบและติดตั้งดวงโคมให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งานจะช่วยประหยัดพลังงานได้ดี



ภาพที่ 1 การติดตั้งดวงโคมภายในห้องประชุมที่ให้ความสว่างแบบกระจายความเข้มแสง ที่มา: www.lumencraftlighting.com

ระบบอนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: ANFIS) เป็นการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) คือ ระบบการคำนวณที่สร้างเลียนแบบการทำงานของระบบสมองมนุษย์ ข้อดีเรื่องการเรียนรู้เพื่อใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนเหตุการณ์จากข้อมูล ANNประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neural) ที่เชื่อมโยงการทำงานของระบบสมองมนุษย์โดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน(Transfer) เซลล์ประสาทหลายส่วนจะถูกเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะโครงข่ายเป็นชั้น (Layer) เช่นเดียวกับการเชื่อมโยงวงจรของระบบแสงสว่าง ชั้นอินพุต (Input Layer) เป็นส่วนที่รับข้อมูลในแต่ละนิวรอน [2] จะถูกเก็บในรูปค่าถ่วงน้ำหนักของการเชื่อมต่อทั้งโครงข่ายด้วยค่าสุ่มตัวอย่าง (Random Value) ชั้นซ่อน (Hidden Layer)ทำการประมวลผลโดยใช้ฟังก์ชันการแปรรูปที่สร้างจากชุดเรียนรู้ให้เป็นค่าผลลัพธ์ จำนวนชั้นซ่อนอาจมากกว่า 1 ชั้น (P. Phokharatkul and et.al.,2005) และชั้นเอาท์พุต (Output Layer)จะเป็นส่วนแสดงผลลัพธ์สุดท้ายของโครงข่าย ANN จะทำนายคำตอบของปัญหาเมื่อระบบได้รับการเรียนรู้สิ่งใหม่ก็จะทำการปรับค่าตัวแปรให้เหมาะสม (www.lumencraftlighting.com)

รหัสบทความ B-202207150006

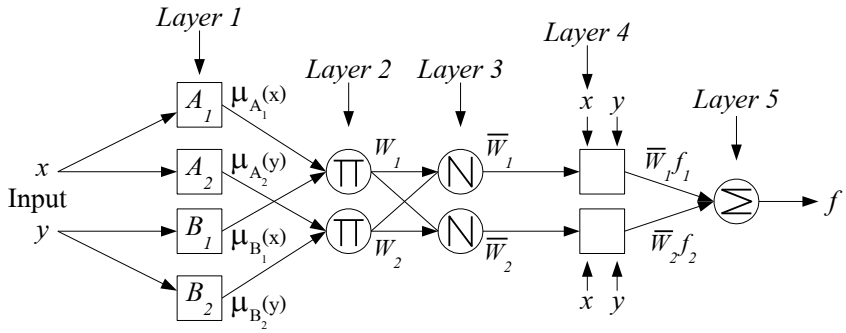
การออกแบบตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนอนุมานฟัซซี่ (Fuzzy Inference) และส่วนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Back Propagation) ของโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับฟัซซี่ลอจิก เพื่อกำหนดโครงสร้างระบบอนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวได้และอัลกอลิทึมหลายชั้นที่เชื่อมโยงของตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกเป็นสมาชิกและไม่เป็นสมาชิกแสดงดังภาพที่ 2 การสร้างฟังก์ชันสำหรับออกแบบตัวควบคุมจะอาศัยโครงสร้างระบบอนุมานนิวโรฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต, 1 เอาท์พุต แต่ละอินพุตแบ่งเป็น 2 ฟัซซี่เซต แต่ละเซตจะประกอบด้วย A_1, A_2 และ B_1, B_2 พารามิเตอร์ของเอาท์พุตเป็น p_L, q_L และ r_L โดยมีกฎจำนวน L กฎ ดังนี้

กฎข้อที่ 1: IF x_1 is A_1 and x_2 is B_1 THEN $f_1 = p_1x_1 + q_1x_2 + r_1$

กฎข้อที่ 2: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_2 THEN $f_2 = p_2x_1 + q_2x_2 + r_2$

: : :

กฎข้อที่ L: IF x_1 is A_L and x_2 is B_L THEN $f_L = p_Lx_1 + q_Lx_2 + r_L$



ภาพที่ 2 โครงสร้างระบบอนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวได้

วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษา ค้นคว้าข้อมูลการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง และนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการจัดการพลังงาน
2. ออกแบบวงจรและวิเคราะห์วงจรการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด HID
3. สำรวจพื้นที่ใช้งานให้แสงสว่างว่าบริเวณใด ทำให้สามารถลดความส่องสว่างพื้นที่นั้นๆ ลงได้
4. เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละห้องของอาคาร
5. ทดสอบวงจร SRPLI หาสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างแต่ละห้องภายในอาคาร และควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งหลอด HID โดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่เป็นตัวควบคุมระบบ
6. วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในเชิงเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพความส่องสว่างในแต่ละห้องของอาคาร
7. กำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า สังเกตผลที่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
8. ปรับปรุงแก้ไขและประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของการติดตั้งหลอด HID
9. สรุปผลการดำเนินงานและเสนอแนวทางการจัดการพลังงานและประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ข้อมูลวิจัยทั่วไป: อาคารโรงแรมแห่งหนึ่งมีพื้นที่ขนาด 25 x 18 x 4.7 เมตร ห้องประชุมต้องการค่าความเข้มแสง 500 lux ห้องจัดเลี้ยงต้องการค่าความเข้มแสง 350 lux ห้องนอนต้องการค่าความเข้มแสง 200 lux ห้องต้อนรับแขกต้องการค่าความเข้มแสง 286 lux และห้องครัวต้องการค่าความเข้มแสง 150 lux ถ้าพื้นผิวใช้งานมีความสูงจากพื้น 0.85 เมตร โดยห้องประชุมติดตั้งหลอด HID ขนาด 150 W จำนวน 3 แถวๆ ละ 6 ดวงโคม (4 ชม./วัน) ห้องจัดเลี้ยงติด

หลอด HID ขนาด 250 W จำนวน 2 แถวๆ ละ 8 ดวงโคม (6 ชม./วัน) ห้องนอนติดตั้งหลอด HID ขนาด 150 W จำนวน 1 แถวๆ ละ 2 ดวงโคม(8 ชม./วัน) ห้องต้อนรับติดหลอด HID ขนาด 85 W จำนวน 3 แถวๆ ละ 2 ดวงโคม(10 ชม./วัน) ห้องครัวติดหลอด HID ขนาด 65 W จำนวน 2 แถวๆ ละ 4 ดวงโคม (14 ชม./วัน) ค่าฟลักซ์ความส่องสว่าง 2,800 Lumen กำหนดให้ค่าการสะท้อนของเพดาน 0.7 และฝาผนัง 0.3, MF = 0.8, UF = 0.46 แต่ละห้องมีพื้นที่ปรับอากาศ 6,850 m^2 คิดเป็น 70 % และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 3,150 m^2 คิดเป็น 30 %

1.2 ข้อมูลการใช้พลังงาน การใช้พลังงานภายในอาคารมี 3 ระบบ คือระบบแสงสว่างมีสัดส่วนการใช้พลังงานร้อยละ 49 ระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานร้อยละ 38 และระบบอื่นๆ มีสัดส่วนการใช้พลังงานร้อยละ 13

1.3 ข้อมูลด้านอุปกรณ์ ได้แก่ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หลอดดิสชาร์จความเข้มสูง: HID

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) คือเครื่องมือที่แม่นยำเพื่อวัดแสงสว่างหรือความเข้มแสง หน่วย lux, cd/m^2

2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมออกแบบแสงสว่าง Dialux

2.3 วัตต์มิเตอร์ เพื่อตรวจวัดหาพลังงานไฟฟ้า

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เริ่มต้นตรวจสอบความส่องสว่างของการติดตั้งหลอด HID ภายในอาคารของโรงแรม ได้แก่ ห้องประชุมสัมมนา ห้องจัดเลี้ยง ห้องนอน ห้องต้อนรับแขก และห้องครัว เพื่อวัดหาความเข้มแสงของหลอดด้วยลักซ์มิเตอร์ วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าและหาประสิทธิภาพความส่องสว่างทั้งก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เพื่อดูผลกระทบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในระบบแสงสว่างที่ติดตั้งหลอด HID ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์การทำงานของหลอด HID ในช่วงระยะเวลาเดียวกันของการทำงานเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานในแต่ละวันตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2565 ถึง 31 พฤษภาคม 2565 จดบันทึกข้อมูลและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด HID แต่ละวันจากการตรวจวัดหาความส่องสว่างในแต่ละห้องเพื่อนำข้อมูลไปใช้คำนวณหาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในเชิงเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพความส่องสว่างในแต่ละห้องของอาคาร วิเคราะห์ระบบแสงสว่างภายในอาคารของห้องประชุมสัมมนา ห้องจัดเลี้ยง ห้องนอน ห้องต้อนรับแขก และห้องครัวของโรงแรมทั้งก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนมาตรการใช้พลังงานโดยใช้อนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกควบคุมวงจรในระบบแสงสว่าง วิเคราะห์การใช้พลังงานและความต้องการพลังงานไฟฟ้าโหลดสูงสุดของแต่ละห้องภายในอาคารในระบบ โดยอ้างอิงจากกฎกระทรวงตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการจดบันทึกการทำงานของวงจรทดสอบและหลอด HID วัดค่าการใช้พลังงาน คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอด HID ที่มีแสงจ้าระคายตา วิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานโดยทำการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับอาคารโรงแรมโดยไม่ให้มีผลกระทบกับผู้มาใช้บริการและพนักงานของโรงแรมฯ วิเคราะห์การลดใช้พลังงานต่าง ๆ ของระบบ ได้แก่ การควบคุมปรับความเข้มแสงของหลอด HID ให้เหมาะสมกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดภายในอาคาร เพื่อนำไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อปี

5. การวิเคราะห์วงจร SRPLI ในแต่ละโมเดล

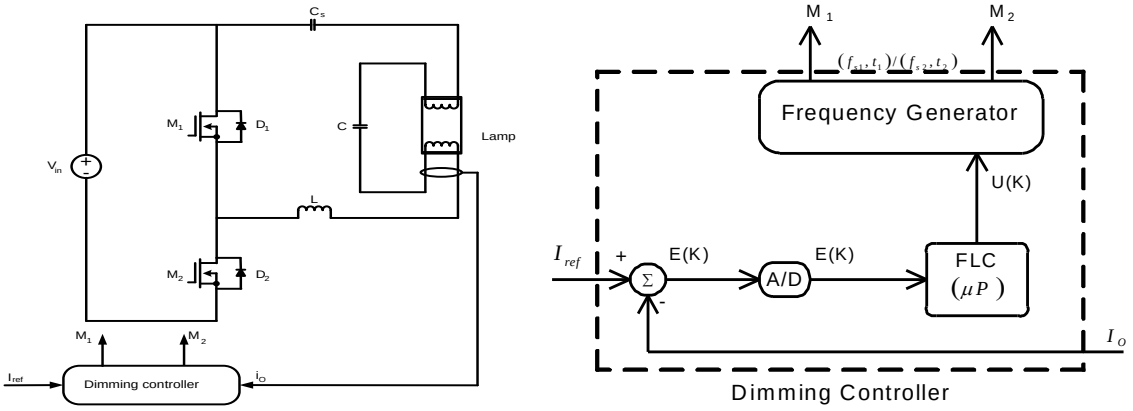
บล็อกไดอะแกรมแสดงดังภาพที่ 3 (ก) จะประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์เป็นตัวกำเนิดความถี่หลักมูลของแรงดันและตัวควบคุมนิวโรฟัซซี่ลอจิกที่มีวงจรกึ่งบริดจ์ [4] ควบคุมกำลังไฟฟ้าของวงจร SRPLI ที่มีการทำงานสวิทช์ M_1

และ M_2 ในภาคแรงดันศูนย์ และวัดสัญญาณรูปคลื่นด้วยแหล่งจ่ายแรงดันความถี่หลักมูล V_{DC} ดังนั้นวิเคราะห์ในแต่ละโมเดลเพื่อให้มีคุณภาพสูงเพียงพอแล้วแทนหลอดด้วยความต้านทานเทียบเคียง R_{lamp} หากระแสเอาท์พุทจากสมการดังนี้

$$I_{O(n)} = \frac{|I_O(j\omega) // R_S|}{|V_S(j\omega)|} = \frac{|V_O(j\omega) // R_S|}{R_{lamp}/V_S(j\omega)} = \frac{V_{O(n)}}{R_{lamp(n)}} \quad (1)$$

เมื่อ V_o และ I_o คือ แรงดันและกระแสเอาท์พุทของหลอด

V_H และ R_S คือ แรงดันเทียบเคียงและความต้านทานต่ออนุกรมกันภายในหลอดด้วยความถี่ของบัลลาสต์



(ก) (ข)

ภาพที่ 3

ภาพที่ 3 (ข) แสดงบล็อกฟังก์ชันวงจรสมมูลด้วยความถี่หลักมูล ω_n กับตัวควบคุม FLC ในระบบที่ใช้หลอดเป็นตัวควบคุมสัญญาณกระแส I_0 และเปรียบเทียบค่ากระแส I_{ref} ที่แหล่งกำเนิดสัญญาณผิดเพี้ยนแรงดัน $E(t)$ เพื่อทำการแปลงสัญญาณ A/D ให้อยู่ในระบบควบคุม ANFIS ซึ่ง I_{ref} เป็นกระแสอ้างอิงที่จ่ายให้วงจรควบคุม Dimming Controller เพื่อทำการควบคุมแรงดัน $E(k)$ และ $\Delta E(k)$ ปรับค่าให้มีสัญญาณความถี่เชิงมุมและตัวควบคุมสัญญาณเอาท์พุท $U(k)$ ให้มีความเหมาะสม สามารถควบคุมความถี่ f_{S1} และ f_{S2} ณ เวลา t_1 และ t_2 เพื่อต้องการให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอด HID

6. ทดสอบวงจรควบคุมระบบโดยใช้กฎการเรียนรู้ตัวควบคุม Neuro-Fuzzy

การจำลองระบบควบคุมแสงสว่าง และทดสอบวงจรควบคุมให้กระแสผ่านหลอด HID โดยใช้ Adaptive Neuro-Fuzzy logic Control: ANFLC เป็นตัวควบคุมวงจรในระบบ สามารถอธิบายขั้นตอนทดสอบวงจร มีดังนี้ [5]

6.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการควบคุมระบบและใช้กฎเกณฑ์ เช่น ตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมระบบ มีลักษณะรูปแบบผลการตอบสนองที่ต้องการและปัจจัยที่มีผลต่อการผิดพลาดในระบบแสงสว่าง

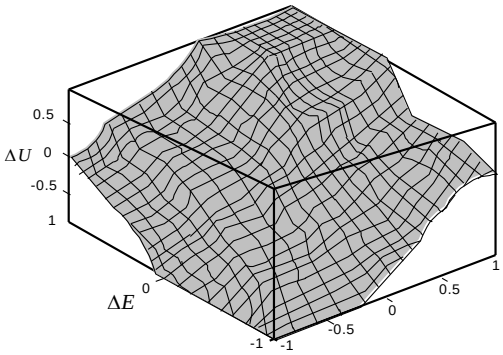
6.2 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุตในระบบแสงสว่าง โดยเลือกตัวแปรที่มีค่าน้อยที่สุด

6.3 ใช้โครงสร้างพื้นฐานกฎการเรียนรู้ตัวควบคุม Neuro-Fuzzy กำหนดปัญหาของการควบคุมตัวแปร X, Y ถ้ากำหนดเอาท์พุตแล้ว จะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรของอินพุทและเงื่อนไขของแต่ละข้ออินพุทและความซับซ้อนของกฎ

6.4 สร้างสมาชิกใหม่ของฟังก์ชันใช้กฎควบคุม Neuro-Fuzzy บนเส้นโค้งพื้นผิวของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จากการควบคุมความเข้มแสงของหลอด HID [6] โดยตัวควบคุม ANFLC แสดงดังภาพที่ 4

6.5 ส่วนของซอฟต์แวร์ให้สร้างลำดับของฟัซซี่ลอจิกที่จำเป็นที่ต้องการประมวลผลก่อนและหลัง

6.6 ทำการทดสอบระบบแสงสว่าง ประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ปรับปรุงกฎควบคุมและสมาชิกของฟังก์ชันฟัซซี่ลอจิกให้มีความเหมาะสมที่สุด ทดสอบระบบซ้ำอีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งผลลัพธ์เป็นที่พอใจได้รับการยอมรับ



ภาพที่ 4 เส้นโค้งพื้นผิวของอุปกรณ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จากการควบคุมความเข้มแสงของหลอด HID โดยใช้ตัวควบคุม ANFLC



(ก) (ข)

ภาพที่ 5 (ก) ผลการลดกระจายความส่องสว่างจากแสงจ้าที่ได้จากการใช้แสงสว่างโดยตรงบนพื้นผิว, และ(ข) กรณีไม่ได้ปรับลดการกระจายความส่องสว่างบนพื้นผิวที่ได้จากการใช้แสงสว่างโดยทางอ้อม ทำให้เกิดแสงจ้าพร่านัยน์ตาและแสงจ้าระคายตา [3]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้พบว่าผลทดสอบวงจรจากภาพที่ 3 ที่ใช้ตัวควบคุม Neuro-Fuzzy ของโครงข่าย ANFIS กำหนดให้มี 2 เลเยอร์ซ่อนได้แก่ เลเยอร์ซ่อนที่ 1, เลเยอร์ซ่อนที่ 2 และเลเยอร์เอาท์พุตจะใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนที่มีกระบวนการเรียนรู้เริ่มต้นจากการตัดสินใจพิจารณาโครงสร้างของโครงข่าย ANFIS ด้วยเลเยอร์ที่ซับซ้อนน้อยที่สุด โดยใช้ฟังก์ชันการแปรรูปในแต่ละขั้นตอนการทดสอบวงจร SRPLI กำหนดค่าของการสุ่มตัวแปรประมาณค่าให้สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของฟังก์ชันที่เหมาะสมกับตัวแปรแต่ละตัว ตารางที่ 1 แสดงผลค่าเปรียบเทียบความผิดพลาดในวงจรทดสอบโดยใช้อนุมาน Neuro-Fuzzy ตามจำนวนนิวรอนในแต่ละเลเยอร์ซ่อน และชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นการเลือกมาจากกระบวนการลองผิดลองถูก ผลความผิดพลาดระหว่างควบคุมโครงข่าย ANFIS โดยใช้ตัวควบคุมอนุมาน Neuro-Fuzzy กับโดยใช้โปรแกรมออกแบบแสงสว่าง Dialux เลือกโมเดลตำแหน่งที่ติดตั้งและชนิดของหลอด HID กำหนดให้โครงสร้างของจำนวนนิวรอนในเลเยอร์ซ่อนที่ 1-2 คือ 11-10 ถึง 20-19 โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเลือกจำนวนครั้งที่ให้ค่าความผิดพลาดของวงจรทดสอบน้อยที่สุดมาเปรียบเทียบ ผลวิจัยพบว่าการทดสอบด้วยตัวควบคุม Neuro-Fuzzy จะมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.1712 ณ จำนวนนิวรอน 17-16 แสดงว่าควบคุมได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับใช้โปรแกรมออกแบบแสงสว่าง Dialux มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.1967 ณ จำนวนนิวรอน 12-11 ดังนั้นอธิบายได้ว่าการประมวลผลค่าอินพุทของวงจรในระบบแสงสว่างไม่จำเป็นต้องมีความแม่นยำ ทำให้มีผลสามารถลดการกระจายความส่องสว่างจากพื้นที่แสงจ้าในระบบโดยตรง ห้องควรจะมีดัชนีแสงจ้าจำนวนนิวรอนน้อยกว่า 19 ตามมาตรฐาน IES จะช่วยประหยัดพลังงานยอมรับได้ ถ้าไม่ปรับลดการกระจายความส่องสว่างบนพื้นผิวโดยทางอ้อมทำให้เกิดแสงจ้าพร่านัยน์ตาและระคายตาดังแสดงภาพที่ 5

ผลตารางที่ 2 พบว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดห้องจัดเลี้ยงภายในอาคารโรงแรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยเฉลี่ย 4,000 W/day พลังงานไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดของหลอด HID ประมาณ 720 kWh/month ผลตรวจวัดของห้องนอนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดโดยเฉลี่ย 300 W/day พลังงานไฟฟ้าสูญเสียต่ำสุดของหลอด HID ประมาณ 72 kWh/month แต่พบว่าห้องประชุมสัมมนามีค่าตัวประกอบกำลังสูงสุดคือ Cosα = 0.96 มีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียเพียง 324 kWh/month เพราะว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพสูงจะมีอายุการใช้งานที่นานและ Cosα ค่าใกล้เคียง 1.0 ถ้าบัลลาสต์มีคุณภาพต่ำจะมี Cosαน้อยลง เมื่อติดตั้งบัลลาสต์ที่มี Cosαน้อยลง จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย ซึ่งพลังงานไฟฟ้าสูญเสียจะเป็นสัดส่วนผกผันกับ Cosα ถ้า Cosα มีค่าสูงจะขึ้นอยู่กับค่ามุม α สามารถลดกำลังสูญเสียของบัลลาสต์ได้เฉลี่ย 65 W

ตารางที่ 1 ผลค่าผิดพลาดของระบบเพื่อลดการกระจายความส่องสว่างช่วยประหยัดพลังงานโดยใช้อนุมาน Neuro-Fuzzy

จำนวนนิวรอน ในเลเยอร์ซ่อนที่ 1-2	Test Error	
	ควบคุมโดยใช้อนุมาน Neuro-Fuzzy ในระบบแสงสว่าง	ควบคุมโดยใช้โปรแกรมออกแบบแสงสว่าง Dialux
11-10	0.1932	0.2243
12-11	0.1756	0.1967
13-12	0.1854	0.2059
14-13	0.1802	0.2118
15-14	0.2536	0.2405
16-15	0.2149	0.2234
17-16	0.1712	0.2253
18-17	0.2315	0.2438
19-18	0.2750	0.2849
20-19	0.2416	0.2576

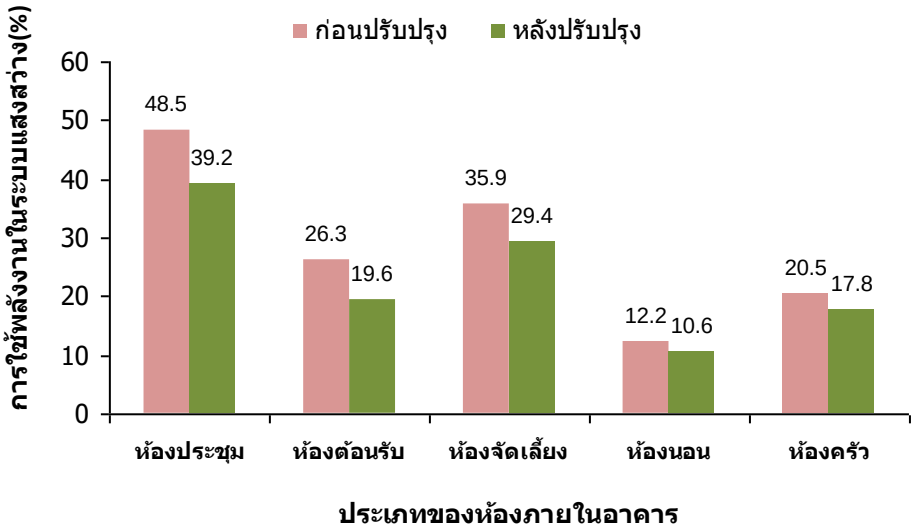
ตารางที่ 2 ผลตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียของภายในอาคารโรงแรมจำแนกประเภทของห้องใน 1 เดือน

ประเภทของห้อง	ตัวแปรที่ตรวจวัด				
	พลังงานไฟฟ้า (W/day)	แรงดันใช้งาน U_k (Volt/day)	ลดกำลังสูญเสียบัลลาสต์ (W)	ค่าประกอบกำลัง (Cosα)	พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย (kWh/month)
ห้องประชุม	2,700	220	65	0.96	324
ห้องต้อนรับแขก	510	220	63.5	0.85	153
ห้องจัดเลี้ยง	4,000	220	65	0.90	720
ห้องนอน	300	220	64	0.80	72
ห้องครัว	520	220	63	0.82	218.4

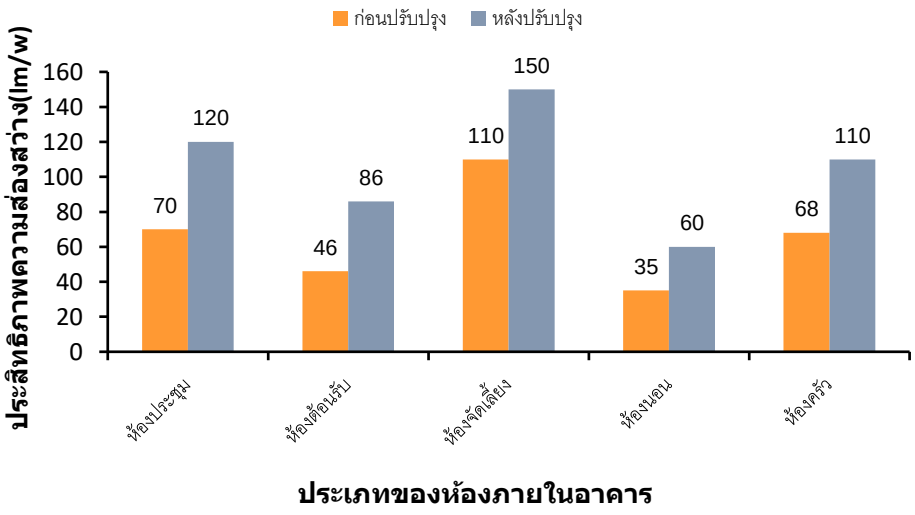
ผลวิเคราะห์ภาพที่ 6 แสดงกราฟสัดส่วนการใช้พลังงานของหลอด HID ในระบบแสงสว่างภายในอาคาร พบว่าก่อนปรับปรุงห้องประชุมสัมมนามีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด 48.5 % ห้องนอนมีสัดส่วนการใช้พลังงานต่ำสุด 12.2 แต่ภายหลังปรับปรุงที่มีการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่ พบว่าห้องทุกประเภทมีสัดส่วนการใช้พลังงานลดลง โดยเฉพาะห้องนอนมีสัดส่วนการใช้พลังงานต่ำสุด 10.6 % เพราะว่าหลังปรับปรุงห้องภายในอาคารส่วนมากมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าดังนี้ ห้องประชุมสัมมนาประหยัดพลังงานประมาณ 75.6 % ห้องต้อนรับแขกประหยัดพลังงานประมาณ 65.8 % ห้องจัดเลี้ยงประหยัดพลังงานประมาณ 70.5 % ห้องนอนประหยัดพลังงานประมาณ 80 % และห้องครัวประหยัดพลังงานประมาณ 68.9 % ดังนั้นภายในอาคารช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยประมาณ 75 %

ผลวิเคราะห์ภาพที่ 7 แสดงกราฟประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอด HID ในระบบแสงสว่างภายในอาคารโรงแรม ก่อนปรับปรุงค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของห้องทุกประเภทลดลง เช่นห้องนอนมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำสุดคือ 35 lm/w แต่ภายหลังปรับปรุงการใช้พลังงานโดยใช้ตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่ พบว่าห้องทุกประเภทจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของติดตั้งหลอด HID ค่อยๆเพิ่มขึ้น เช่น ห้องจัดเลี้ยง

มีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยประมาณ 150 lm/w เพราะว่าการเลือกชนิดของหลอด HID พิจารณาคุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า ควรคำนึงถึงค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างในแต่ละชนิดของหลอดด้วย และระดับความเข้มแสงของหลอดในการมองเห็นวัตถุจะมีผลต่อประสิทธิภาพความส่องสว่าง



ภาพที่ 6 ผลสัดส่วนการใช้พลังงานของหลอด HID ในระบบแสงสว่างภายในอาคารก่อนและหลังปรับปรุงที่มีการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่



ภาพที่ 7 ผลประสิทธิภาพความส่องสว่างของหลอด HID ภายในอาคารก่อนและหลังปรับปรุงการใช้พลังงานโดยใช้ตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่

ผลตารางที่ 3 พบว่าภายหลังปรับปรุงระบบแสงสว่างของการติดตั้งหลอด HID จะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอด HID ค่าระหว่าง 65-150 lm/w จากการปล่อยประจุที่มีความเข้มสูงเป็นแสงสีขาว มีอายุการใช้งานนานประมาณ 8,000-24,000 ชม. สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ประมาณ 10-15 lm/w จึงนิยมติดตั้งหลอด HID ในบริเวณพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ต้องการความสว่างต่อเนื่อง จากผลการวิจัยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องจัดเลี้ยงได้ดีที่สุดถึง 8,640 kWh/ปี ดังนั้นลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้ประหยัดพลังงานได้ 75 %

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ศักยภาพการประหยัดพลังงานและลดใช้พลังงานหลังปรับปรุงในการติดตั้งหลอดภายในอาคาร

รายละเอียด	ประเภทของห้องภายในอาคารโรงแรม				
	ห้องประชุม	ห้องต้อนรับ	ห้องจัดเลี้ยง	ห้องนอน	ห้องครัว
การใช้พลังงานไฟฟ้า(ก่อน): kWh/ปี	5,640	2,459	11,530	1,290	3,746
ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า(หลัง): kWh/ปี	3,887	1,836	8,640	864	2,621
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด: kW	2.7	0.51	4	0.3	0.52
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน(หลัง) lm/w	120	86	150	65	110
ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	2.15	3	2.26	1.5	1.8
ศักยภาพการประหยัดพลังงาน : %	75.6	65.8	75	80	68.9

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ว่าการวิเคราะห์ผลการอนุรักษ์พลังงาน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนน้อย จะต้องทำการวิเคราะห์เฉพาะผลการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ลดลง ส่วนมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนมากจะต้องทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมถึงระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนในการลงทุนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจในการลงทุนได้ และสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่อุปกรณ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประมาณ 65 วัตต์ เหตุผลเพราะว่าค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจรทดสอบขณะเริ่มต้นทำงานมีค่าสูงมากขึ้น และผลวิจัยพบว่าการควบคุมจำลองวงจรในระบบแสงสว่างโดยใช้ตัวควบคุมอนุมานนิวโรฟัซซี่ลอจิกแบบปรับตัวได้ สามารถทำการปรับลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (On peak of Maximum Demand) ช่วงหลังทำการปรับปรุงจึงพบว่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงรายวันประมาณ 20 % เพราะว่ากระแสไฟฟ้าผ่านหลอด HID เป็นเวลานานจะค่อยๆ ลดน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้บัลลาสต์ธรรมดาที่ให้แสงสว่างเท่ากัน ถ้าเลือกใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่อเข้ากับวงจร สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัลลาสต์ได้ประมาณ 65 วัตต์ ดังนั้นจึงส่งผลช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้ในระบบแสงสว่าง และผลการวิจัยพบว่าการลดกระจายความสว่างบนพื้นผิวสามารถป้องกันการเกิดแสงจ้าระคายตาภายในอาคารได้ ทำให้เกิดการมองเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความสบายตา อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานความส่องสว่างของหลอด HID เพื่อทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Songvijit and et.al.,“ Program for installing the HID lamps with lighting system control for saving energy,” *Proceeding EECON*, Srinakharinwirot University, pp.387-390, Oct. 20-21, 2008 (in Thai).

[2] P. Phokharatkul and et.al., “ Use of adaptive neuro-fuzzy inference control systems in electrical power generation,”*International conference on ROVISP 2005*, Penang, Malaysia,20-22 July 2005

[3] คู่มือแนวทางการออกแบบความส่องสว่างภายในอาคาร. (2556). สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย TIEA วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 11-68.

[4] ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์ และคณะฯ, (2546). **การควบคุมความสว่างภายในและการประหยัดพลังงานด้วยตัวควบคุมฯ**, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 26 (EECON-26), 6-7 พฤศจิกายน.

[5] ศุลี บรรจงจิตร. (2550). **วิศวกรรมการส่องสว่าง.** สำนักพิมพ์ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด.พิมพ์ครั้งที่3,กรุงเทพฯ: 211-298.

[6] ศุภชัย ปัญญาวีร์. (2553). “**อาคารแต่ละประเภทสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างไร**”, รวบรวมบทความวารสารเทคนิค EC เรื่องการประหยัดพลังงาน ชุดที่ 1. 225-250.

รหัสบทความ B-202207150006

ตู้อบเสื้อผ้าวินเทจด้วยแสงหลอดไฟ UVC

Vintage Wardrobe with UVC light

ภาคิณ มณีโชติ[1] ปวิตร อุ่นสนิท[2] ศิริมงคล มะยมหิน[4] และเทพ เกื้อทวีกุล[4*]

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

Email: thep_k@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบเสื้อผ้าวินเทจด้วยหลอดไฟ UVC ที่มีการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน โครงสร้างตู้อบเสื้อผ้าวินเทจมีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร และมีระบบควบคุมในการอบเสื้อผ้าที่สามารถสั่งงานผ่านสมาร์ทโฟน งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบเสื้อผ้าวินเทจด้วยหลอดไฟ UVC ศึกษาเป็นเวลา 3 วัน โดยทำการศึกษาค่าอุณหภูมิภายในตู้ อุณหภูมิภายนอกตู้และความชื้น นอกจากนี้ยังทำการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเสื้อผ้าวินเทจระหว่างการตากแบบใช้ตู้และการตากแบบธรรมชาติ จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยอยู่ที่ 33.5 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมภายนอกค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.7 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 90.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้คุณลักษณะทางกายภาพของเสื้อที่ตากในตู้จะไม่แห้งกรอบ ไม่แข็งกระด้างและสีเสื้อไม่ซีด ส่วนการตากแบบธรรชาติจะมีสภาพแห้งกรอบ แข็งกระด้างและสีเสื้อซีด ดังนั้นการตากในตู้จะช่วยรักษาลักษณะทางกายภาพ เนื้อผ้าไม่ซีดและมีความสวยงาม สามารถนำไปใช้กับเสื้อผ้าวินเทจและเสื้อผ้าโดยทั่วไปได้

คำสำคัญ: ตู้อบเสื้อผ้า, แสงหลอดไฟ UVC , เสื้อผ้าวินเทจ , สมาร์ทโฟน

การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจากผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้ง

Evaluation of the Potential of Solar Rooftop Power Generation Based on the Impact of Installation Height

สุเทพ สีมาลา[1] วิรชัย โรยนรินทร์[2*] ธนยศ คิดเมตตากุล[1] และ ปพน งามประเสริฐ[3]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[2*]ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจากผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้งของอาคารจอดรถพลังแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์ ที่ระดับแตกต่างกันซึ่งติดตั้งในพื้นที่เดียวกันบริเวณร้านกาแฟ อเมซอน สาขา ข้าง มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรีเพื่อทำการวิเคราะห์อุณหภูมิที่แตกต่างรวมถึงค่าพลังงานต่างๆ ที่ได้ของแต่ละระดับการติดตั้ง ซึ่งระดับการติดตั้งครั้งนี้มี 3 ระดับโดยระดับที่ 1 ความสูงจากพื้นถึงแผงโซลาร์เซลล์สูงระดับ 2.5 เมตร ระดับที่ 2 ความสูงจากพื้นถึงแผงโซลาร์เซลล์สูงระดับ 3 เมตร และระดับที่ 3 ความสูงจากพื้นถึงแผงโซลาร์เซลล์สูงระดับ 3.5 เมตร โดยติดตั้ง 3 ระดับ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรม PVsyst และผลการทดสอบจริงจากผลการทดสอบพบว่าค่าอุณหภูมิใต้แผงที่ระดับความสูง 3.5 เมตร มีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิใต้แผงที่ระดับความสูง 2.5 เมตร จากผลการทดสอบที่ได้จึงนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์ทางด้านการลงทุนและเศรษฐศาสตร์ของอาคารจอดรถพลังแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์ต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินศักยภาพ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบบนหลังคา ผลกระทบของระยะความสูงในการติดตั้ง

การผลิต 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (HMF) จากซังข้าวโพดโดยการใช้กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟิวริกร่วมกับสารละลายอะซิโตไนไตรล์

Production of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) from corn cobs by using hydrochloric and sulfuric acids combined with acetonitrile solution

ธันพงศ์ รัตตัญญู[1] , จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1*]

Tunpong Rattanyu[1], Chakrit Tachaapaikoon[2], Kaokanya Sudaprasert[1*]

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[2] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2] ศูนย์เชี่ยวชาญเทคโนโลยีเอนไซม์และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

* E-mail kaokanya.sud@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับสภาพวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทซังข้าวโพดและผลิต 5 - ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (5-Hydroxymethylfurfural, HMF) ด้วยปฏิกิริยาดีไฮเดรชันโดยใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และกรดไฮโดรคลอลิก (HCl) 0.2 โมลาร์ ร่วมกับตัวทำละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์ (80 % v/v) เป็นระยะเวลา 30 นาที เตาอบลมร้อนถูกใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิ 120 – 160 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า การปรับสภาพและการเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันด้วยกรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอลิก (HCl) 0.2 โมลลาร์ ร่วมกับตัวทำละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์ (80 % v/v) สามารถผลิต HMF ได้ 53.71 % ซึ่งสูงกว่ากรณีที่ไม่ใช้สารละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์ 18 % HMF conversion อีกทั้งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อปฏิกิริยาดีไฮเดรชันจะพบว่า อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมของการปรับสภาพด้วยกรดกรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอลิก 0.2 โมลลาร์ ร่วมกับสารละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์ (80 % v/v) คือ 140 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ซังข้าวโพด, 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล, ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน, กรดไฮโดรคลอริก, กรดอะซิติก, อะซิโตไนไตรล์

1. บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารของคนและสัตว์ ซังข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบหลักคือ ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส การแปรรูปน้ำตาลจากเซลลูโลสในซังข้าวโพดให้อยู่ในรูปของสารกึ่งกลางที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอย่าง 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (Hydroxymethylfurfural, HMF) จึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยกระบวนการผลิต HMF ที่มีความสำคัญคือ กระบวนการการปรับสภาพร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีดีไฮเดรชัน กระบวนการปรับสภาพเป็นการกำจัดลิกนินที่เป็นตัวขัดขวางการเข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำตาลในเซลลูโลสในขณะที่ปฏิกิริยาดีไฮเดรชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ใช้กรดในการทำให้น้ำตาลในเซลลูโลสเกิดเป็น HMF โดย HMF เป็นตัวกลางที่นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมที่มีประโยชน์มากมาย เช่น furandicarboxylic acid, levulinic acid, 5-hydroxymethylfuroic acid, 5-arylaminomethyl-2-furanmethanol, furfuryl alcohol, 5-ethoxymethyl furfural และเชื้อเพลิงชีวภาพ levulinate esters และเป็นตัวกลางของฟรุกโตฟูราโนซิลแบบวัฏจักร สำหรับการผลิตไฮโดรเจนและสารเคมีที่มีมูลค่าเพิ่ม [1]

ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration reaction) คือ ปฏิกิริยาที่ดึงน้ำเพื่อรวมตัวเป็นพันธะใหม่ ทำให้สารโมเลกุลใหญ่ เป็นสารชนิดใหม่ แบ่งได้ 2 แบบได้แก่ ปฏิกิริยาดีไฮเดรชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การคายน้ำด้วยความร้อนจากน้ำ

ของฟรุกโตสเป็น HMF ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรด (Brønsted acidity) กระบวนการปรับสภาพโดยการใช้กรดนั้นมีจุดประสงค์คือเพื่อให้ได้น้ำตาลในปริมาณที่สูงจากวัสดุชีวมวล ชนิดของกรดที่นำมาปรับสภาพโดยทั่วไปแล้วพบว่าเมื่อทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้น้อยกว่าจะมีผลทำให้พบปริมาณไซโลสสูง ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration reaction) ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดย HMF เป็นสารที่สามารถสังเคราะห์ได้จากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลฟรุกโตส โดยผ่านปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน การเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันแบบที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา จะเรียกว่าปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ได้รับความร้อนสูงเกินจุดหลอมเหลวและเกิดการสูญเสียน้ำ อย่างต่อเนื่องและเกิดการแตกตัวเป็น HMF ระบบวัฏภาคเดียว (monophasic system) โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของการปรับสภาพชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลส ได้แก่ ซังข้าวโพดด้วยปฏิกิริยาดีไฮเดชัน ร่วมกับการให้ความร้อน เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลส และยังเป็นแนวทางในการลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรกรรม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วยอะซิโตรไนไตรล์เกรดคุณภาพสำหรับวิเคราะห์ HPLC, น้ำปราศจากไอออน (Deionized water), กรดไฮโดคลอลิก, กรดซัลฟิวริก, สารมาตรฐาน 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล (HMF) ความบริสุทธิ์อย่างน้อยร้อยละ 99.0 และเมทานอล ชนิดคุณภาพวิเคราะห์ HPLC

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำซังข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวไปตากแดดให้แห้ง โดยใช้ระยะเวลา 48 ชม. และนำซังข้าวโพดที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียดแล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของชีวมวล ตามขั้นตอนที่กำหนดโดย National Renewable Energy Laboratory (NREL) [6]

2.3 วิธีการทดลอง

ชั่งน้ำหนักซังข้าวโพดที่บดละเอียดแล้ว 1.65 กรัม ใส่ในหลอดตัวอย่างแต่ละหลอด เตรียมอะซิโตไนไตรล์ความเข้มข้น 80 % v/v และนำอะซิโตนไนไตรล์ความเข้มข้น 80 % v/v ปริมาณ 15 mL เทลงหลอดทดลองที่มีผงซังข้าวโพดอยู่ นำกรด HCl ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ และกรด H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ มาผสมในหลอดทดลอง แล้วนำตัวอย่างเข้าเตาอบตั้งอุณหภูมิแต่ละตัวอย่างต่างกันที่ 100, 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการแยกของแข็งกับของเหลวออกจากกันโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum Filter) ด้วยกระดาษกรอง 0.22 ไมโครเมตร นำของเหลวที่แยกได้ ไปทดสอบด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เพื่อหาปริมาณ HMF

2.4 การวิเคราะห์สถิติ SPSS

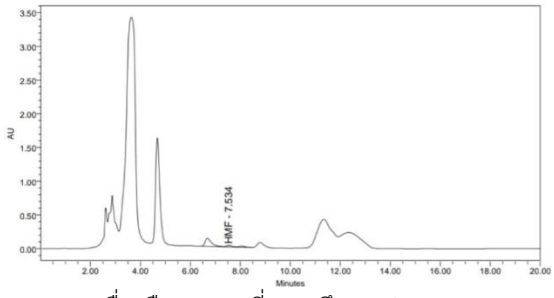
ทำการคำนวณค่า % HMF conversion โดยแต่ละกรณีจะต้องทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปไปวิเคราะห์สถิติ ANOVA ที่ $p \leq 0.05$ เพื่อที่จะวิเคราะห์หาสภาวะที่มีความเหมาะสมในกระบวนการผลิต HMF

3.ผลการและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบของซังข้าวโพดก่อนการปรับสภาพ พบว่า ซังข้าวโพดประกอบไปด้วยเซลลูโลส (37.46 ±0.02%) เฮมิเซลลูโลส (36.32±0.02%) ลิกนิน (19.18±0.11%) และองค์ประกอบอื่น (7.04 ± 0.01%) [7]

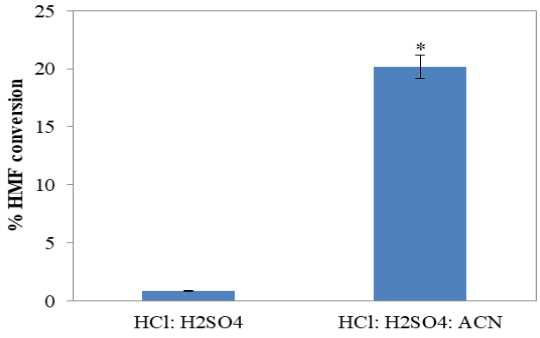
3.1 อิทธิพลของสารละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์ที่มีผลต่อปริมาณ HMF

จากการทดลองพบว่า HMF สามารถถเกิดขึ้นจากการปรับสภาพและย่อยสารด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกร่วมกับอะซิโตไนไตรล์ ดังปรากฏเป็นพีคของ HMF ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครมาโตรแกรมจากเครื่องมือ HPLC ที่แสดงถึงการปรากฏของ HMF ที่เวลา 7.534 นาที

จากการปรับสภาพและย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกร่วมกับตัวทำละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์พบว่า สามารถผลิต HMF ได้ 20.17% HMF conversion ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ 0.84 % HMF conversion สำหรับกรณีที่ไม่ใช้อะซีโตไนไตรล์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ดังรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอะซิโตไนไตรล์มีอิทธิพลในการส่งเสริมการทำปฏิกิริยาของกรดแก่ให้สามารถเข้าถึงและย่อยสลายเส้นใยเซลลูโลสให้กลายเป็น HMF ได้เป็นอย่างดี โดยคุณสมบัติเฉพาะตัวของอะซิโตไนไตรล์ที่มีคุณสมบัติในการไปดึงองค์ประกอบที่รบกวนการผลิต HMF อย่างลิกนิน ออกจากเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ส่งผลให้กรดแก่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสของซังข้าวโพดได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 2 ปริมาณ HMF ที่ถูกผลิตขึ้นจากการประสภาพด้วยกรดแก่ 2 ชนิด และกรดแก่ 2 ชนิด ร่วมกับตัวทำละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์, จำนวนซ้ำของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง = 3, *$p \leq 0.05$

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิจากกระบวนการปรับสภาพ และการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก และตัวทำละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์

จากการศึกษาอิทธิพลของกรดแก่ร่วมกับอะซิโตไนไตรล์ในการปรับสภาพซังข้าวโพดและการเกิด HMFพบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญ คือ อุณหภูมิ [10] ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจึงถูกกำหนดไว้ที่ 30, 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที เพื่อศึกษาถึงปริมาณของ HMF ที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปริมาณ % HMF conversionของซังข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพ และย่อยสลายด้วย 0.2 โมลาร์กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟิวริกร่วมกับสารละลายร่วมอะซิโตไนไตรล์สัดส่วน (80 % v/v) ที่อุณหภูมิ 30, 120, 140, 160 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที โดยที่ n=3, *$p<0.05$

Temperature (°C)	% HMF
30	0
120	20.10 ± 0.09
140	48.03 ± 0.11*
160	28.28 ± 0.16*

หมายเหตุ: ตัวอย่างการทดลองเท่ากับ 3 ซ้ำ, *$p \leq 0.05$.

จากการทดลองจากตารางที่ 1 พบว่า HMF เริ่มถูกผลิตจากการใช้กรดแก่ 2 ชนิดร่วมกับอะซิโตไนไตรล์ (80 % v/v) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส (14.20 % HMF conversion) และมีการผลิตสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส (48.03 % HMF conversion) ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ HMF อย่างมีนัยสำคัญที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสสามารถอธิบายได้ว่า อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสย่อยสลายได้สมบูรณ์ ในขณะที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสโครงสร้างเส้นใยเซลลูโลสไม่สามารถถูกย่อยสลายได้สมบูรณ์ แต่โครงสร้างที่ย่อยสลายในอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส คือเฮมิเซลลูโลส ด้วยเหตุนี้ปริมาณของ HMF ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของเส้นใยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสไปเป็นน้ำตาลกลูโคส ก่อนที่จะผลิต HMF ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จึงมีอัตราการผลิต HMF สูง ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ HMF (28.68 % HMF conversion) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวโครงสร้างของ HMF มีแนวโน้มที่จะถูกทำลายกลายเป็นโครงสร้างของกรดมาลินิก หรือกรดลิวโนเลอิกไปบางส่วน [3]

4. บทสรุป

จากการปรับสภาพซังข้าวโพดและการผลิต HMF พบว่าอะซิโตไนไตรล์มีผลต่อการผลิต HMF อย่างมาก สภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพและผลิต HMF คือ สภาวะที่มีการใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกร่วมกับอะซิโตไนไตรล์ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เวลา นาที สามารถผลิต 30HMF ได้มากกว่ากรณีที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกสูงถึง เท่า 20 เมื่อพิจารณาอุณภูมิที่มีความเหมาะสมในการผลิต HMF พบว่าปริมาณ HMF ถูกผลิตได้สูงที่สุดที่อุณหภูมิ 140 นาที ซึ่งปริมาณ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาHMF ที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 53.71 % HMF conversion โดยจากงานนี้สามารถที่พัฒนาต่อยอดการผลิต HMF ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากโครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ทุนสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ.2566

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M. and Ladisch, M. “Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass.” Bioresour. Technol. 2005, 96, 673-86.

[2] Minghao L.,Wenzhi L., Yijuan L., Hasan J., Chang H.M., Longlong M., 2017, “High conversion of glucose to 5-hydroxymethylfurfural using hydrochloric acid as a catalyst and sodium chloride as a promoter in a water/ɣ-valerolactone system”, Journal of Royal Society Of Chemistry, Vol.7, No.14330 -14336.

[3] Hu, D., Zhang, M., Xu, H., Wang, Y., Yan, K., 2021, “Recent advance on the catalytic system for efficient production of biomass- derived 5 - hydroxymethylfurfural”, Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 147, No.111253.

[4] Zhang, X., P. Murria, Y. Jiang, W. Xiao, H.I. Kenttämaa, M.M. Abu-Omar and N.S. Mosier. 2016. Maleic Acid and Aluminum Chloride Catalyzed Conversion of Glucose to 5- (Hydroxymethyl) Furfural and Levulinic Acid in Aqueous Media. Green Chemistry. Vol.18, No.5219-5229

[5] Sluiter A, Hames B, Ruiz R, Scarlata C, Sluiter J, Templeton D, Crocker D (2008) Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. LAP 1617:1-16.

[6] Auxenfans, T, Crônier, D, Chabbert, B, and Paës, G. (2017). Understanding the structural and chemical changes of plant biomass following steam explosion pretreatment. Biotechnol Biofuels, 10:1-16. http://doi.org/10.1186/s13068-017-0718-z

[7] Kuntapa, M., Sudaprasert, K. and Tachaapaikoon, C. (2022). Effects on delignification of reusing 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate and dimethyl sulfoxide in the pretreatment of corn cob for the enhancement of enzymatic hydrolysis in ethanol production. Biomass Conv. Bioref. 1-14.

[8] Kuntapa M, Sudaprasert K, Tachaapaikoon C (2021) Pretreatment of corn cobs using 1-butyl-3-methylimidazoliumtetrafluoroborate and dimethyl sulfoxide to enhance enzymatic saccharification, Biomass Conv. Bioref. https://doi.org/10.1007/s13399-021-01702-8.

[9] Auxenfans, T, Crônier, D, Chabbert, B, and Paës, G. (2017). Understanding the structural and chemical changes of plant biomass following steam explosion pretreatment. Biotechnol Biofuels, 10:1-16.

[10] Jonsson LJ and Martin C (2016) Pretreatment of lignocellulose: formation of inhibitory byproducts and strategies for minimizing their effects. Bioresour. Technol. 199:103-112.

เครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Lawn Mower

ภาคิณ มณีโชติ[1] อัครเดช พันพิพัฒน์[2] ปกรณ์กฤช สนใจ[3] จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม[4] และเทพ เกื้อทวีกุล[5*]
[1,2,3,4,5] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
Email : thep_k@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการใช้น้ำมัน ลดค่าใช้จ่าย ลดมลพิษทางอากาศ และทางเสียง โครงสร้างเครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบมีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 165 เซนติเมตร และสูง 145 เซนติเมตร โดยมีระบบปิด/เปิดเป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานด้วยมือ และใช้แผงโซล่าเซลล์ 12 โวลต์ 40 วัตต์ 2 แผง และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ _6.5Ah จำนวน 2 ลูก เพื่อให้สามารถใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยทำการทดลองตัดหญ้าเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่า สามารถตัดหญ้าบนที่ราบและเนินได้เป็นอย่างดี โดยเครื่องที่ออกแบบสามารถตัดได้ประมาณ 1.30 ชั่วโมง นอกจากนั้นระบบการชาร์จของแผลโซล่าเซลล์สามารถชาร์จให้แบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกเต็มจะใช้เวลา 2.30 ชั่วโมง ดังนั้น เครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทดแทนการใช้น้ำมัน ลดค่าใช้จ่าย ลดมลพิษทางอากาศ และทางเสียง และนำไปใช้ตัดหญ้าตามโรงเรียนและชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รหัสบทความ B07-202208190005

การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับกระบวนการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยการติดตามผลผ่านแพลตฟอร์ม กรณีศึกษา: ห้องอบแห้งเมล็ดกาแฟของ บริษัท ม่อนมาตุภูมิ จำกัด

IoT Application Platform for the Monitoring of Coffee Seed Drying Process: Case Study: Coffee Seed Drying of Monmatubhumi Company Limited

จักรพรรณ คงธนะ[1] ไพฑูรย์ เหล่าดี[2] และปรีชา ศรีประภาคาร[3*]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต กรุงเทพมหานครฯ 10300

[2] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[3]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งกาแฟสำหรับองค์กรกาแฟในท้องถิ่น กรณีศึกษามาจาก บริษัท มนต์มาตุภูมิ จำกัด ในงานนี้ได้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นในห้องอบกาแฟ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่ง ประมวลผล และแสดงผ่านแอปพลิเคชันมือถือโดยอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่า สามารถเก็บข้อมูลการวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ และแจ้งเตือนเป็นระยะเวลา 240 ชั่วโมง แอปพลิเคชันมือถือนั้นเป็นมิตรกับผู้ใช้สำหรับผู้ให้บริการ การตรวจสอบสภาพการอบแห้งกาแฟอย่างต่อเนื่องช่วยให้องค์กรสามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดกาแฟได้ซึ่งจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การใช้ระบบตรวจสอบช่วยลดปริมาณเมล็ดกาแฟที่เสียในกระบวนการทำให้แห้งโดยเฉลี่ย 25 กิโลกรัม/ครั้ง ผู้ประกอบการขายเมล็ดกาแฟกิโลกรัมละ 350 บาท ชี้มูลค่าสินค้าเพิ่มเป็น 7,000 บาท/ครั้ง ความคุ้มค่าของการลงทุนคิดเป็น 2.5 เท่าของการลงทุน

คำสำคัญ: การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง, การอบแห้งเมล็ดกาแฟ, แพลตฟอร์มการตรวจสอบ

Corresponding author: Tel.: +66 82 629 8916. E-mail address: sriprapakhan@hotmail.com

การจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะด้วยการเลื่อนโหลดโดยใช้เทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา

Optimal Smart Home Energy Management by Load Shifting using Gray Wolf Optimization Technique

วรัญญู สารพันธ์[1], นนฐ์ทกร บุญรักชาติ[1], ธีระพงษ์ บุญรักษา[2], พรมพักตร์ บุญรักษา[3] และ บุญเรือง มะรังศรี[1*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา นครปฐม

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ นนทบุรี

[*]Corresponding Author Email: bmshvee@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้มีบ้านอัจฉริยะ ที่สามารถคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีไร้สาย และระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน และมีการนำปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ บทความนี้นำเสนอ การจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะ เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ต้องจ่ายในอัตราผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 แบบอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้งาน(Time of Use Tariff : TOU Tariff) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง โดยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบเมตาฮิวริสติกเทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา เพื่อจัดการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยการเลื่อนใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าจากช่วง peak มาสู่ off-peak อย่างเหมาะสม โดยผลการจำลองระบบพบว่าการใช้การจัดการพลังงานดังกล่าวสามารถลดค่าพลังงานฟ้า 13.6% นอกจากนี้พบว่าขนาดฝูงหมาป่าสีเทาที่ใช้ในการคำนวนของเทคนิคการล่าเหยื่อของหมาป่าสีเทาให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน, บ้านอัจฉริยะ, การเลื่อนการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า, การหาค่าที่เหมาะสม, เทคนิคการล่าเหยื่อฝูงหมาป่าสีเทา

บทนำ

โดยทั่วไปแล้ว การหาค่าเหมาะสมสุด สามารถหาคำตอบได้โดยใช้เทคนิคแม่นตรงต่าง ๆ ทางปัญญาประดิษฐ์ เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสุดแบบเมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic Optimization Technique) [1] ก็เป็นหนึ่งในเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก คำว่า เมตาฮิวริสติก มาจากคำว่า เมตา และ ฮิวริสติก โดย เมตา หมายถึง วิธีการขั้นสูง ส่วนคำว่า ฮิวริสติก หมายถึง ศิลปะในการหากลยุทธใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหา รวมแล้วจึงหมายความว่า วิธีการขั้นสูงในการหากลยุทธ์ใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหา การหาค่าเหมาะสมสุดแบบเมตาฮิวริสติกสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบคือ แบบแก้ปัญหาเชิงเดี่ยว หรือ การค้นหาเฉพาะถิ่น (Local Search) และ แบบกลุ่มประชากร หรือการค้นหาแบบสุ่ม (Random Search) ตัวอย่างวิธีการหาค่าเหมาะสมสุดแบบสุ่มค้นหาด้วยกลุ่มประชาการ ได้แก่ เทคนิคแบบฝูงมด (Ant Colony Optimization) เทคนิคแบบฝูงผึ้ง (Bee Colony Optimization) เทคนิคแบบฝูงนกหาอาหาร (Particle Swarm Optimization) และเทคนิคแบบการออกล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา (Grey Wolf Optimization) เป็นต้น ซึ่งเทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนได้แรงบันดาลใจจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือพบเห็นได้ในธรรมชาติ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวมนุษย์

จากการที่เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าอย่างมากมาย จึงส่งผลให้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นงานด้านการแพทย์ งานด้านเกษตรอัจฉริยะ งานวิศวกรรมด้านต่าง ๆ งาน

ด้านยานยนต์อัจฉริยะ และงานด้านอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น เทคนิคปัญญาประดิษฐ์สามารถนำมาใช้งานได้หลายแบบ ตัวอย่างเช่น การจำแนกรูปแบบ การจดจำและวิเคราะห์รายละเอียด การทำนายหรือการพยากรณ์ระบบและการหาค่าเหมาะสมสุดของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจุบัน มีการนำเอาเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ ที่ได้แรงบันดาลใจในการสร้างอัลกอริทึมจากธรรมชาติมาใช้ในการแก้ปัญหากันอย่างแพร่หลาย

บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) คือ ที่อยู่อาศัย ซึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เชื่อมต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ตเพื่อให้สามารถจัดการและตรวจสอบการทำงานจากระยะไกลได้ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบกล้องรักษาความปลอดภัย และระบบจัดการพลังงาน เป็นต้น ปัจจุบันเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ ทำให้เจ้าของบ้านสะดวกในการรักษาความปลอดภัย ความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแก่เจ้าของบ้าน ผ่านระบบการจัดการบ้านอัจฉริยะ (Smart Home Management System) โดยมักใช้แอพพลิเคชันบ้านอัจฉริยะบน สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์เครือข่ายอื่น ๆ ระบบและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ เป็นส่วนหนึ่งของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และสามารดำเนินการโดยอัตโนมัติตามความชอบของเจ้าของบ้าน บ้านอัจฉริยะใช้เทคโนโลยีระบบจัดการอัตโนมัติภายในบ้านเพื่อให้ข้อเสนอแนะและข้อมูลแก่เจ้าของบ้าน จากการตรวจสอบแง่มุมต่างๆ ของบ้านและให้การควบคุมแบบชาญฉลาดและสามารถตั้งโปรแกรมได้ ดังตัวอย่างบ้านอัจฉริยะที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 บ้านอัจฉริยะ [2]

ประโยชน์ของเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ คือทำให้เจ้าของบ้าน สามารถ ตรวจสอบการทำงานระยะไกลแบบเรียลไทม์ เชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานร่วมกัน เพิ่มความปลอดภัยของบ้าน สามารถตรวจจับข้อผิดพลาด สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถจัดการการประหยัดพลังงาน สามารถปรับแต่งระบบตามความต้องการของเจ้าบ้าน มีการควบคุมแบบอัจฉริยะ ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น ประโยชน์ของเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ คือทำให้เจ้าของบ้านสามารถ ตรวจสอบการทำงานระยะไกลแบบเรียลไทม์ เชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานร่วมกัน เพิ่มความปลอดภัยของบ้าน สามารถตรวจจับข้อผิดพลาด สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถจัดการการประหยัดพลังงาน สามารถปรับแต่งระบบตามความต้องการของเจ้าบ้าน มีการควบคุมแบบอัจฉริยะ ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุที่บ้านอัจฉริยะ มีเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันที่ใช้พลังงานไฟฟ้า อยู่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าบ้านอัจฉริยะนั้นใช้ไฟฟ้าจากกริดเพียงแหล่งเดียว ในส่วนของประเทศไทยนั้น การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ไม่ว่าจะเป็นการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [3,4] ได้แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ตามอัตราการใช้พลังงาน ประกอบไปด้วย ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง ประเภทที่ 6 องค์การที่ไม่แสวงหากำไร ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร และประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว จากแบ่งประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า จึงทำให้บ้านอัจฉริยะถูกจัดให้เป็น ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตรา TOU

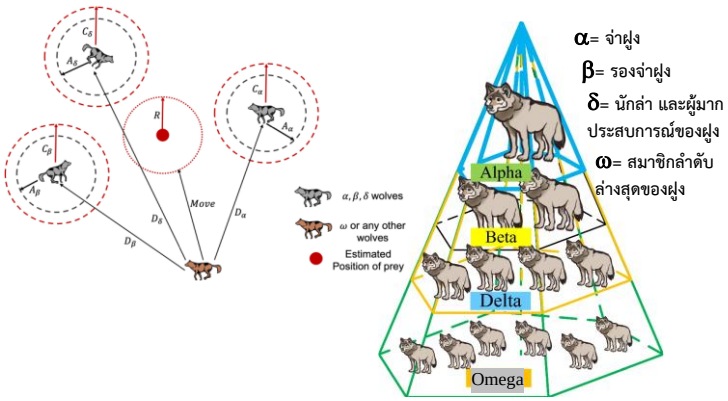
ถ้าไม่มีการจัดการพลังงานที่เหมาะสม ทำให้เดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จะถูกเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 แล้วแต่กรณี

จากวิกฤติการพลังงานที่เกิดขึ้นทั่วโลก ทำให้ราคาพลังงานในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกและรวมทั้งในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ส่งผลให้มีการปรับขึ้นราคาค่าพลังงานไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้การจัดการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม (Optimal Energy Management) ของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าทุกประเภทจึงมีความจำเป็นมาก สำหรับเพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงานและเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ สำหรับบ้านอัจฉริยะนั้นจะใช้ระบบจัดการพลังงานบ้านอัจฉริยะ (Smart Home Energy Management System: SHEMS) ในการจัดการการใช้พลังงานที่เหมาะสม มีเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยให้บ้านอัจฉริยะสามารถลดต้นทุนการใช้พลังงาน ตัวอย่างเช่น การเลื่อนเวลาใช้งานอุปกรณ์ให้เหมาะสม เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ในช่วงที่ราคาค่าพลังงานไฟฟ้ามีราคาแพง เป็นต้น [1-6] ดังนั้นบทความนี้นำเสนอการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะ เพื่อลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้า ในอัตรา TOU ด้วยวิธีการเลื่อนเวลาในการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสุดแบบการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา

วิธีการวิจัย

ก. การหาค่าเหมาะสมสุดแบบการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา

หมาป่าสีเทา (Canis lupus) หรือที่เรียกว่าหมาป่าไม้ เป็นสมาชิกป่าที่โดดเด่นที่สุดในตระกูลสุนัข (Canidae) ที่สามารถพบได้ในป่าเกือบทั่วโลก หมาป่าสีเทาเป็นกลุ่มสัตว์นักล่าที่มีลำดับชั้นทางสังคมในฝูงอย่างเข้มงวด มีตำแหน่งและลำดับชั้นในการล่าและจู่โจมเหยื่ออย่างชัดเจน ทำให้การล่าเหยื่อของฝูงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมสุด โดยได้แรงบันดาลใจจากพฤติกรรมการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา ที่มีลำดับชั้นในการล่าเหยื่อและการกินอาหารอย่างเข้มงวด ซึ่งเทคนิคนี้ได้แบ่งหมาป่าในฝูงออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ประกอบด้วย จ่าฝูง หรือ หมาป่าแอลฟา(α) รองจ่าฝูง หรือ หมาป่าเบตา(β) หมาป่านักล่า หมาป่าอวุโสมากประการณ์หรือ หมาป่าเดลตา(δ) และกลุ่มสุดท้ายเป็นชนชั้นล่างสุดในฝูงนั่นคือหมาป่าวัยเด็กและตัวเมียหรือเรียกว่า หมาป่าโอเมกา (ω) โดยมีจำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่มของฝูงเหมือนปิรามิด หมาป่าอัลฟ่าจะเป็นผู้ตัดสินใจหาทางออกเหมาะสุดในการพิชิตเหยื่อ หมาป่าเบตา และหมาป่าเดลตา จะช่วยให้หมาป่าอัลฟาจัดการกับเหยื่อได้เร็วที่สุด ด้วยการปรับตำแหน่งล้อมรอบเหยื่อตามตำแหน่งของจ่าฝูง ส่วนตำแหน่งของหมาป่าโอเมกา ต้องปรับตำแหน่งตามคำแนะนำของ หมาป่าแอลฟา หมาป่าเบตา และหมาป่าเดลตา รูปแบบการหาค่าเหมาะสมสุดแบบการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา (GWO) มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลำดับทางสังคมและรูปแบบในการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา [11,12, 13]

พฤติกรรมในการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา หรือ การปิดล้อมเหยื่อถูกเลียนแบบมาเป็นกระบวนการค้นหาค่าเหมาะสมสุด โดยมีสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$D = | C \cdot X_p(t) - X(t) | \quad (1)$$

$$X(t+1) = X_p(t) - A \cdot D \quad (2)$$

โดยที่ t ระบุการทำซ้ำปัจจุบัน X_p เป็นเวกเตอร์ตำแหน่งของเหยื่อ และ X เวกเตอร์ระบุตำแหน่งของหมาป่าสีเทา เวกเตอร์ C และ A มีการคำนวณดังนี้

$$C = 2 \cdot r_1 \quad (3)$$

$$A = 2a \cdot r_2 - a \quad (4)$$

โดยที่ a เป็นตัวแปรเชิงเส้นลดลงจาก 2 เป็น 0 ตลอดระยะเวลาของการทำซ้ำ และ r_1, r_2 เป็นเวกเตอร์สุ่มใน [0,1] ส่วน $|A|$ เป็นปัจจัยถ่วงน้ำหนัก ถ้า $|A| > 1$ บ่งชี้ว่า หมาป่าสีเทาสำรวจเหยื่อในปริภูมิ ถ้า $|A| < 1$ บังคับให้หมาป่าเข้าโจมตีเหยื่อ และ C เป็นปัจจัยสุ่มในการค้นหาโดยรวมตลอดกระบวนการ

พฤติกรรมในการล่าสัตว์ของฝูงหมาป่าสีเทา สมาชิกจะได้รับคำแนะนำจากหมาป่า α β และ δ อย่างไรก็ตามในพื้นที่การค้นหาเหยื่อ จะไม่มีตำแหน่งเฉพาะของเหยื่อที่เหมาะสม แต่วิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสุดคือ การค้นหาพื้นที่โดยรอบหมาป่าสีเทาที่มีระยะใกล้สุดจากเหยื่อ ด้วยการแบ่งลำดับชั้นทางสังคมของหมาป่า และด้วยระดับความรู้ประสบการณ์ในการล่าเหยื่อ ทำให้สามารถหาตำแหน่งปัจจุบันของผลลัพธ์ดีที่สุดและผลลัพธ์เหมาะสมที่สุด ของหมาป่า α β และ δ หมาป่า) ดังนั้นตำแหน่งหมาป่าทั้งหมดจะได้รับการอัปเดตค่าของตัวแปร ดังแสดงในสมการที่(5)-(8) [12,13]

$$X(t+1) = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (5)$$

โดยที่

$$X_1 = X\alpha - A_1 \cdot | C_1 \cdot X\alpha - X| \quad (6)$$

$$X_2 = X\beta - A_2 \cdot | C_2 \cdot X\beta - X| \quad (7)$$

$$X_3 = X\delta - A_3 \cdot | C_3 \cdot X\delta - X| \quad (8)$$

ข. รูปแบบโหลดของบ้านอัจฉริยะ

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้านอัจฉริยะนั้น จะถูกปรับเปลี่ยนให้เชื่อมโยงผ่านโครงข่ายอินเตอร์เน็ตให้เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะ เชื่อมเข้ากับระบบการจัดการบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้เจ้าของบ้านสามารถ ตรวจสอบ ตรวจวัด ควบคุมและสั่งการ เปิด-ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการควบคุมระยะไกล ผ่านแอพพลิเคชันของสมาร์ทโฟน นอกจากการควบคุมด้วยผู้ใช้งานแล้ว บ้านอัจฉริยะสามารถใช้ระบบการจัดการพลังงาน เพื่อช่วยให้การประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน บ้านอัจฉริยะที่ใช้บทความนี้ สมมติว่าเป็นบ้านขนาดใหญ่ในพื้นที่ขนาด 400 ตารางวา มีขนาดของพื้นที่ใช้สอย 966 ตารางเมตร มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก จึงถูกจัดให้เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าแบบตามช่วงเวลาการใช้งาน สมมติว่าบ้านหลังนี้มี ห้องนอน 5 ห้อง ห้องน้ำ 6 ห้อง ห้องแม่บ้านและห้องน้ำแม่บ้าน 2 ห้อง มีส่วนรับแขก ส่วนนั่งเล่น ส่วนพักผ่อน ส่วนรับประทานอาหาร มีเรือนรับรอง ห้องพระ ห้องซักรีดและซักล้าง ห้องเก็บของ ที่จอดรถ 4 คัน และ สระว่ายน้ำ 4.30x11.00 ตารางเมตร โดยได้กำหนด โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นมาทั้งหมด 114 โหลด ขนาดและจำนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้ถูกกำหนดขึ้นตามบ้านที่มีการออกแบบ ดังตัวอย่างโหลดในตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังได้แบ่งโหลดออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. โหลดคงที่ (Fixed Load) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเวลาการใช้งานคงที่แน่นอน เพื่อตอบสนองตามความต้องการในการใช้ งานของผู้อยู่อาศัย ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเวลาการใช้งานได้

2. โหลดที่ทำงานต่อเนื่อง (Uninterrupted Load) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้งานที่ต่อเนื่อง และไม่สามารถถูกขัดจังหวะการทำงานได้ เนื่องจากการหยุดทำงานและเริ่มทำงานใหม่ อาจจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก

3. โหลดแบบเลื่อนได้ (Shiftable Load) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนแปลงเวลาการใช้งานได้ มีความยืดหยุดในระยะเวลาการทำงานและข้อจำกัดค่อนข้างน้อย

ค. อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time-of -Use Tariff :TOU)

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าตามการควบคุมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังแสดงในตารางที่ 2 อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ Peak : เวลา 09.00 น. – 22.00 น. และ Off-Peak : เวลา 22.00 น. – 09.00 น. วันจันทร์ - ศุกร์ รวมทั้งวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์

ช่วง Peak คือ ช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง ราคาพลังงานไฟฟ้าจึงมีค่าสูง ส่วน ช่วง Off-Peak คือ ช่วงที่ค่าพลังงานไฟฟ้ามีราคาต่ำ จึงทำให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ต่ำกว่าช่วง Peak อัตราค่าไฟฟ้า TOU เหมาะสมกับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยกิจการหรือธุรกิจและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ามากในช่วงOff-Peak หรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหรือบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมตามช่วงเวลาที่ได้รับประโยชน์ได้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าและการแบ่งประเภท

รายละเอียด	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า(วัตต์)	ประเภท
ห้องทำงาน(2ห้อง)	พัดลม+พัดลมระบายอากาศ	200	โหลดคงที่
ห้องทำงาน(2ห้อง)	เครื่องคอมพิวเตอร์	4000	โหลดคงที่
ห้องทำงาน(2ห้อง)	โน้ตบุ๊ค	300	โหลดคงที่
ห้องทำงาน(2ห้อง)	เครื่องปรับอากาศ 30000BTU	17584	โหลดคงที่
ห้องครัว	ตู้เย็นขนาดใหญ่ 22คิว	150	โหลดต่อเนื่อง
ห้องครัว	ตู้แช่แข็ง	30	โหลดต่อเนื่อง
ห้องรับประทานอาหาร	ตู้เย็นขนาดใหญ่	150	โหลดต่อเนื่อง
ห้องรับประทานอาหาร	ตู้แช่ไวน์	100	โหลดต่อเนื่อง
ห้องรับประทานอาหาร	เครื่องปรับอากาศ 60000BTU	17584	โหลดต่อเนื่อง
ห้องนอนขนาดใหญ่	เครื่องปรับอากาศ 60000BTU	17584	โหลดต่อเนื่อง
ห้องนอนขนาดกลาง (2ห้อง)	เครื่องปรับอากาศ 2X50000BTU	29306	โหลดต่อเนื่อง
ห้องรับประทานอาหาร	เครื่องสกัดน้ำผลไม้	80	โหลดเลื่อนได้
ห้องรับประทานอาหาร	เครื่องปั่นน้ำผลไม้	80	โหลดเลื่อนได้
ห้องน้ำขนาดใหญ่ (3ห้อง)	ไดร์เป่าผม	5400	โหลดเลื่อนได้
ห้องน้ำขนาดกลาง (2ห้อง)	ไดร์เป่าผม	3600	โหลดเลื่อนได้
ห้องซักล้าง/ห้องซักรีด	เตารีดใหญ่(เครื่องรีดผ้า)	3100	โหลดเลื่อนได้
ห้องซักล้าง/ห้องซักรีด	เครื่องซักผ้าใหญ่ (2เครื่อง)	5000	โหลดเลื่อนได้
ห้องซักล้าง/ห้องซักรีด	เครื่องอบผ้าใหญ่ (2เครื่อง)	4000	โหลดเลื่อนได้
ห้องซักล้าง/ห้องซักรีด	เครื่องปั๊มน้ำ	200	โหลดเลื่อนได้
ห้องรับประทานอาหาร	เครื่องชงกาแฟ	1500	โหลดเลื่อนได้
ห้องน้ำขนาดใหญ่(3ห้อง)	ชักโครกไฟฟ้า	60	โหลดเลื่อนได้
ห้องครัว	เครื่องบดเศษอาหาร	1500	โหลดเลื่อนได้

ตารางที่ 2 อัตราค่าบริการไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้งาน

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off-Peak	
แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	5.1135	2.6037	312.24
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.7982	2.6369	38.22

ค. การจัดการโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าและฟังก์ชันการหาค่าที่เหมาะสม

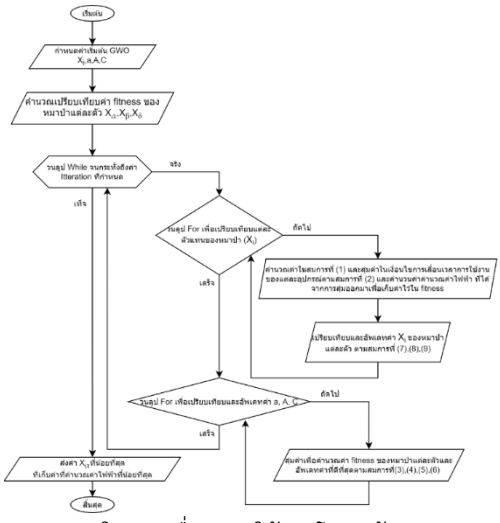
ในการจัดการโหลดใช้วิธีการเลื่อนระยะเวลาการใช้งานของโหลด โดยจะเน้นพิจารณาไปที่โหลดแบบเลื่อนเวลาใช้งานได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานในช่วง Peak และแบ่งการเลื่อนออกเป็น 2 เงื่อนไข คือ การเลื่อนเวลาการใช้งานโหลดจากช่วง Peakโหลดมาใช้งาน Off-peak ในช่วงเช้า 04:00-08:00 น. และการเลื่อนเวลาการใช้งานโหลดจากช่วง Peakโหลดมาใช้งาน Off-peak ในช่วงค่ำเวลา 22:00-24:00 น.

สมการวัตถุประสงค์ในการหาค่าเหมาะสมสุด จึงเป็นการหาค่าต้นทุนสุทธิหรือเป็นการคำนวณหาค่าไฟฟ้าน้อยที่สุด กำหนดให้ P_i คือพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว $S_{i,t}$ คือสถานะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ โดยการทำงานดังกล่าวจะถูกกำกับด้วยเงื่อนไขการเลื่อนการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งถูกเลื่อนเวลาทำงานออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ $L^{m,sh}$ คือการเลื่อนเวลาทำงานของอุปกรณ์ในช่วงเช้า(04:00-17:00 น.) $L^{24,sh}$ คือการเลื่อนเวลาทำงานของอุปกรณ์ที่สามารถเลื่อนเวลาการทำงานได้ 24 ชั่วโมงหรือตลอดทั้งวัน $L^{n,sh}$ คือการเลื่อนเวลาทำงานของอุปกรณ์ในช่วงเย็น(17:00-24:00 น.) และ TOU คืออัตราค่าไฟฟ้า ดังแสดงในสมการที่ (9) – (10)

$$\text{minimum}\left(\sum_{i=1}^{114} P_i \cdot \left(\sum_{t=0}^{24} S_{i,t} \cdot TOU_t\right)\right) \tag{9}$$

$$\text{subjected to } S_{i,j} = \begin{cases} L^{m,sn} \\ L^{24,sh} \\ L^{n,sh} \end{cases} \tag{10}$$

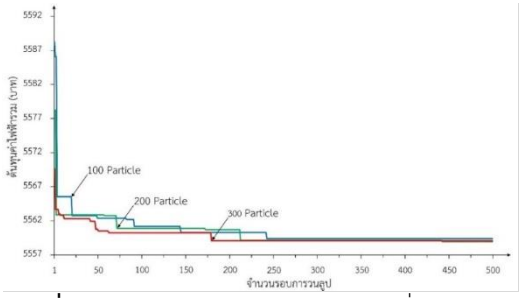
การเลื่อนของ L จะเป็นค่าของชุดการเลื่อนเวลาทำงานของแต่ละอุปกรณ์แบบสุ่ม แล้วจึงหาค่าเหมาะสมสุดด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมสุดแบบเทคนิคการล่าเหยื่อของหมาป่าสีเทา จากที่กล่าวมาข้างต้น ขั้นตอนการหาค่าเหมาะสมสุดโดยใช้เทคนิคการล่าเหยื่อของหมาป่าสีเทาและการคำนวณการเลื่อนระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถแสดงผังงานดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการหาค่าเหมาะสมสุดในการเลื่อนการใช้งานโหลดด้วยเทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

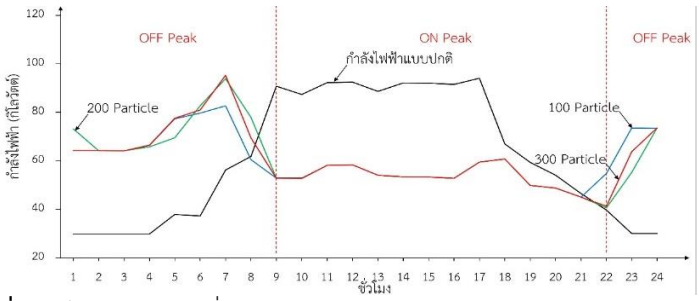
ในการหาค่าเหมาะสมสุดด้วยเทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา เริ่มต้น กำหนดให้ ฝูงหมาป่าสีเทามีจำนวนสมาชิก 100 ตัว 200 ตัว และ 300 ตัว แล้วคำนวณหาค่าเหมาะสมสุด เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ดีที่สุดและเร็วที่สุดเมื่อกำหนดให้จำนวนการวนรอบทั้งหมด 500 รอบ ได้ผลการคำนวณดังแสดงในภาพที่ 4 พิจารณาที่ความเร็วและค่าดีที่สุดของการลู่เข้าหาคำตอบของ GWO ในจำนวนสมาชิกฝูงที่แตกต่างกันแล้ว จึงคำนวณค่าไฟฟ้าสุทธิรายชั่วโมงได้ผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 3 และสามารถแสดงรายละเอียดความแตกต่างของค่าไฟฟ้าสุทธิรายชั่วโมงหลังการหาค่าที่เหมาะสมสุดแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 การลู่เข้าหาผลเฉลยของ GWO ที่มีขนาดฝูงแตกต่างกัน

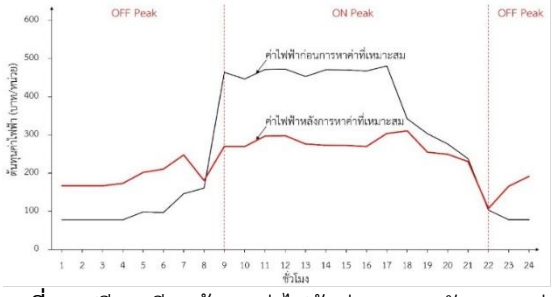
ตารางที่ 3 ผลการหาค่าที่เหมาะสมสุดโดยใช้ขนาดของฝูงต่างกัน

จำนวนหมาป่า	รอบที่ได้ค่าน้อยที่สุด	ราคาค่าไฟฟ้าที่น้อยที่สุด	PAR	ร้อยละที่ลดลง
100	243	5559.37465	1.358	13.589
200	180	5559.07347	1.542	13.594
300	433	5558.95635	1.545	13.595



ภาพที่ 5 ค่าไฟฟ้าสุทธิรายชั่วโมง จากการคำนวณโดยใช้ขนาดของฝูงหมาป่าสีเทาแตกต่างกัน

จากผลการคำนวณโดยใช้ขนาดของฝูงหมาป่า 200 ตัว และวนรอบคำนวณทั้งหมด 500 รอบ จะได้ค่าผลลัพธ์เหมาะสมที่สุดสุด โดยก่อนการหาค่าที่เหมาะสมสุด บ้านอัจฉริยะมีค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิ 6,433.67 บาท/วัน จากผลการหาค่าของพลังงานไฟฟ้ารวม เมื่อมีการปรับเปลี่ยนเวลาการใช้งานที่เหมาะสมสุด ด้วยเทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา พบว่าค่าผลลัพธ์ดีสุดที่ได้จะมีค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง เป็นจำนวนร้อยละ 13.6 และมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าหลังปรับปรุงดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนค่าไฟฟ้าก่อนและหลังการหาค่าที่เหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

ผลการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในบ้านอัจฉริยะ ด้วยวิธีการเลื่อนเวลาใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เทคนิคการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทา ได้แสดงให้เห็นว่า สามารถลดราคาต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 13.6 นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบขนาดฝูงหมาป่า ต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ พบว่าแตกต่างกันทั้งในด้านความเร็วของการลู่เข้าหาผลลัพธ์และค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จากผลการศึกษาที่ได้ คณะผู้วิจัยจักได้นำเทคนิคการล่าเหยื่อของหมาป่าสีเทาไปศึกษาเปรียบเทียบกับเทคนิคการหาค่าเหมาะสมสุดแบบเมตาฮิวริสติกอื่น ๆ ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Nyoman Gunantara, I Dewa Nyoman Nurweda Putra, "The Characteristics of Metaheuristic Method in Selection of Path Pairs on Multicriteria Ad Hoc Networks", **Journal of Computer Networks and Communications**, vol. 2019, Article ID 7983583, 6 pages, 2019. https://doi.org/10.1155/2019/7983583

[2] Knock. (2022, July 24). **ทำความรู้จัก smart home บ้านมีชีวิต**. Carrier Thailand. Retrieved September 11, 2022, from https://carrierthailand.com/aircyclopedia/smarthome/

[3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. **อัตราค่าไฟฟ้า.** (n.d.). Retrieved September 11, 2022, from https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Rate2015Update.pdf

[4] การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.). **การคิดค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ.** www.mea.or.th. (n.d.). Retrieved September 11, 2022, from https://www.mea.or.th/aboutelectric/116/280/form/11

[5] Hussein Swalehe "**Algorithm for Optimal Load Management in Smart Home Integrated with Renewable Energy**", **Master's degree Thesis**, School of Electrical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, 2017.

[6] Zipperer, A., Aloise-Young, P. A., Suryanarayanan, S., Roche, R., Earle, L., Christensen, D., Bauleo, P., & Zimmerle, D. (2013), "**Electric Energy Management in the smart home: Perspectives on enabling technologies and consumer behavior**", Proceedings of the IEEE, 101(11), 2397–2408. https://doi.org/10.1109/jproc.2013.2270172

[7] F. Nawaz, "An optimal Home Energy Management System based on Time of Use pricing scheme in Smart Grid", **International Journal of Scientific & Engineering Research**, Volume 8, Issue 3, March 2017.

[8] O. M. Longe, K. Ouahada, S. Rimer and H. C. Ferreira, "**Optimization of energy expenditure in smart homes under time-of-use pricing**," 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2015.7386988.

[9] H. M. Fayez, G. M. Amer and E. S. F. El Tantawy, "**Load Management in Smart Home Using Intelligent Algorithms**," 2021 22nd International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2021, pp. 521-527, doi: 10.1109/MEPCON50283.2021.9686244.

[10] Priti Paudya, "**Energy Optimization and Coordination Frameworks for Smartt Homes Considering Homes Considering Incentives From Discomfort and Market Analysis**", **Master's degree Thesis**, South Dakota State University, 2019.

[11] Chantar, H., Mafarja, M., Alsawalqah, H. et al. "Feature selection using binary grey wolf optimizer with elite-based crossover for Arabic text classification", **Neural Comput & Applic** 32, 12201–12220 (2020). https://doi.org/10.1007/s00521-019-04368-6

[12] Mirjalili, S., Mirjalili, S.M. and Lewis, A., (2014), "Grey Wolf Optimizer" **Advances in Engineering Software**, 69, 46-61.
http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007

[13] Dai, S., Niu, D., & Han, Y., (2018), "Forecasting of power grid investment in China based on support vector machine optimized by differential evolution algorithm and grey wolf optimization algorithm," **Applied Sciences**, 8(4), 636. https://doi.org/10.3390/app8040636

ระบบตรวจสอบแบตเตอร์รี่โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Battery monitoring system by wireless sensor network

เกียรติศักดิ์ ปิ่นมณี[1] สัญญา พรหมภาสิต[2] และ รุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา[3*]

[1,2,3] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Email : rungroj@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอต้นแบบของระบบตรวจสอบแบตเตอรี่โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อใช้ติดตามสถานะอุณหภูมิ แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ของแบตเตอรี่กระแสตรง มีขนาดแรงดัน 12 โวลต์หรือ 24 โวลต์ ในระบบโซล่าเซลล์ เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กันอย่างแพร่หลาย ระบบเก็บประจุไฟฟ้า คือ แบตเตอรี่ จึงเป็นสิ่งสำคัญ เมื่อมีการใช้งานหรืออัดประจุไฟฟ้า แบตเตอรี่จะมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์ในระบบโซล่าเซลล์หรือเป็นสาเหตุให้เกิดอัคคีภัยได้ เพราะสาเหตุส่วนใหญ่ที่พบเกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้าเกินขนาดพิกัดที่กำหนด การอัดประจุไฟฟ้าเกินขนาดพิกัดที่แบตเตอรี่กำหนดไว้ ทำให้เกิดความร้อนสะสมจนเกิดการลุกไหม้และจุดติดไฟให้หลอมละลายของวัสดุอุปกรณ์ในระบบโซล่าเซลล์ได้ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดสร้างชุดต้นแบบระบบตรวจสอบแบตเตอรี่โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่ เบอร์ ESP 8266 ควบคุมการทำงานเชื่อมต่อกับโมดูลวัดกระแส ACS712 โมดูล วัดแรงดันไฟฟ้า และโมดูลตรวจวัดอุณหภูมิ DHT 11 โดยออกแบบเขียนโปรแกรมการทำงานภาษา C มีการกำหนดเงื่อนไขในการตรวจสอบและติดตามสถานะของแบตเตอรี่ในระบบโซล่าเซลล์ ได้แก่ สถานะอุณหภูมิ สถานะแรงดัน และสถานะการใช้กระแสไฟฟ้า ติดตั้งเซ็นเซอร์โนดประจำไว้กับแบตเตอรี่ของโซล่าเซลล์ โดยโปรแกรมลำดับการทำงาน ตั้งเงื่อนไขกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการให้เซ็นเซอร์โนดตรวจสอบและแจ้งเตือนอุณหภูมิที่มีความร้อนสูง สถานะแรงดันที่ผิดปกติ การใช้กระแสไฟฟ้าที่เกินค่าพิกัดกำหนด สามารถแจ้งเตือนผ่านทางแอพพลิเคชั่นไลน์ให้กับผู้ดูแลระบบทราบทันที จากผลการทดลองติดตั้งจริง พบว่า ระบบต้นแบบสามารถแจ้งเตือนสถานะของอุณหภูมิ แรงดัน การใช้กระแสไฟฟ้าที่มีความเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติได้ และสามารถแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์กับผู้ดูแลระบบมีความถูกต้อง แม่นยำ มีประสิทธิภาพติดตามสถานะและตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันความเสียหายหรือเหตุอัคคีภัยในระบบโซล่าเซลล์ได้

คำสำคัญ: เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระบบโซล่าเซลล์ แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ เซ็นเซอร์โนด

รหัสบทความ B10-202208200001

ระบบรายงานสภาพน้ำและควบคุมอุณหภูมิในตู้ปลาด้วยแผ่นเพลเทียร์ผ่านแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟน

A Control System the Temperature by Pletier Plate for Reporting Water State in the Aquarium with a Smartphone Application.

อัษฎางค์ บุญศรี[1] มณฑล มีโพธิ์[2] ชลิตา แจ่มจันทร์[3*] และ เทพ เกื้อทวีกุล[4]

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

E-mail: chalita29735@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอระบบรายงานสภาพน้ำและควบคุมอุณหภูมิในตู้ปลาด้วยแผ่นเพลเทียร์ผ่านแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟน โดยนำตู้ปลาขนาด กว้าง 23 เซนติเมตร ยาว 46 เซนติเมตร และสูง 29 เซนติเมตร ทดสอบกับระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ผลการทดสอบในระยะเวลา 3 วัน ตั้งแต่เวลา 09.00 – 18.15 น. ในระบบอัตโนมัติ พบว่า ผลการทดสอบการปรับอุณหภูมิในน้ำภาพชุดระบายความร้อนและทำความเย็นด้วยแผ่นเพลเทียร์ สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 28.35 °C และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.45 ส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าความแปรปรวนน้อยเหมาะสำหรับนำไปใช้ในตู้ปลา ในขณะที่ค่าความขุ่นสภาพน้ำในการทดสอบที่สภาวะน้ำเปล่า พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1024 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 ส่วนระบบแมนนวลที่ใช้แอพพลิเคชัน Blynk ผสมผสานร่วมกับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) พบว่า ระบบสามารถตอบสนองการใช้งานได้ดี ช่วยให้มีความสะดวก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่เลี้ยงสัตว์ที่มีแนวทางการวิจัยคล้ายกันต่อไป

คำสำคัญ : ระบบควบคุม , แผ่นเพลเทียร์ , สมาร์ทโฟน.

การหาตำแหน่งเหมาะสมของกังหันลมที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุดสำหรับฟาร์มกังหันลมในภูมิประเทศแบบสลับซับซ้อนด้วยขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

Optimum Location of Wind Turbine for Maximizing Electrical Energy for Wind Farm in Complex Terrain by Ant Colony

พงษ์ศักดิ์ มะขามป้อม[1*] จอมภพ แววศักดิ์[2] ชนะ จันทร์ฉ่ำ[3] และสมพล ชีวมงคลกานต์[1]

Pongsak Makhampom[1*] Jompob Waewsak[2] Chana Chancham[3] and Somphol Chiwamongkhonkarn[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[3] ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] Energy Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210

[2]Department of Physics, Faculty of science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

[3]Research Center in Energy and Environment, Faculty of science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

*Corresponding author: Tel.: 082 963 1386 E-mail address: 602995011@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาฟาร์มกังหันลมนอกจากต้องศึกษาศักยภาพของแหล่งพลังงานลมแล้วยังจำเป็นต้องศึกษาตำแหน่งของกันหันลมที่เหมาะสมเพื่อให้ฟาร์มกังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมการหาสภาวะที่เหมาะสมแบบอาณานิคมมด (Ant colony optimization algorithm, ACO) มาช่วยในการหาตำแหน่งของกังหันลม เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GH WindFarmer ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบฟาร์มกังหันลม โดย ACO เป็นขั้นตอนวิธีที่มีแนวคิดจากพฤติกรรมการหาอาหารของมด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากับภูมิประเทศแบบสลับซับซ้อนในพื้นที่ฟาร์มกังหันลมร่มเกล้า จังหวัดมุกดาหาร ขนาด 10x10 km^2 โดยใช้แบบจำลอง CFD ในการประเมินศักยภาพของแหล่งลมร่วมกับข้อมูลลมระยะยาวตั้งแต่ พ.ศ. 2528-2558 โดยใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้ารุ่น Gamesa G126 ขนาด 2.5 MW ความสูงศูนย์กลางส่วนหมุน 100 m เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหมุน 126 m จำนวน 13 ต้น จากการวิจัยพบว่า พื้นที่ฟาร์มกังหันลมร่มเกล้ามีความเร็วลมเฉลี่ยรายปีที่ตั้งแต่ 3.53-5.42 m/s จากการใช้ ACO ในการหาตำแหน่งของกังหันลม พบว่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่รายปีเท่ากับ 25.70 GWh/year การสูญเสียเนื่องจาก wake เท่ากับ 13.74% C.F. เท่ากับ 9.03% และเมื่อจำลองด้วย GH WindFarmer พบว่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิรายปีเท่ากับ 30.75 GWh/year การสูญเสียเนื่องจาก wake เท่ากับ 10.88% C.F. เท่ากับ 10.80% และเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจำลองพบว่า ACO ใช้เวลามากกว่าแบบจำลอง GH WindFarmer ประมาณ 2 เท่า

คำสำคัญ: ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด, ฟาร์มกังหันลม, การสูญเสียเนื่องจาก wake, แบบจำลอง CFD

รหัสบทความ B12-202208280001

การพยากรณ์กำลังการผลิตโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก : กรณีศึกษาระบบผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำขนาด 1.5 MWp

Power Generation Forecasting using Deep Learning Techniques: Case Study of a 1.5 MWp Floating PV Power Generation System

นนธวัช โคตรศรีวงษ์[1], ธีระพงษ์ บุญรักษา[2], พรมพักตร์ บุญรักษา[3], ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์[1],
อัษฎา บุญศรีรัตน์[4] และ บุญเรือง มะรังศรี[1*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา นครปฐม
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ นนทบุรี
[4]Energy Solution Business Manager บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด (มหาชน) บางซื่อ กรุงเทพฯ
[*]Email: bmshvee@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นการพัฒนาต่อยอดจากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่มีโครงข่ายประสาทเทียมเป็นฐาน(Neuron Networks-based Machine Learning) เทคนิคการเรียนรู้แบบเชิงลึก สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบคือ แบบมีผู้สอน(Supervised) แบบกึ่งมีผู้สอน(Semi-supervised) และแบบไม่มีผู้สอน(Unsupervised) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้อีกด้วย บทความนี้นำเสนอประสิทธิผลและความแม่นยำของการพยากรณ์กำลังการผลิตรายสัปดาห์ของระบบผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ พิกัดกำลังติดตั้ง 1.5 MWp ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบมีผู้สอน ประกอบด้วย โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ(RNN) โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ(CNN) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว(LSTM) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวสองทาง(BiLSTM) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตู(GRU) และโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตูสองทิศทาง(BiGRU) ใช้ข้อมูลของการผลิตกำลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 1 กุมภาพันธ์ จนถึง 13 เมษายน 2565 ในการสอนระบบให้เรียนรู้เชิงลึก จากนั้นก็ให้ระบบพยากรณ์การผลิตกำลังงานไฟฟ้าต่อจากช่วงเวลาที่สอนไป 1 สัปดาห์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตจริง ผลการพยากรณ์พบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว(LSTM) มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ โดยมีดัชนีค่าความคลาดเคลื่อน MAE 12.86 kW, MAPE 4.03 % และ RMSE 30.43 kW ตามลำดับ ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลและความแม่นยำของเทคนิคการเรียนรู้แบบเชิงลึกได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบมีผู้สอน, การพยากรณ์ระยะสั้น, การพยากรณ์กำลังการผลิต, ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ

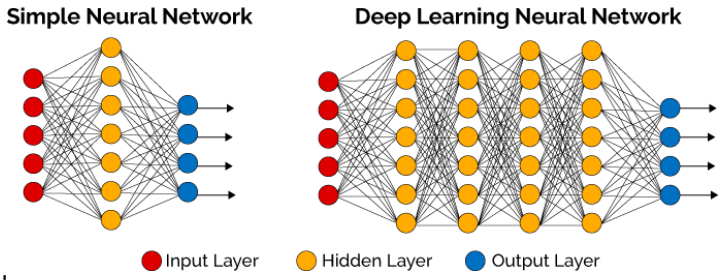
บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีวิกฤตการณ์ด้านพลังงาน และปรากฏการณ์โลกร้อน ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จึงส่งผลให้มีการพัฒนาและใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม จากแสงอาทิตย์ จากความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นหนึ่งในแหล่งผลิตพลังงานหมุนเวียนได้รับความนิยมไปทั่วโลก อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพอากาศด้วย ดังนั้นการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และความ

แม่นยำของการพยากรณ์ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนการใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปแล้วการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) การพยากรณ์ระยะยาวโดยมีระยะเวลาพยากรณ์นานกว่าหนึ่งปี 2) การพยากรณ์ระยะกลางมักจะอยู่ในช่วงตั้งแต่หนึ่งเดือนถึงหนึ่งปี เหมาะสำหรับใช้เพื่อวางแผนหยุดทำงานเพื่อทำการบำรุงรักษาตลอดจนการดำเนินการเปลี่ยนโหลด 3) การพยากรณ์ระยะสั้น ใช้เพื่อวางแผนการผลิตให้สมดุลความต้องการใช้ไฟฟ้าในขณะที่โหลดเปลี่ยนเมื่อเวลาผ่านไป โดยปกติจะเป็นการพยากรณ์ในวันถัดไปหรือสัปดาห์ถัดไป

ในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมา ได้มีการพัฒนา เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent Technique : AI) ขึ้นมาประยุกต์ใช้งานกันเป็นจำนวนมาก ไม่ว่า จะเป็นทางด้านการแพทย์ ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านวิศวกรรมศาสตร์ งานทางด้านการส่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า ก็ได้นำเอาเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น ใช้ในการจดจำรูปแบบ ใช้ในการหาค่าเหมาะสมสุด และใช้ในการพยากรณ์ เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น การพยากรณ์กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน และเพื่อวางแผนขยายโรงไฟฟ้าในอนาคต ตลอดจนนำมาประยุกต์ใช้ ในการพยากรณ์โหลด เพื่อให้การไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานได้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้งาน โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neuron Network: ANN) ก็เป็นหนึ่ง ในเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้งาน โครงข่ายประสาทเทียมอ้างอิงการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ ถูกสร้างขึ้นในปี 1943 จากผลงานของ Warren McCullogh & Walter Pitts [1] ในเวลาต่อด้วยการใช้ ANN เป็นฐาน ได้มีการพัฒนาขึ้นมาตามลำดับให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ด้วยตัวเอง เรียกว่า การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning : ML) และพัฒนามาเป็นการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning :DL)

การเรียนรู้เชิงลึก เป็นวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติ ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทมนุษย์ ด้วยการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาซ้อนกันหลายชั้น แล้วทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งข้อมูลดังกล่าว ถูกนำไปใช้ในการตรวจสอบรูปแบบหรือจำแนกข้อมูล โดยทั่วไปแล้วโครงข่ายประสาทเทียม สามารถเรียนรู้ได้เพียงไม่กี่ชั้นเท่านั้น เพื่อทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถคิดและประมวลผลซับซ้อน ได้เหมือนสมอ งมนุษย์ จึงต้องเพิ่ม ฮิดเดนเลเยอร์(Hidden Layer)เข้าไปหลายชั้น เพื่อให้ส่งข้อมูลประมวลผลต่อ ๆ กันไปได้สะดวก ทำให้สามารถคำนวณได้ซับซ้อนและแม่นยำมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมแบบธรรมดาและแบบเรียนรู้เชิงลึก[2]

โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ (Recurrent Neural Network: RNN) เป็นการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมดั้งเดิม ด้วยการนำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ย้อนกลับ มาใช้เป็นข้อมูลขาเข้า อีกครั้ง ซึ่งเป็นวิธีการ ที่มีประโยชน์ อย่างมาก ในกรณีที่ข้อมูล มีความต่อเนื่อง โครงข่ายประสาทเทียม แบบวนกลับ ได้รับการพัฒนาโดย Rumelhart, Hinton & Williams [3] เพื่อแก้ปัญหา “การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมาก” ที่เกิดจากการใช้จำนวนเซลล์ประสาทที่มีมากกว่า 1000 เซลล์ ส่งผลให้ต้องใช้จำนวน Epochs ที่มากเกินไป[4] ในเวลา Hochreiter & Schmidhuber ได้มีการนำเทคนิค RNN มาพัฒนาเป็น โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory: LSTM)ในปี 1997 โดยการปรับแต่ง RNN เพิ่มจากเดิมคือ Cell State หรือ Memory [5] จากนั้นได้มีการพัฒนาต่อยอดจาก LSTM ให้เป็น โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตู (Gated Recurrent Unit: GRU) ในปี 2014

จากผลงานของ Cho et al. โดย GRU มีแนวคิดคล้าย LSTM เพียงแต่ลดพารามิเตอร์เพื่อต้องการให้ทำงานได้เร็วกว่า LSTM [5] ในปี 1997 Schuster & Paliwal [6] ได้พัฒนา RNN ให้สามารถประมวลผลแบบเดินหน้า(Forward) และแบบถอยหลัง (Backward) หรือเรียกว่าแบบสองทิศทาง(Bidirectional) Graves & Schmidhuber [7] ได้พัฒนาต่อยอดไปเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับสองทิศทาง(BiRNN) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวสองทาง(BiLSTM) และโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตูสองทิศทาง(BiGRU) ในส่วนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ(Convolutional Neural Network: CNN) เป็นการเรียนรู้เชิงลึกอีกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งาน ซึ่งเกิดขึ้นในปี 1980 จากผลงาน Fukushima[8] โดยในตอนเริ่มต้นนั้นถูกพัฒนามาเพื่อให้ประมวลข้อมูลแบบพิกเซลล์หรือรูปภาพ

ปัจจุบันมีการนำเอาเทคนิคการเรียนรู้แบบเชิงลึก ไปใช้ในการพยากรณ์ทางไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น ผลงานของ Ganguly, Goswami & Sil [9] ได้นำโครงข่ายประสาทเทียม(ANN) มาใช้ในการพยากรณ์โหลดทางไฟฟ้า และนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาจัดโหลดทางไฟฟ้าใหม่ เพื่อลดขนาดโหลดสูงสุด ที่อาจจะเกิดขึ้นที่ในอนาคต Tudose et al. [10]ได้ประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (CNN) ในการพยากรณ์โหลดทางไฟฟ้าของประเทศโรมันเนีย Bui et al [11] ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ(RNN) มาใช้ในการพยากรณ์โหลดทางไฟฟ้าแบบรายชั่วโมง Cui et al. [12] ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว(LSTM) มาพยากรณ์โหลดทางไฟฟ้า พบว่าให้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ Gao et al. [13]ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตู(GRU) มาใช้ในการพยากรณ์ทางไฟฟ้าและนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับ LSTM พบว่า GRU นั้นมีความสามารถในการพยากรณ์ที่ดีกว่า Xue et al. [14] ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวสองทิศทาง(BiLSTM) มาประยุกต์ใช้ ในการพยากรณ์กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ระยะสั้นพบว่ามีความแม่นยำสูงและผลลัพธ์ การพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนต่างออกไปจากค่าจริงเพียงเล็กน้อย

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบ ประสิทธิผลและความแม่นยำในการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้ เทคนิคการเรียนรู้แบบเชิงลึกแบบต่าง ๆ จำนวน 6 เทคนิคในการพยากรณ์กำลังการผลิต ตั้งแต่ 1 วัน ไปจนถึง 1 สัปดาห์ ประกอบด้วย โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ(RNN) โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ(CNN) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว(LSTM) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวสองทิศทาง(BiLSTM) โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตู(GRU) และโครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตูสองทิศทาง(BiGRU) โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อหาเทคนิคที่ทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำที่สุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำมาใช้วางแผนการจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ความแม่นยำของการพยากรณ์ถูกตรวจสอบด้วยดัชนีประเมินความแม่นยำ 3 แบบประกอบด้วย Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), และ Root Mean Square Error (RMSE)

วิธีการวิจัย

ก. โครงข่ายประสาทเทียมและการเรียนรู้เชิงลึก

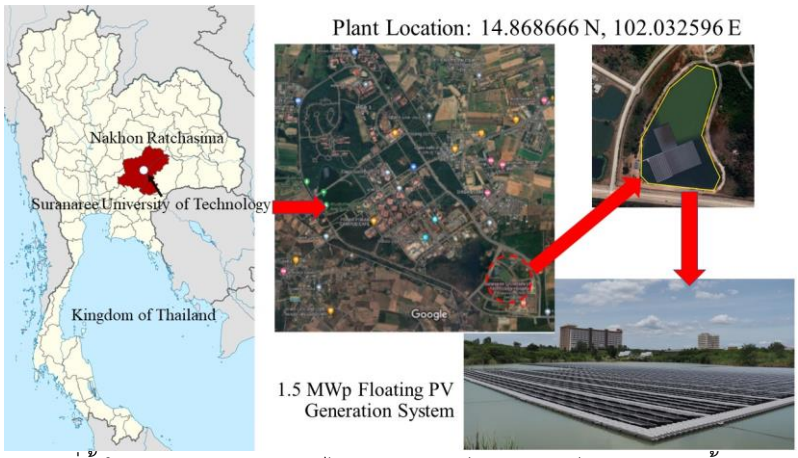
โครงข่ายประสาทเทียม ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีแนวคิด เลียนแบบการทำงานของเซลล์ประสาทมนุษย์ที่เชื่อมต่อทำงานร่วมกัน ซึ่งในการทำงานมีองค์ประกอบสามส่วนคือ อินพุต(Input) ฮิดเดนเลเยอร์(Hidden Layer) และเอาต์พุต(Output) การเรียนรู้แบบเชิงลึกเป็นพัฒนาเพิ่มฮิดเดนเลเยอร์ให้กับโครงข่ายประสาทเทียม [9],[15-16] ปกติแล้วโครงข่ายประสาทเทียมจะเป็นฟังก์ชันรับอินพุต แล้วประมวลผลออกมาเป็นเอาต์พุต ซึ่งจะรับอินพุตมาเรียงลำดับอย่างไรก็ได้ ฉะนั้นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ(RNN) จึงได้แก้ปัญหาตรงจุดนี้ โดยไม่ได้เป็นการเพิ่มเลเยอร์ แต่แก้ไขด้วยการวนกลับสถานะภายในของโมเดลให้กลับมาเป็นอินพุตใหม่คู่กับอินพุตปกติ เพิ่มเข้าไปในส่วนของฮิดเดนเลเยอร์[16] โครงข่ายประสาท

เทียมแบบสังวัตนาการ(CNN) จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ ที่สามารถมองเห็นพื้นที่หรือมองข้อมูลเป็นส่วน ๆ แล้วนำกลุ่มข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาผลลัพธ์ โดยใช้สังวัตนาการเลเยอร์ (Convolution Layer) ทำหน้าที่สกัดเอาส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลออกมา เพื่อให้สามารถเรียนรู้ลักษณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าหากมีสังวัตนาการเลเยอร์หลาย ๆ ชั้นจะทำให้ขนาดของข้อมูลเล็กลง ทางออกของปัญหานี้ คือ “การขยายความ(Padding)” ซึ่งก็คือการทำให้ มิติของเอาต์พุตเท่ากับมิติของอินพุต หลังจากข้อมูลผ่านสังวัตนาการเลเยอร์ จะถูกส่งมาที่พูลลิงเลเยอร์(Pooling Layer) เพื่อสกัดเอาส่วนของข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลให้รวดเร็วยิ่งขึ้น [11],[17] โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (LSTM) เป็นแขนงหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ(RNN) โดยเพิ่มในส่วนของ ความจำ(Memory/Cell State) ฟอร์เก็ตเกท(Forget Gate) อินพุตเกท (Input Gate) และเอาต์พุตเกท(Output Gate) เพื่อแก้ปัญหาที่ RNN ไม่สามารถทำนายในข้อมูลที่มีช่วงเวลาที่ยาวนานได้ [12] โดยปกติการทำงานของ LSTM จะมีแค่เลเยอร์ไปข้างหน้าที่อยู่ภายใน LSTM ดังนั้นเทคนิค BiLSTM จึงถูกเพิ่มการทำงานของเลเยอร์ย้อนกลับเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลให้ดีขึ้น [11-12] โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตู(GRU) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเช่นกัน โดยได้พัฒนามาจาก LSTM ซึ่งได้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเพียงเล็กน้อยจาก LSTM โดยตัด Cell state ออกไป เหลือเพียง รีเซ็ตเกต(Reset Gate) และ อัพเดตเกท(Update Gate) [18] โดย อัพเดตเกทมีหน้าที่ในการวิเคราะห์ว่าสิ่งใหนควรเก็บค่า หรือเพิ่มค่าเข้าไป เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป ส่วนรีเซ็ตเกทมีหน้าที่ในการวิเคราะห์ว่าสามารถนำข้อมูลเก่ามาประมวลผลร่วมกับข้อมูลใหม่ได้หรือไม่ โครงข่ายประสาทเทียมหน่วยเวียนกลับแบบมีประตูสองทิศทาง(BiGRU) โดยปกติการประมวลผลจะมีทิศทางเดินหน้า แต่ในแบบสองทิศทางจะเพิ่มทิศทางการประมวลผล ภายในโครงข่ายประสาทแบบย้อนกลับ[19-20] ซึ่งรายละเอียดของเทคนิคทั้งหมดสามารถพบได้ตามรายการเอกสารอ้างอิง

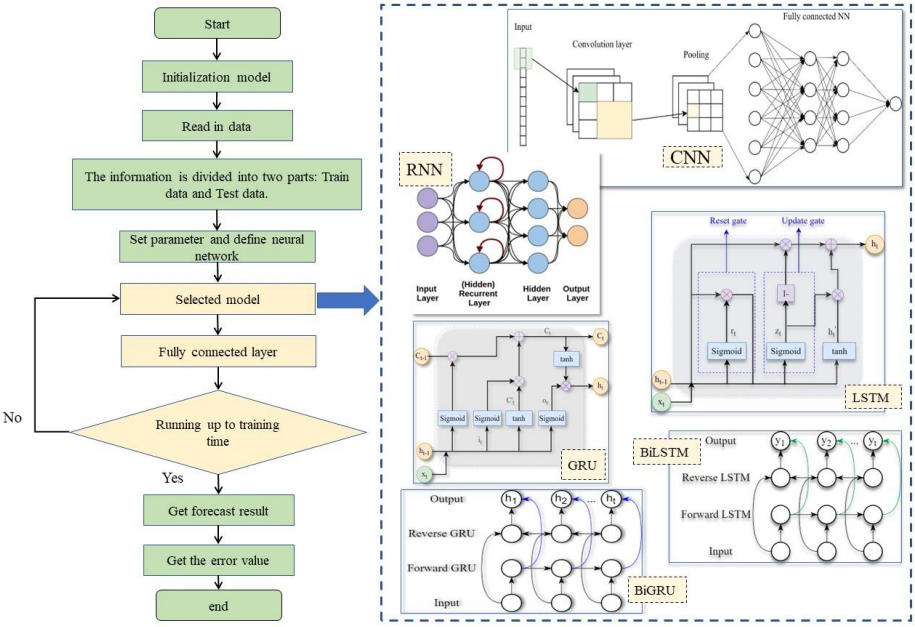
ข. ระบบผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำขนาดติดตั้ง 1.5 MW_p

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ร่วมมือกับ SCG และ TTCL จัดตั้งโครงการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ เพื่อให้บริการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แก่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานดังกล่าวมีกำลังการผลิตติดตั้ง 1.5 MW_p ตั้งอยู่ที่อ่างเก็บน้ำของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ดังภาพที่ 2 โครงการนี้ได้ติดตั้งโมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ประเภท ได้แก่ โมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bi-Facial และ โมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono-Facial โครงการนี้เชื่อมต่อกับระบบโดยใช้อินเวอร์เตอร์ทั้งหมด 8 ตัว โดยโมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Bi-Facial ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 535 W_p จำนวน 25 แผง ต่อ 1 สตริง รวมทั้งสิ้น 28 สตริง โดยเชื่อต่อระบบผ่านอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้า 2 ตัว นั่นคือ 14 สตริง/อินเวอร์เตอร์ และสำหรับโมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono-Facial ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 540 W_p จำนวน 25 แผง ต่อ 1 สตริง รวมทั้งสิ้น 48 สตริง เชื่อมต่อกับระบบผ่านอินเวอร์เตอร์ 6 ตัว โดยแต่ละตัวรับผิดชอบ 14 สตริง โครงการนี้ได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำเสร็จสมบูรณ์ และได้มีการเชื่อมต่อกับระบบของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2565 จนถึงปัจจุบัน ข้อมูลกำลังงานของระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำที่ผลิตได้ ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2565 ถึง 13 เมษายน 2565 ถูกนำมาใช้เพื่อฝึกการพยากรณ์ของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแต่ละเทคนิค

ซอร์สโค้ดของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกทั้งหมด ในการศึกษาครั้งนี้ นำมาจาก http://www.gothub.com ที่พัฒนาโดยใช้การเขียนโปรแกรม Python ผ่าน Keras (2.6.0) ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กโอเพนซอร์ซสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกยอดนิยม นอกจากนี้ จูปีเตอร์โน้ตบุ๊ค (Jupyter Notebook) หรือเว็บแอปพลิเคชันโอเพนซอร์ซสำหรับการประมวลผลคลาวด์ของ Python ได้ถูกใช้ในการพยากรณ์พลังที่สร้างขึ้นโดยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ขั้นตอนของการพบากรแสดงไว้ในภาพที่ 3 โดยกระบวนการทำงานต้องติดตั้งโมดูลที่ต้องใช้งาน จากนั้นนำเข้ามูลเข้าสู่โปรแกรมและแบ่งข้อมูลเป็นสองชนิดคือ ข้อมูลเทรนนิง(Training Data) และข้อมูลทดสอบ(Test Data) เมื่อเลือกค่าพารามิเตอร์และเลือกโมเดลที่ต้องการแล้ว จากนั้นกำหนดจำนวน Epochs ทำการประมวลผลตามจำนวน Epochs ที่ตั้งไว้ และรับผลการพยากรณ์จากโมเดล



ภาพที่ 2 สถานที่ตั้งโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำขนาด 1.5 MW_p



ภาพที่ 3: ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการเทรนนิ่ง

ในการวัดความแม่นยำของการพยากรณ์นั้น ประเมินโดยใช้การคำนวณทางสถิติประกอบด้วย MAE, MAPE, และ RMSE ซึ่งสามารถคำนวณจากการนำค่าที่พยากรณ์ได้และค่าจริงมาใช้ [20] ดังแสดงในสมการที่1-3

$$MAE = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|\right) \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right|\right)\times 100\% \quad (2)$$

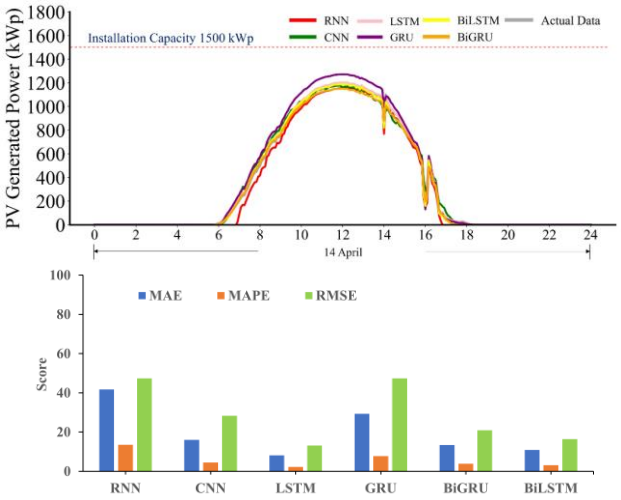
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2\right)} \quad (3)$$

กำหนดให้ y คือค่าจริงและ $\hat{y}$ คือค่าที่พยากรณ์ได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

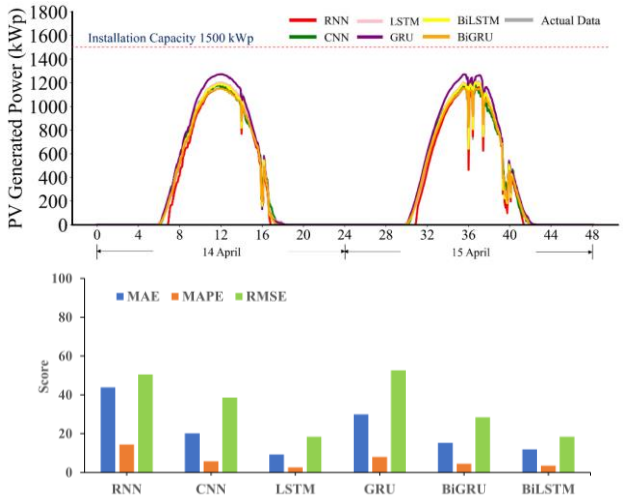
ข้อมูลกำลังงานของระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำที่ผลิตได้ ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2565 ถึง 13 เมษายน 2565 ถูกนำมาใช้เพื่อฝึกการพยากรณ์ของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก การพยากรณ์กำลังการผลิตเริ่มตั้งแต่วันที่ 14-20 เมษายน 2565 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการพยากรณ์แต่โดยใช้แต่ละเทคนิคเทียบกับข้อมูลจริง และโดยใช้ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน MAE MAPE และ RMSE

ก. การพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14 เมษายน 2565 พบว่าทุกเทคนิคให้รูปแบบผลการพยากรณ์คล้ายกันกับข้อมูลจริง เมื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนพบว่า เทคนิค LSTM มีความคลาดเคลื่อนน้อยเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ผลการพยากรณ์และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14 เมษายน 2565

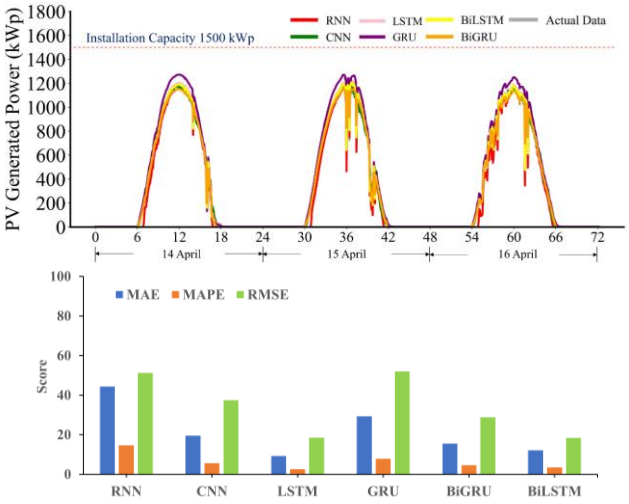
ข. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-15 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์ก็มีรูปแบบเหมือนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ผลการพยากรณ์และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 5



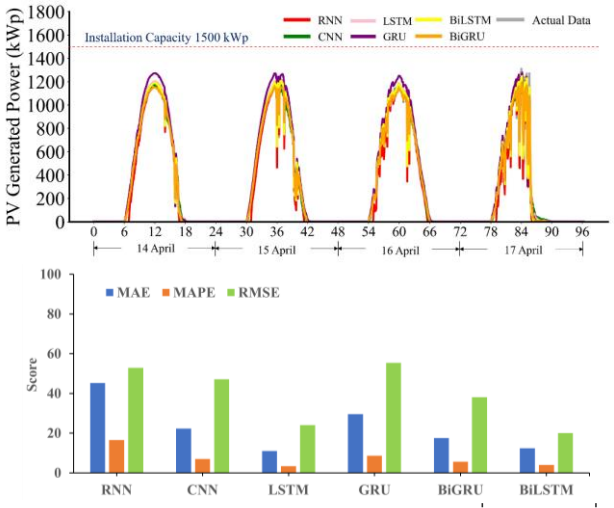
ภาพที่ 5: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-15 เมษายน 2565

ค. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-16 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์ก็มีรูปแบบเหมือนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันและ 2 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM ยังคงให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่นๆ ผลการพยากรณ์และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 6

ง. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 4 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-17 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์เริ่มมีความแตกต่างเล็กน้อยจากการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM และเทคนิค BiLSTM ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ผลการพยากรณ์ และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 7

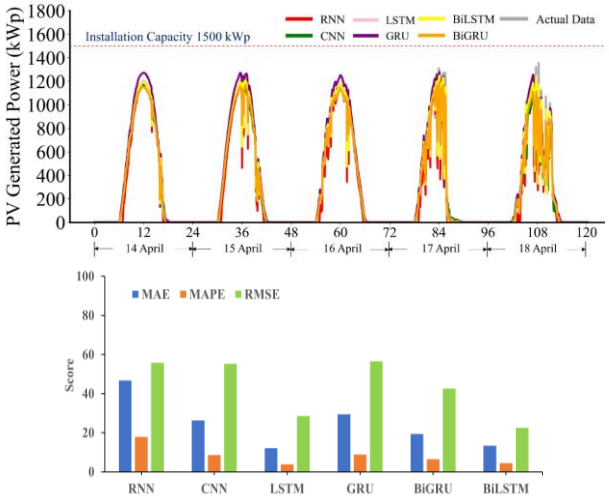


ภาพที่ 6: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-16 เมษายน 2565



ภาพที่ 7: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-17 เมษายน 2565

จ. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-18 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์มีความเหมือนกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 4 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM และ BiLSTM ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ผลการพยากรณ์ และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 8

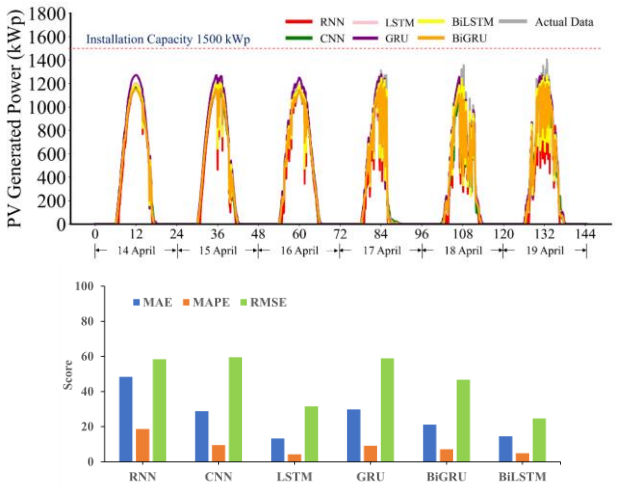


ภาพที่ 8: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-18 เมษายน 2565

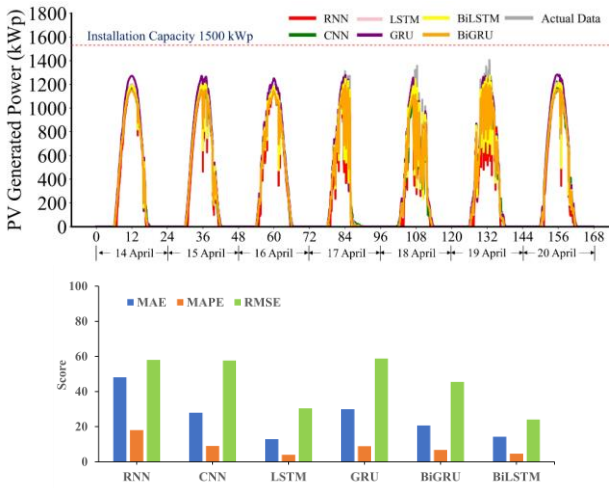
ฉ. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-19 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์มีความเหมือนกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM และ BiLSTM ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ผลการพยากรณ์ และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 9

ช. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน ผลการพยากรณ์กำลังการผลิตวันที่ 14-20 เมษายน 2565 พบว่าผลการพยากรณ์มีความเหมือนกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 วัน นั่นก็คือ เทคนิค LSTM และ BiLSTM ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ผลการพยากรณ์ และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อน แสดงในภาพที่ 10

เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า มีจำนวน 3 เทคนิคที่ให้ผลลัพธ์การพยากรณ์ออกมาดีเป็นที่น่าพอใจ เมื่อใช้พยากรณ์ข้อมูลที่มีการผันผวนมาก ก็คือ เทคนิค LSTM เทคนิค BiLSTM และเทคนิค BiGRU ตามลำดับ



ภาพที่ 9: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-19 เมษายน 2565



ภาพที่ 10: ผลลัพธ์การพยากรณ์กำลังการผลิตและค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของวันที่ 14-20 เมษายน 2565

ตารางที่ 1: ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์วันที่ 14 – 20 เมษายน 2565

Model	MAE (kW)	MAPE (%)	RMSE (kW)
RNN	48.05	18.08	57.99
CNN	27.97	8.98	57.65
LSTM	12.87	**4.03**	30.43
GRU	29.98	8.91	58.76
BiLSTM	14.30	**4.65**	24.09
BiGRU	20.63	**6.75**	45.41

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยได้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้และประยุกต์ใช้งานเทคนิคการเรียนรู้แบบเชิงลึก ซึ่งเป็นเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ที่มีความทันสมัย มีประสิทธิผลและความแม่นยำสูง การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่ได้เกิดจากการกำหนดเงื่อนไขให้ทุกเทคนิคทำงานภายใต้ข้อกำหนดเดียวกัน จึงได้ผลการพยากรณ์ดังที่แสดงมาแล้วข้างต้น ซึ่งทุกเทคนิคที่ศึกษาให้ผลการพยากรณ์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ มีเพียงสามเทคนิคเท่านั้น ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ นั่นคือ เทคนิค LSTM เทคนิค BiLSTM และเทคนิค BiGRU แต่เทคนิคที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ เทคนิค LSTM ผลที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พัฒนาระบบพยากรณ์กำลังการผลิตแบบเวลาจริง เพื่อใช้ในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมสุดต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] McCulloch, W.S.& Pitts, W., “A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, **Bulletin of Mathematical Biophysics 5**, 115–133 (1943). https://doi.org/10.1007/BF02478259

[2] Global Engage (n.d.), “**Deep learning in digital pathology**”, Retrieved September 13, 2022, from https://www.global-engage.com/life-science/deep-learning-in-digital-pathology/

[3] Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J., (1986), “Learning representations by back-propagating errors”, **Nature**, 323(6088), 533–536, https://doi.org/10.1038/323533a0.

[4]1991: “**First very deep learning with unsupervised pre-training**”, people.idsia.ch. (n.d.). Retrieved June 12, 2022, from https://people.idsia.ch/~juergen/very-deep-learning-1991.html

[5] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J., (1997), “Long short-term memory”, **Neural Computation**, 9(8), 1735–1780, https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

[6] Cho, K., van Merrienboer, B., Bahdanau, D., & Bengio, Y., (2014), “On the properties of neural machine translation: Encoder–decoder approaches”, **Proceedings of SSST-8, Eighth Workshop on Syntax, Semantics and Structure in Statistical Translation**, https://doi.org/10.3115/v1/w14-4012

[7] Schuster, M., & Paliwal, K. K., (1997), “Bidirectional recurrent neural networks”, **IEEE Transactions on Signal Processing**, 45(11), 2673–2681. https://doi.org/10.1109/78.650093

[8] Graves, A., & Schmidhuber, J., (2005), “Framewise phoneme classification with bidirectional LSTM and other neural network architectures”, **Neural Networks**, 18(5-6), 602–610. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2005.06.042.

[9] Fukushima, K., (1980). "Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position", **Biological Cybernetics**, 36(4), 193–202, https://doi.org/ 10.1007/bf00344251.

[10] A. Ganguly, K. Goswami & A. K. Sil, "ANN technique based Mid Term Load Forecasting as a case study for Peak Load Reduction", **2018 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON)**, 2018, pp. 262-266, doi: 10.1109/ASPCON.2018.8748305.

[11] A. M. Tudose, D. O. Sidea, I. I. Picioroaga, V. A. Boicea & C. Bulac, "A CNN Based Model for Short-Term Load Forecasting: A Real Case Study on the Romanian Power System", **2020 55th Int. Universities Power Engineering Conf. (UPEC)**, 2020, pp. 1-6, doi:10.1109/UPEC49904. 2020.9209768.

[12] V. Bui, V. H. Nguyen, T. L. Pham, J. Kim & Y. M. Jang, "RNN-based Deep Learning for One-hour ahead Load Forecasting", **2020 Int. Conf. on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIC)**, 2020, pp. 587-589, doi: 10.1109/ICAIIC48513.2020.9065071.

[13] C. Cui, M. He, F. Di, Y. Lu, Y. Dai & F. Lv, "Research on Power Load Forecasting Method Based on LSTM Model", **2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)**, 2020, pp. 1657-1660, doi: 10.1109/ITOEC49072.2020.911684.

[14] Gao Xiuyun, Wang Ying, Gao Yang, Sun Chengzhi, Xiang Wen & Yue Yimiao, "Short-term Load Forecasting Model of GRU Network Based on Deep Learning Framework", **2018 2nd IEEE Conf. on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)**, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/EI2.2018.8582419.

[14] Y. Xue, R. Li, X. Hua & X. Feng, "Short-term Photovoltaic Power Prediction of Bi-LSTM Based on MIC", **2021 6th Int. Conf. on Power and Renewable Energy (ICPRE)**, pp. 1107-1111, doi: 10.1109/ICPRE52634.2021.9635522.

[15] Khashei, M., & Bijari, M., (2010), "An artificial neural network (p,D,Q) model for time series forecasting", **Expert Systems with Applications**, 37(1), 479–489. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.044.

[16] S. Kumar, S. Mishra & S. Gupta, "Short Term Load Forecasting Using ANN and Multiple Linear Regression", **2016 Second Int. Conf. on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT)**, pp. 184-186, doi: 10.1109/CICT.2016.44.

[17] M. A. Yahya, S. P. Hadi and L. M. Putranto, "Short-Term Electric Load Forecasting Using Recurrent Neural Network (Study Case of Load Forecasting in Central Java and Special Region of Yogyakarta)", **2018 4th Int. Conf. on Science and Technology (ICST)**, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528651.

[18] Sajjad, M., Khan, Z. A., Ullah, A., Hussain, T., Ullah, W., Lee, M. Y., & Baik, S. W., (2020), "A novel CNN-GRU-based hybrid approach for short-term residential load forecasting", **IEEE Access**, 8, 143759–143768. https://doi.org/10.1109/access.2020.3009537

[19] Shi, H., Wang, L., Scherer, R., Wozniak, M., Zhang, P., & Wei, W., (2021), "Short-term load forecasting based on ADABELIEF optimized temporal convolutional network and gated recurrent unit hybrid neural network", **IEEE Access**, 9, 66965–66981. https://doi.org/10.1109/access.2021.3076313

[20] M. R. Islam, A. Al Mamun, M. Sohel, M. L. Hossain & M. M. Uddin, "LSTM-Based Electrical Load Forecasting for the Chattogram City of Bangladesh", **2020 Int. Conf. on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)**, pp. 188-192, doi: 10.1109/ESCI48226.2020.9167536.

Economic assessment of a Photovoltaic-Aided Combined Cycle Power Plant

Klahan Suksawai[1], Pongsakorn Kachapongkun[1*]

[1]Rattanakosin Collage for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Email: pongsakorn.kerd@rmutr.ac.th

Abstract

In this research, the installation of solar photovoltaics (PV) in the Gas Turbine Combine Cycle (GTCC) power plant was studied for supplying the auxiliary equipment of the power plant. The economic analysis and environmental impact were conducted by an Independent Power Producer (IPP) 700 MW case study. GTCC power plant in Thailand. The PV energy generation and calculation methodology were according to National Renewable Energy Laboratory (NREL) using PVsys version 7.1.7 software simulation through 3 cases. The first case was the solar PV rooftop, the second case was the solar PV on the ground with the tracking system, and the third case was the solar PV rooftop combined with solar PV on the ground with a tracking system under the limitation of space area in the existing power plant. The tools for economic evaluation were the Internal Rate of Return (IRR) and Payback Period. The results indicated that the PV system could replace as the auxiliary power for consumption using renewable electricity to reduce internal power consumption and emission. Utilizing the solar PV rooftop and solar PV on the ground with a tracking system was the best for additional energy reduction. The electrical power generation was 2,773 MWh per year which natural gas consumption and CO_2 emission could be reduced by 19,027 MMBTU and 1,660 tons per year, respectively. According to an economic point of view basis, the first case was the best choice. The IRR was 19.9%, and the Payback Period of four years and two months was the shortest. Due to the integration of the solar PV into the power plant, PV electricity could be supplied to the power plant, either in operation running or being shut down; therefore, importing energy from the EGAT system grid could be reduced. Furthermore, solar PV was installed in the existing space area in the power plant, which was the maximum area utilization.

Keywords: Combine cycle, Photovoltaics, Auxiliary power consumption, Emission, IRR
solar project 2020.



พลังงานเพื่อการเกษตร

หมายเหตุ : บทความที่มีเฉพาะบทคัดย่อเป็นบทความที่ได้รับการพิจารณาเพื่อดำเนินการต่อไปในส่วนของวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลา สำหรับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่แตกต่างกัน 3 แบบ ในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร

Comparison of Relationships between Solar Power and Time for Three Different Stand-Alone Photovoltaic System Installations in Agriculture Applications

กิติศักดิ์ ผึ้งทอง และ อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์*
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
Email : Ph.Kittisak@yahoo.com; anuchart@pit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลา สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยวิธีการติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ ประกอบด้วย 1) การติดตั้งแบบอยู่กับที่รับแสงในทิศใต้ทำมุม 15 องศา 2) การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวหมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยทำมุมเอียงคงที่ 15 องศา และ 3) การติดตั้งแบบติดตามแกนคู่หมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกและมุมเอียง เพื่อหาวิธีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับการใช้งานทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลาสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยการติดตั้งทั้ง 3 แบบ ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยการติดตั้งแบบติดตามแกนคู่สามารถให้พลังงานได้สูงที่สุด โดยให้พลังงานมากกว่าการติดตั้งแบบอยู่กับที่และการติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวร้อยละ 36.08 และ 8.77 ตามลำดับ การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวให้พลังงานเฉลี่ยมากกว่าการติดตั้งแบบอยู่กับที่ร้อยละ 25.11 การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยการติดตั้งแบบติดตามแกนคู่ที่พัฒนาในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับทิศทางและมุมเอียงให้กับรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์, การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ, การติดตั้งแบบอยู่กับที่, การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวหมุนรอบตัว, การติดตั้งแบบติดตามแกนคู่หมุนรอบตัว

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนสะอาดปราศจากมลพิษ และเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูงที่สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระซึ่งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตร เช่น ระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตร [1] ระบบเติมอากาศบ่อเลี้ยงปลา [2] เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการผลิต สะดวกในการใช้งานและสามารถเคลื่อนย้ายไปในพื้นที่การเกษตรที่ห่างไกล ทั้งยังช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากเชื้อเพลิงฟอสซิล พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ พบว่ารังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศเท่ากับ 18.0 MJ/m^2-day การติดตั้งแบบมุมรับแสงคงที่โดยหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้เอียงประมาณ 15 องศา ทำให้แผงได้รับแสงและผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มที่ [3] อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้นจึงมีการติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar

Tracking System) ศศิวิมล ทรงไตร และคณะ [4] ทดสอบสมรรถนะจากการติดตั้งแบบติดตามดวงอาทิตย์ชนิด 1 แกนหมุนด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดแสงร่วมกับวงจรควบคุมที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ซึ่งให้ค่าผลผลิตทางไฟฟ้ามากกว่าการติดตั้งแบบคงที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 14 องศากับแนวราบ นอกจากนี้มีหลายงานวิจัยที่พัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์ชนิด 2 แกนหมุน เช่น การใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง 5 ตัวควบคุมด้วย Arduino UNO และใช้เซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัวในการเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [5] การใช้ระบบผสมผสานแมนนวลและอัตโนมัติโดยการติดตามตามรายวันด้วยระบบอัตโนมัติในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ และการติดตามฤดูกาลในทิศเหนือและทิศใต้โดยใช้ระบบปรับเกียร์ด้วยมือเดือนละครั้ง [6] และการติดตามดวงอาทิตย์ชนิด 2 แกนแบบอัตโนมัติโดยใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง 4 ตัว ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [7] ผลงานวิจัยสอดคล้องกันคือการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ 2 แกนสามารถให้พลังงานได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการเปรียบเทียบผลของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบ บมีการติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียวหมุนหรือการเคลื่อนที่สองแกนเปรียบเทียบกับการติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีงานวิจัยที่นำเสนอทิศทางและมุมเอียงในการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับแกนเดียวหมุนและสองแกนหมุนเปรียบเทียบกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ความเข้มแสงอาทิตย์ และทิศทางและมุมเอียงตามเวลาใช้งาน สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยวิธีการติดตั้งที่แตกต่าง 3 แบบ

1) การติดตั้งแบบอยู่กับที่รับแสงในทิศใต้ทำมุม 15 องศา (Fixed tilt system) 2) การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวหมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก (Single-axis tracking system) และ 3) การติดตั้งแบบติดตามแกนคู่หมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ (Dual-axis tracking system)

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสำหรับการใช้งานในภาคการเกษตรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อเพิ่มการผลิตไฟฟ้าและสามารถใช้ได้ในพื้นที่การเกษตรที่ห่างไกล โดยออกแบบชุดการทดลองเพื่อเก็บผลการผลิตไฟฟ้า ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ และทิศทางและมุมเอียงตามเวลาในการทดสอบ การทดสอบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 545 วัตต์ ชนิดโมโนคริสตัลไลน์แบบ Half cell รุ่น TSM-545DE19 ของ Trina Solar ซึ่งอยู่ใน Tier 1 ดังภาพที่ 1 ชุดทดลอง 3 ชุดสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ



(ก) ชุดทดลองที่ 1 แบบติดตั้งอยู่กับที่ (ข) ชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียว (ค) ชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่

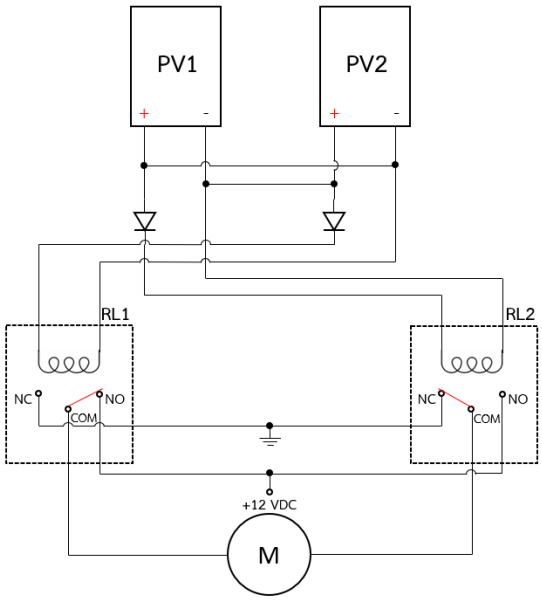
ภาพที่ 1 ชุดทดลองสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยวิธีการติดตั้งที่แตกต่าง 3 แบบ

1) การติดตั้งแบบอยู่กับที่รับแสงในทิศใต้ทำมุม 15 องศา (ภาพที่ 1 (ก))

2) การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวหมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยทำมุมเอียงคงที่ 15 องศา การติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกใช้วงจรควบคุมตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยหมุนรอบตัวด้วยมอเตอร์ 24V ดีซี แบบมีเกียร์ในแนวแกนตั้ง (Azimuth Trackers) 360 องศา (ภาพที่ 1 (ข))

3) การติดตั้งแบบติดตามแกนคู่หมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ออกแบบให้ติดตามแกนคู่ มุมเอียงติดตามดวงอาทิตย์ด้วยวงจรควบคุมตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ ด้วยมอเตอร์ 12V ดีซี ในแนวแกนนอน (Horizontal Trackers) สามารถปรับได้ในช่วง 0-70 องศา และติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกด้วยวงจรควบคุมตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยหมุนรอบตัวด้วยมอเตอร์ 24V ดีซี แบบมีเกียร์ในแนวแกนตั้ง (Azimuth Trackers) 360 องศา (ภาพที่ 1 (ค))

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ของชุดทดลองที่ 2 สามารถปรับทิศทางที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติเพื่อรับความเข้มแสงได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ชุดทดลองที่ 3 สามารถปรับทั้งทิศทางและมุมเอียงที่เหมาะสม ทั้งชุดทดลองที่ 2 และ 3 ใช้อุปกรณ์ตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วยหลักการความแตกต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก [8] ขนาด 6 วัตต์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรควบคุมตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์

ภาพที่ 2 แสดงวงจรควบคุมการตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก (PV) ในชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียว เพื่อตรวจหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและตะวันตก โดยทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 2 แผ่น ให้ทำมุม 45 องศาซึ่งกันและกันเพื่อให้มีมุมในการรับแสง เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 2 แผ่น รับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วแสงมีปริมาณเท่ากันทำให้รีเลย์ไม่ต่อวงจรทำงานตำแหน่งดังกล่าวนี้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม แต่เมื่อทั้ง 2 แผ่น ได้รับแสงอาทิตย์ไม่เท่ากันจะทำให้รีเลย์ต่อวงจรให้ดีซีมอเตอร์ทำงานปรับทิศทางจนกว่า 2 แผ่น จะรับแสงเท่ากัน ส่วนชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่ มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 2 แผ่นในทิศตะวันออกและตะวันตกเช่นเดียวกันกับชุดทดลองที่ 2 และติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กอีก 2 แผ่น เพิ่มเติมในทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับชุดทดลองที่ 2 แต่ทิศเหนือและทิศใต้เป็นการปรับมุมเอียง

ในการเก็บผลการทดลอง เครื่องมือวัดในการวิจัยใช้ชุด Seaward PV200 ประกอบด้วย 1) Seaward Solar Survey 200R สำหรับวัดค่าความเข้มแสง (W/m^2) มุมเอียง และทิศทาง และ 2) Seaward PV200 วัดค่า PV Tester & I-V Curve Tracer, Maximum Power Voltage (Vmp) และ Maximum Power Current (Imp)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทดลองดำเนินการที่สถาบันเทคโนโลยีปทุมวันตั้งอยู่ละติจูด 13°44'56.3"N และลองจิจูด 100°31'34.2"E วันที่ 11 มิถุนายน 2565 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน ผลค่ากำลังไฟฟ้า ความเข้มแสงตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทิศทางและมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งบันทึกค่าทุกช่วงเวลา 30 นาที แสดงดังตารางที่ 1 การอ่านค่าทิศทางและมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับชุดทดลอง 3 ชุด ประกอบด้วย ชุดทดลองที่ 1 แบบติดตั้งอยู่กับที่ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมเอียงคงที่ 15 องศา ไม่มีการปรับทิศทางในทิศตะวันตกและตะวันออก ชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียว โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมเอียงคงที่15 องศา และหมุนติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออก (เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ 270 องศา) และทิศตะวันตก (เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ 90 องศา) ชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่ มุมเอียงติดตามดวงอาทิตย์สามารถปรับได้ในช่วง 0-70 องศา (เครื่องมือวัดอ่านค่ามุมเอียงได้ 0-70 องศา) และหมุนติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออก (เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ 270 องศา) และตะทิศวันตก (เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ 90 องศา)

ตารางที่ 1 กำลังไฟฟ้า ความเข้มแสง ทิศและมุมเอียงของชุดทดลองติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ

ช่วงเวลา	กำลังไฟฟ้า (W)			ความเข้มแสง (W/m^2)			ทิศทาง, มุมเอียง (องศา)		
(น.)	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
7.00	40.01	131.96	222.38	132.1	239.8	416.0	0, 15	271, 15	265, 67
7.30	95.20	214.60	337.60	278.2	382.8	640.5	0, 15	270, 15	273, 66
8.00	141.93	274.27	369.30	357.5	503.7	699.9	0, 15	271, 15	273, 59
8.30	190.67	306.07	371.18	463.1	579.7	723.0	0, 15	270, 15	264, 53
9.00	230.72	342.21	398.88	532.3	651.4	764.8	0, 15	276, 15	274, 46
9.30	256.86	367.75	409.22	545.5	703.7	789.2	0, 15	276, 15	272, 36
10.00	332.52	424.73	446.96	724.3	820.6	880.1	0, 15	275, 15	271, 32
10.30	355.07	440.32	452.02	773.2	844.1	896.7	0, 15	270, 15	261, 25
11.00	396.86	455.94	467.32	829.3	911.8	928.3	0, 15	265, 15	254, 18
11.30	427.50	480.83	459.93	880.6	961.5	928.4	0, 15	248, 15	219, 11
12.00	420.89	451.35	459.41	863.9	912.2	923.5	0, 15	195, 15	185, 9
12.30	384.96	402.00	449.69	762.7	827.7	891.6	0, 15	140, 15	147, 9
13.00	450.52	493.77	483.09	870.4	966.3	965.9	0, 15	135, 15	129, 9
13.30	435.84	477.22	473.84	870	960.8	961.3	0, 15	122, 15	125, 15
14.00	420.89	477.14	463.71	799.1	941.3	939.6	0, 15	122, 15	120, 21
14.30	341.99	416.21	420.89	612.4	830.4	860.0	0, 15	114, 15	120, 29
15.00	351.66	434.46	440.64	553.4	843.5	879.5	0, 15	116, 15	120, 35
15.30	269.57	361.01	402.23	440.8	676.0	767.1	0, 15	114, 15	104, 41
16.00	235.28	282.67	331.68	375.4	558.2	619.1	0, 15	114, 15	104, 44
16.30	119.74	169.26	217.97	191.7	336.6	408.1	0, 15	117, 15	110, 45
17.00	74.57	127.60	167.27	119.4	246.8	322.7	0, 15	116, 15	114, 55

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกช่วงเวลาชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่ให้ค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียว และชุดทดลองที่ 1 แบบติดตั้งอยู่กับที่ ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ในช่วงเวลา 7.00 – 17.00 น. สำหรับชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ได้เท่ากับ 2.96, 3.70 และ 4.03 kWh ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้อง

กับผลงานวิจัยที่ผ่านมา [4] ที่การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มี 1 แกนหมุนเพื่อติดตามดวงอาทิตย์ จะให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าแบบติดตั้งอยู่กับที่

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลาของชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 แสดงในสมการที่ (1), (2) และ (3) ตามลำดับ

ชุดทดลองที่ 1 แบบอยู่กับที่

$$y = -14.7187x^2 + 360.8064x - 1,789.0340 \quad ; R^2 = 0.9431 \qquad (1)$$

ชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียว

$$y = -13.4236x^2 + 322.8305x - 1,458.9575 \quad ; R^2 = 0.9168 \qquad (2)$$

ชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่

$$y = -10.0773x^2 + 236.9123x - 907.0927 \quad ; R^2 = 0.8767 \qquad (3)$$

เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์), x คือ ช่วงเวลา (ชั่วโมง)

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้เสนอทิศทางและมุมเอียงที่ถูกปรับตามช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการปรับทิศทางและมุมเอียงที่เหมาะสม ช่วงดำเนินการเก็บผลวิจัยเป็นช่วงเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงปรากฏการณ์ตะวันอ้อมเหนือกลางวันจะยาวนานแม้ในช่วงเที่ยงวันดวงอาทิตย์ยังค่อนไปในทางทิศเหนือ จากตารางที่ 1 พบว่าชุดทดลองที่ 2 แบบติดตามแกนเดียวและชุดทดลองที่ 3 แบบติดตามแกนคู่ มีการติดตามดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกเฉียงเหนือหมุนติดตามไปยังทิศเหนือและสิ้นสุดในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศทางที่แสดงเป็นค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด Seaward Solar Survey 200R โดยเครื่องมือวัดแสดงทิศใต้อยู่ที่ 0 องศา ทิศเหนืออยู่ที่ 180 องศา ทิศตะวันออกอยู่ที่ 270 องศา และทิศตะวันตกอยู่ที่ 90 องศา

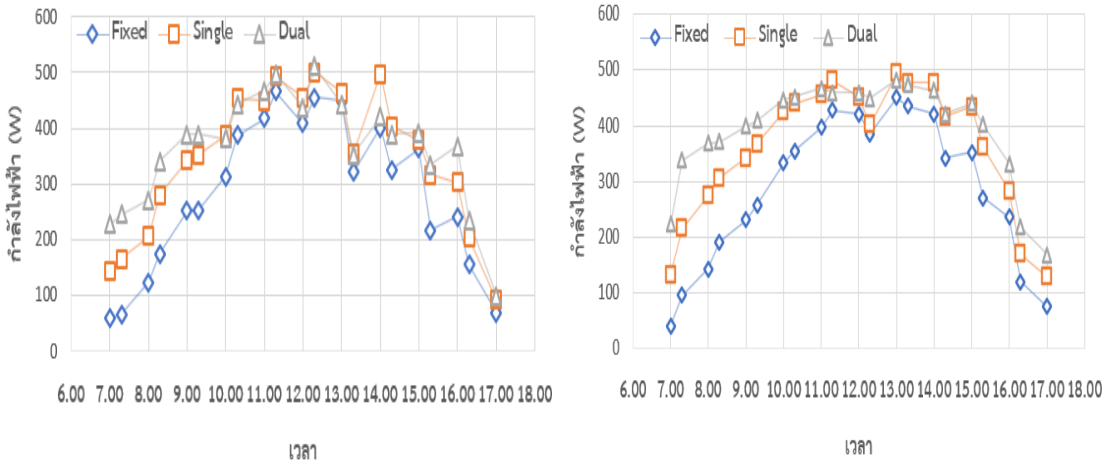
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลาข้างต้น จึงแบ่งช่วงเวลาในการปรับทิศทางและมุมเอียงเพื่อใช้ปรับทิศทางสำหรับชุดทดลองที่ 2 และปรับทิศทางและมุมเอียงสำหรับชุดทดลองที่ 3 เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเช้า เวลา 7.00 น. ถึง 10.00 น. ช่วงกลางวัน 10.30 น. ถึง 13.30 น. และช่วงบ่าย 14.00 น. ถึง 17.00 น. และนำช่วงเวลาดังกล่าวมาพิจารณาปรับทิศทางและมุมเอียงของการติดตั้ง 3 แบบ โดยทิศทางและมุมเอียงได้จากค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงเวลาปรับตั้งทิศทางและมุมของชุดทดลองติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ ด้วยวิธีการปรับด้วยมือ

ปรับทิศทางและมุมเอียงครั้งที่	เวลาปรับทิศทางและมุมเอียง	ทิศทางและมุมเอียง (องศา)		
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
1	7.00 น.	0, 15	273, 15	270, 52
2	10.30 น.	0, 15	196, 15	189, 14
3	14.00 น.	0, 15	116, 15	113, 39

ข้อมูลในตารางที่ 2 เป็นค่าการปรับทิศทางและมุมเอียงด้วยมือสำหรับเกษตรกรผู้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในงานทางการเกษตร โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์หรือตัวขับเคลื่อนอัตโนมัติทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง แต่ต้องทำการปรับ 3 ช่วงเวลาเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน หลังจากทำปรับทิศทางและมุมเอียงสำหรับการทดสอบในวันที่ 12 มิถุนายน 2565 ผลของกำลังไฟฟ้าที่ได้ในช่วงเวลาทุก 30 นาที แสดงดังภาพที่ 9 (ก) ซึ่งให้ผลผลิตไฟฟ้าสำหรับการปรับทิศทางและมุมเอียงของการติดตั้งแบบหมุน 2 แกนในชุดทดลองที่ 3 มากกว่าการปรับเฉพาะทิศทางโดยมุมเอียงคงที่ 15 องศาในชุดทดลองที่ 2 ในขณะที่การติดตั้งแบบอยู่กับที่โดยหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ทำมุม

เอียง 15 องศา ให้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุด ภาพที่ 9 (ข) เป็นผลของกำลังไฟฟ้าของการทดลองวันที่ 11 มิถุนายน 2565 ตามผลในตารางที่ 1 ซึ่งใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปรับทิศทางอัตโนมัติในชุดทดลองที่ 2 และแบบปรับทิศทางและมุมเอียงอัตโนมัติในชุดทดลองที่ 3 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับภาพที่ 9 (ก) แต่ให้กำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าการปรับด้วยมือ ผลการปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยมือพบว่าชุดทดลองที่ 3 ที่มีการปรับทั้งทิศทางและมุมเอียงให้ค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือชุดทดลองที่ 2 ที่มีการปรับทิศทางโดยมุมเอียงคงที่ 15 องศา และชุดทดลองที่ 1 แบบติดตั้งอยู่กับที่ ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ในช่วงเวลา 7.00 – 17.00 น. สำหรับชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ได้เท่ากับ 2.93, 3.56 และ 3.74 kWh ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยมือจะให้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าระบบการปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ แต่ก็ได้ผลของการปรับแผงตามเวลา 3 ช่วงเวลาดีกว่าการติดตั้งแผงแบบอยู่กับที่ ทำให้เกษตรกรได้พลังงานไฟฟ้ามาใช้เพิ่มขึ้นอย่างเช่นเดือนมิถุนายนที่เป็นช่วงเดือนในฤดูฝน



(ก) กำลังไฟฟ้าสำหรับการปรับด้วยมือ 3 ช่วงเวลา (ข) กำลังไฟฟ้าสำหรับชุดทดลองที่ปรับแผงอัตโนมัติ

ภาพที่ 9 กำลังไฟฟ้าสำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์อิสระที่แตกต่างกัน 3 แบบ

สรุปผลการวิจัย

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดที่ได้จากธรรมชาติสามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในภาคการเกษตรในพื้นที่ห่างไกลโดยส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งแบบอยู่กับที่ งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลาซึ่งได้ผลของพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยวิธีการติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ ประกอบด้วย 1) การติดตั้งแบบอยู่กับที่รับแสงในทิศใต้ทำมุม 15 องศา ให้พลังงาน 2.96 kWh 2) การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวหมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยใช้มุมเอียงคงที่ 15 องศา ให้พลังงาน 3.70 kWh และ 3) การติดตั้งแบบติดตามแกนคู่หมุนรอบตัวติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกและมุมเอียง ให้พลังงาน 4.03 kWh พบว่าการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยการติดตั้งแบบติดตามแกนคู่สามารถให้พลังงานได้สูงที่สุด โดยให้พลังงานมากกว่าการติดตั้งแบบอยู่กับที่และการติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวร้อยละ 36.08 และ 8.77 ตามลำดับ การติดตั้งแบบติดตามแกนเดียวให้พลังงานมากกว่าการติดตั้งแบบอยู่กับที่ร้อยละ 25.11 นอกจากนี้ผลการทดลองได้แสดงค่าความเข้มแสง และทิศทางและมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามเวลาใช้งานเพื่อนำข้อมูลจากการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงบ่าย มาพิจารณาปรับทิศทางและมุมเอียงด้วยมือ

สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระด้วยวิธีการติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ พบว่าการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีการปรับทิศทางและมุมเอียงสามารถให้พลังงานได้สูงที่สุด รองลงมาคือการติดตั้งแบบปรับทิศทางโดยมุมเอียงคงที่ 15 องศา และการติดตั้งแบบอยู่กับที่ด้วยมุมเอียง 15 องศา ซึ่งสอดคล้องกับผลของระบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์อัตโนมัติ

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าด้วยการปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งจากการใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์อัตโนมัติ หรือการปรับทิศทางและมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยมือเพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับเกษตรกรที่เลือกใช้การปรับทิศทางและมุมเอียงด้วยมือ ก็ทำให้ไม่ต้องลงทุนเรื่องการขับเคลื่อน การควบคุมและการออกแบบที่ยุ่งยากอาจใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วเพียงแค่ปรับทิศทางและมุมเอียงให้เหมาะสมเช่น รถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยในอนาคตควรมีการเก็บข้อมูลตลอดปีเพื่อให้ได้ค่าทิศทางและมุมเอียงที่เหมาะสมในแต่ละฤดูกาลซึ่งวงโคจรของดวงอาทิตย์มีความแตกต่างกัน เพื่อให้เกษตรกรมีแนวทางในการปรับทิศทางและมุมเอียงให้ได้พลังงานสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] ชวกร รุ่งทวีชัย และอนุรักษ์ ตาคำ. (2562). **การติดตั้งปั๊มน้ำโซลล่าเซลล์สำหรับการเกษตรเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน**. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] อัครินทร์ อินทนิเวศน์ สุลกัษณา มงคล และสราวุธ พลวงษ์ศรี. (2562). การศึกษาสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบเติมอากาศของบ่อเลี้ยงปลา กรณีศึกษา: หมู่บ้านทุ่งยาว. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**. 26 (3), 25-35.

[3] ไพโรจน์ ทองประศรี. (2561). **การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์และพิกัดของโหลดสำหรับติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ**. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 16 (2), 95-105.

[4] ศศิวิมล ทรงไตร และคณะ. (2559). **การประเมินสมรรถนะ และความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และแบบมุมรับแสงคงที่ในประเทศไทย**. วิศวสารลาดกระบัง. 33 (1), 48-53.

[5] Othman, N., Manan, M.I.A., Othman, Z., Al Junid, S.A.M. (2013). **"Performance Analysis of Dual-axis Solar Tracking System"**, in 2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, 370-375. 29 November 2013 - 01 December 2013 Penang, Malaysia.

[6] Vidanapathirana, K., Kumarapeli, K.A.H.S., Marasinghe, M.A.D.D., Amarasinghe, D.P., Lucas, J.R. (2021). **"Performance Evaluation of a Hybrid Dual-Axis Solar Tracking System"**, in International Conference on Electrical Engineering (EECon), 50-55. 24 September 2021 Colombo, Sri Lanka.

[7] ปรีชา มหาไม้ นำพร ปัญโญใหญ่ และภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักด์. (2555). **การประจุแบตเตอร์รี่ด้วยการติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน แบบอัตโนมัติ.** วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 8(2), 19-28.

[8] ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล และวัชระวิชญ์ เจียรวรรณ์. (2558). **ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนราคาถูกสำหรับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์.** การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย. 8, 156-159.

ผลกระทบของความชื้นเชื้อเพลิงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการแห้งตัวของยางแผ่นในห้องรมควันแบบพาความร้อนเชิงบังคับ

Effects of Fuel Moisture on Rubber Sheet Drying Performance in a Forced Convective Rubber Smoking Room

เป็นหนึ่ง อินทรรักษ์[1] พีระพงศ์ ทีฆสกุล[1] และ ระชา เดชชาญชัยวงศ์[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

Email: racha.d@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการแห้งตัวของยางแผ่นรมควันแบบรวดเร็วในห้องรมควันที่มีการพาความร้อนแบบบังคับ ความเร็วลมร้อนทางเข้าและค่าความชื้นของเชื้อเพลิงเป็นตัวแปรที่สำคัญ ในการศึกษานี้ได้ควบคุมความเร็วที่ 14 m/s และแปรผันค่าความชื้นของเชื้อเพลิงจากแห้งเป็นเปียก การทดลองใช้ยางแผ่นประมาณ 1000-1800 แผ่น และรักษาอุณหภูมิภายในห้องรมควันประมาณ 60°C หลังจากนั้นวิเคราะห์การลดลงของความชื้นในแผ่นยางพารา ประสิทธิภาพทางความร้อนและการใช้พลังงานจำเพาะ เมื่อเปรียบเทียบผลของความชื้นของเชื้อเพลิงที่แห้งและเปียกนั้น พบว่าในกรณีของความชื้นเชื้อเพลิงที่แห้งนั้นสามารถลดการใช้พลังงานจำเพาะจาก 11.2 MJ/kg ให้เหลือ 7.8 MJ/kg น้ำที่ระเหย และเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนจาก 20% ถึง 32% ซึ่งทั้ง 2 กรณีนั้น คุณภาพยางพาราแผ่นรมควันยังคงสามารถรักษาในอยู่ในมาตรฐานยางแผ่นรมควันได้ การรมควันในเงื่อนไขนี้สามารถลดเวลาการรมยางจาก 3 วันเหลือเพียง 1.5 วัน เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ พลังงานพบว่าการใช้เชื้อเพลิงที่แห้งและเปียกนั้นมีต้นทุนในการผลิตอยู่ที่ 0.5 และ 1.0 บาท/กิโลกรัมยางแห้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีของเชื้อเพลิงแห้งนั้นสามารถที่จะลดต้นทุนในการผลิตถึง 50%

คำสำคัญ: ยางแผ่นรมควัน การพาความร้อนแบบบังคับ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน คุณภาพยางพารา

บทนำ

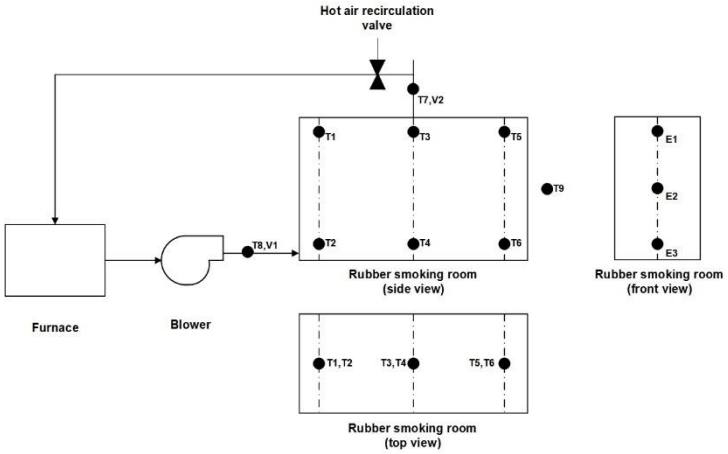
ยางพารานั้นเป็นสินค้าของประเทศไทยซึ่งในปี 2559 ประเทศไทยส่งออกยางพาราถึง 4.25 ล้านตัน ซึ่งรูปแบบส่วนใหญ่ที่ส่งออกนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของยางแท่งและยางพาราแผ่นรมควัน กรรมวิธีการผลิตยางพาราแผ่นรมควันจะใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนจากไม้ยางพาราเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในกระบวนการ ในห้องรมควันแบบดั้งเดิมนั้นใช้ระยะเวลาในการรมควันยางพาราแผ่นประมาณ 60-72 ชั่วโมง ในการลดความชื้นในแผ่นยางจากความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 35% .ให้เหลือความชื้นสุดท้ายที่ 0.4% และใช้ปริมาณเชื้อเพลิงจำเพาะอยู่ที่ 1.26 กก.เชื้อเพลิง/กก.ยางแห้ง แต่ปัญหาของห้องรมควันแบบดั้งเดิมคือการกระจายของอุณหภูมิในแต่ละจุดของห้องนั้นมีความแตกต่างกันส่งผลให้ยางพาราที่รมควันนั้นสุกไม่สม่ำเสมอกันทั่วทั้งห้อง [1-2] ต่อมาได้มีการศึกษาการกระจายของลมร้อนภายในห้องรมควันโดยใช้วิธีการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (computation fluid dynamics, CFD) ซึ่งพบว่าในแต่ละจุดนั้นมีความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยถึง 15°C [3-4] Dejchanchaiwong et al. [2] ได้พัฒนาปรับปรุงให้มีการกระจายของท่อส่งลมร้อนและบานระบายความชื้นของห้องรมควันซึ่งผลปรากฏว่าสามารถลดความแตกต่างกันของอุณหภูมิภายในห้องเหลือ 4-7°C และลดการใช้ปริมาณไม้ฟืนได้ถึง 66% นอกจากนั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนจากห้องแบบดั้งเดิมที่มีค่า 6.9% เป็น 15.7% [2] Dejchanchaiwong, et al. [5] ได้เปลี่ยนวิธีการส่งผ่านความร้อนจากการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) เป็นการพาความร้อนแบบ

บังคับ (forced convection) ซึ่งผลปรากฏผลว่าสามารถที่จะลดระยะเวลาการรมควันจากเดิมที่ใช้ระยะเวลาประมาณ 72 ชม. ให้เหลือ 48 ชม. และเมื่อพิจารณาห้องรมควันในเชิงพาณิชย์นั้นพบว่าใช้เวลาเพียง 24 ชม. ในกระบวนการรมควันแต่ห้องรมมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตของสหกรณ์ยางพารา [6] .จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าในกระบวนการรมควันยางแผ่นนั้นไม่มีวิธีจัดการจัดเก็บไม้ฟืนซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทำให้ไม้ฟืนนั้นมีความชื้นมากจนเกินไปซึ่งอาจจะส่งผลต่อการรักษาอุณหภูมิภายในห้องรมควันยางพารา ระยะเวลาในการรมควัน รวมถึงคุณภาพของยางแผ่นรมควัน

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลกระทบของความชื้นในเชื้อเพลิงที่มีผลต่อสมรรถนะการรมควันยางพารา โดยเปรียบเทียบระยะเวลาการรมควัน การใช้พลังงานจำเพาะ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและต้นทุน กับห้องรมควันแบบดั้งเดิม

วิธีการวิจัย

สถานที่ทำการทดลองตั้งอยู่ที่ สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว อ.เมือง จ.สงขลา โดยในการทดลองจะใช้ยางพารารีดแผ่นขนาดกว้าง 40–50 ซม. ยาว 90–100 ซม. และหนา 3-4 มม. จำนวน 1500 แผ่นโดยประมาณ ขนาดห้องรมควัน มีขนาด 5 ม. x 6.0 ม. x 2.5 ม. โดยจะมีพัดลมอัดอากาศขนาด 4000 cfm โดยจะทำการวัดค่าอุณหภูมิและเก็บข้อมูลจาก data logger (Yokogawa, FX112-2-4) ทั้งหมด 9 จุด มี 6 จุดภายในห้องรมควันยางพารา (T1-T6) และ บริเวณทางเข้า-ทางออกห้องรมควันยางพารา สิ่งแวดล้อมตามลำดับ (T7-T9) ดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากนี้จะทำการวัดความเร็วของอากาศร้อนด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Digicon DA-45S) ที่บริเวณทางเข้าและทางออกห้องรมควัน (V1-V2) โดยจะการควบคุมความเร็วบริเวณทางเข้าที่ 14 m/s ตลอดการทดลอง จะทำการชั่งน้ำหนักของแผ่นตัวอย่าง (E1-E3) ทุก ๆ 3 ชม. ด้วยเครื่องชั่ง (Shimadzu ELB3000) และชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงด้วยเครื่องชั่ง (OHAUS Defender, TM 2000-E Series) โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองนั้นจะแบ่งออกเป็นเชื้อเพลิงเปียกและเชื้อเพลิงแห้ง จะทำการรักษาอุณหภูมิภายในห้องรมควันยางพาราให้ใกล้เคียง 60°C



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวัดของอุณหภูมิ ความเร็ว และแผ่นยางพาราตัวอย่างของห้องรมควันยางพารา

ในการทดลองจะทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นฐานแห้ง (dry-basis moisture content) ของแผ่นยาง พลังงานจำเพาะ (specific energy consumption, SEC) และประสิทธิภาพทางความร้อน (thermal efficiency) ของห้องรมควัน

ค่าความชื้นฐานแห้งเป็นการวัดความชื้นภายในของแผ่นยางพารา โดยแผ่นยางพารานั้นจะมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 40% และสุดท้ายที่ต้องการมีค่าอยู่ที่ 0.4% สามารถหาค่าได้จากสมการ [2]

$$\%Md = \frac{W_w - W_d}{W_d} \; x\; 100 \tag{1}$$

โดยที่ W_w คือ น้ำหนักของน้ำ (kg) และ W_d น้ำหนักของยางแห้ง (kg)

พลังงานจำเพาะเป็นสัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในต่อการระเหยน้ำภายในแผ่นยางซึ่งสามารถหาได้จาก [8]

$$SEC = \frac{E}{W} \tag{2}$$

โดยที่ E คือ พลังงานที่ใช้ในระบบ (kJ) และ W คือ น้ำหนักของน้ำที่ระเหยออก (kg)

ประสิทธิภาพทางความร้อนเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของห้องรมควันยางพารา สามารถหาได้จาก [2]

$$\eta_{dryer} = \frac{m_L L}{HV_{wood} m_{wood} + E_e} \tag{3}$$

โดยที่ m_L คือ น้ำหนักของน้ำที่ระเหย (kg), L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg), HV_{wood} คือค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง (kJ/kg), m_{wood} คือปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบแห้ง (kg) และ E_e คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง

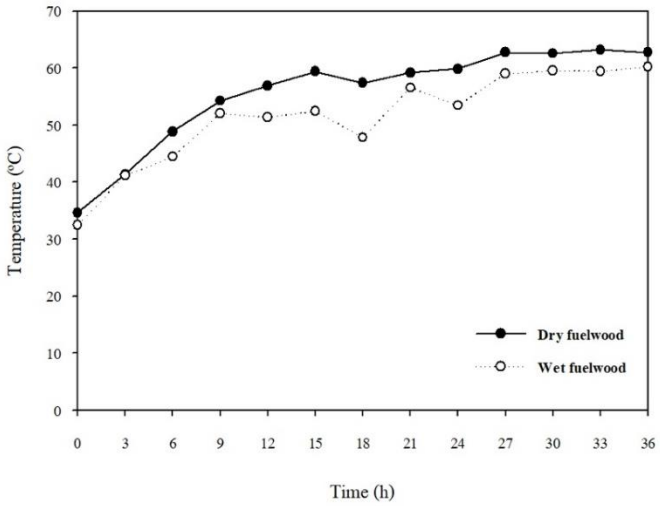
ต้นทุนการใช้พลังงานรวมคำนวณได้จาก

$$Cost = \frac{(m_{wood} * m_c) + (E_e * E_c)}{m_{total-dried-rubber}} \tag{4}$$

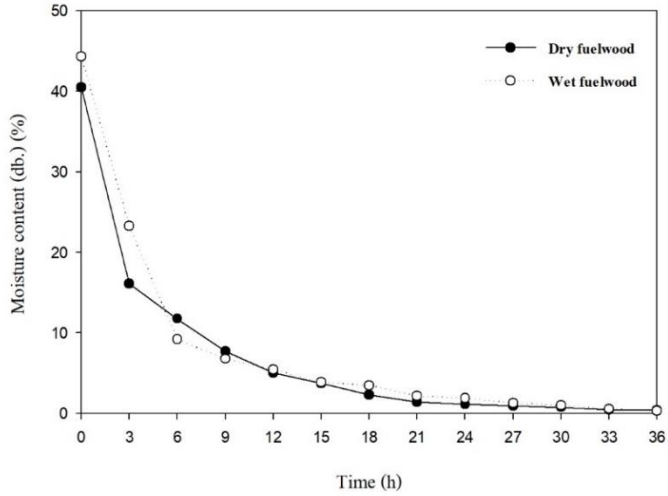
โดยที่ m_c คือ ราคาเชื้อเพลิง (0.7 บาท/กก.เชื้อเพลิง), E_c คือ ราคาค่าไฟฟ้า (3.7171 บาท/หน่วย) และ $m_{total-dried-rubber}$ คือ ปริมาณยางแห้งทั้งหมด

ผลการทดลอง

ความชื้นของเชื้อเพลิงมีผลต่อการแห้งตัวของยางพาราแผ่นรมควันโดยซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้งกรณีเชื้อเพลิงแห้งและเชื้อเพลิงเปียกนั้นมีค่า 58°C และ 54°C ซึ่งสามารถสังเกตได้จากแนวโน้มของอุณหภูมิภายในห้องรมควันยางพาราของเชื้อเพลิงแห้งนั้นสามารถรักษาอุณหภูมิภายในห้องรมควันให้ใกล้เคียง 60°C ดังรูปที่ 2 เพื่อให้กระบวนการการรมควัน (กระบวนการอบแห้ง) สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องและรักษาคุณภาพแผ่นยางไม่ให้มีฟองอากาศ ความชื้นแผ่นยางจะลดลงดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบพลังงานจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อนของทั้ง 2 กรณีนั้นพบว่า ในกรณีการทดลองเชื้อเพลิงแห้งนั้นมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะมีค่าอยู่ที่ 7.8 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหยออก ซึ่งน้อยกว่าในกรณีเชื้อเพลิงเปียกที่มีค่าการใช้พลังงานจำเพาะอยู่ที่ 11.2 เมกะจูล/กก. น้ำที่ระเหยออก แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพความร้อนของทั้ง 2 กรณีพบว่า ในกรณีการทดลองเชื้อเพลิงแห้งนั้นมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนอยู่ที่ 32% แต่ในส่วนของกรณีเชื้อเพลิงเปียกมีประสิทธิภาพทางความร้อนอยู่ที่ 20% ซึ่งการทดลองของทั้ง 2 เงื่อนไขนั้นคุณภาพยางแผ่นรมควันจัดอยู่ในมาตรฐานยางพาราแผ่นรมควันชั้น 3 ทั้งหมด



ภาพที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องรมควันยางพารา



ภาพที่ 3 การลดลงของความชื้นภายในแผ่นยาง

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลอง

เงื่อนไข	ปริมาณยาง (กก.)	ระยะเวลาการรมควัน (วัน)	ยางเสีย (%)	การใช้พลังงานจำเพาะ (เมกะจูล/กก. น้ำที่ระเหย)	η_{dtyer} (%)
เชื้อเพลิงแห้ง	1,753	1.5	0	7.8	32%
เชื้อเพลิงเปียก	1,065	1.5	0	11.2	20%

ห้องรมควันยางพาราแผ่นในงานวิจัยนี้นั้นมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ที่ 32 % สามารถเพิ่มขึ้นจากห้องรมควันแบบดั้งเดิมซึ่งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 6.9% ในงานปัจจุบันมีการใช้พลังงานจำเพาะ 7.8 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย ลดลงจากห้องรมควันแบบดั้งเดิมที่มีค่า 34.4 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย นอกจากนั้นยังสามารถลดระยะเวลาการรมควันจากเดิมจาก 3 วัน เป็น 1.5 วัน. เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตนั้นสามารถที่ลดต้นทุนการผลิตจากห้องรมควันแบบดั้งเดิมที่ 1.0 บาท/กก.ยางแห้ง ลดเหลือ 0.5 บาท/กก.ยางแห้ง [7]

สรุปผล

ความชื้นของเชื้อเพลิงนั้นมีผลต่อกระบวนการรมควันยางพาราแผ่น โดยที่เชื้อเพลิงแห้งนั้นสามารถที่จะลดปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะจาก 11.2 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย ในเงื่อนไขเชื้อเพลิงเปียกให้เหลือ7.8 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย ในเงื่อนไขเชื้อเพลิงแห้ง นอกจากนี้ในเงื่อนไขเชื้อเพลิงแห้งนั้นมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนอยู่ที่ 32% ส่วนเงื่อนไขเชื้อเพลิงเปียกมีประสิทธิภาพทางความร้อนอยู่ที่ 20% และเมื่อเปรียบเทียบกับห้องรมควันแบบดั้งเดิมนั้นสามารถที่จะลดการใช้พลังงานจำเพาะจากเดิม 34.3 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย เหลือ 7.8 เมกะจูล/กก.น้ำที่ระเหย และต้นทุนการผลิตจาก 1.0 บาท/กก.ยางแห้ง ให้เหลือ 0.5 บาท/กก.ยางแห้ง ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] W. Kalasee, Y. Pongpariyawatee, W. Tantaprapa, S. Suwanjarat, and P. Kirirat. (2013). **Fuel efficiency enhancement in the rubber smoking process of the rubber cooperatives**.,

[2] R. Dejchanchaiwong, A. Kumar, and P. Tekasakul.(2019). **Performance and economic analysis of natural convection-based rubber smoking room for rubber cooperatives in Thailand**. *Renew. Energy*, vol. 132, pp. 233–242, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.07.145.

[3] M. Promtong and P. Tekasakul.(2007). **CFD study of flow in natural rubber smoking-room: I. Validation with the present smoking-room.** *Appl. Therm. Eng.*, vol. 27, no. 11–12, pp. 2113–2121, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2006.11.009.

[4] P. Tekasakul and M. Promtong.(2008). **Energy efficiency enhancement of natural rubber smoking process by flow improvement using a CFD technique**. *Appl. Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 878–895, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.apenergy.2008.02.004.

[5] R. Dejchanchaiwong, Y. Tirawanichakul, S. Tirawanichakul, A. Kumar, and P. Tekasakul. (2017). **Techno-economic assessment of forced-convection rubber smoking room for rubber cooperatives**. *Energy*, vol. 137, pp. 152–159, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.06.161.

[6] “TK technician limited partnership (2020). **Commercial rubber room** สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2565 จาก http://www.tktechnicianth.com

[7] “Rubber intelligence unit. **Standard of smoked rubber** สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2565 จาก http://rubber.oie.go.th/box/ELib_Document/3729/

[8] T. Matiyanon, P. Sathitreaungsuk, S. Sangworakran, and P. Boonprasit.(2000). **Design and experiment of an energy-saving combustor equipped with a multi-pass heat exchanger for a high-efficiency rubber-smoked system.** presented at the 28th. Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Kaen, Thailand) Mc Murry, J.(2000). Organic chemistry.(USA: Brooks/Cole), 2014.

การประมาณศักยภาพการผลิตเอทานอลที่เกิดจากวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

The estimated potential of ethanol production from maize residue in northern of Thailand

รุ่งนภา ตุรงค์เรือง[1] ณัฐณ์ณิชา สุขเกษม[1] พัชรี อินธนู[2] และธเนศ ไชยชนะ[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] สาขาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และศึกษาการผลิตเอทานอลจากการใช้วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยจำแนกวัสดุออกเป็น 6 ประเภท ซึ่งได้แก่ ลำต้นและใบ เปลือกและซัง ลำต้น ใบ ซัง และเปลือก จากการวิเคราะห์ปริมาณวัสดุชีวมวลเหลือทิ้ง พบว่าวัสดุชีวมวลที่ยังไม่ถูกนำไปใช้ก่อให้เกิดประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ลำต้นและใบ เปลือกและซัง คิดเป็นร้อยละ 80.2 และ 19.8 ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดทั้งหมดต่อปีการเพาะปลูก ในศึกษาการผลิตเอทานอลด้วยวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 6 ประเภท โดยการใช้กระบวนการปรับภาพทางเคมีแบบ 2 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน และอาศัยเชื้อยีสต์ *S.cerevisiae YSC2* ที่ความเข้มร้อยละ 5.77 โดยมวล ซึ่งกระบวนการหมักจะเกิดภายใต้สภาวะการควบคุมอุณหภูมิและความเป็นกรดด่างเริ่มต้น ที่ระยะเวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง ในถังปฏิกรณ์แบบกะ พบว่าวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งประเภทซังข้าวโพดให้ปริมาณเอทานอลสูงสุดที่ 23.27 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ ลำต้น ลำต้นและใบ เปลือกและซัง เปลือก และใบ และเมื่อคิดเป็นปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้จากวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในปีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2562/63 ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 343.16 ล้านลิตรต่อปี และคิดเป็นศักยภาพทางด้านพลังงานเท่ากับ 7,078.8 เทระจูลต่อปี

คำสำคัญ: วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เอทานอล กระบวนการปรับภาพทางเคมี

การศึกษาการกำจัดยางเหนียวในน้ำมันปาล์มดิบโดยการใช้สารสกัดจากเคี่ยม *(Cotylelobium melanoxylon syn. C. lanceolatum)*

Degumming Process of crude palm oil by mean of *(Cotylelobium melanoxylon syn. C. lanceolatum)*

วิชชุดา เอื้ออารี*[1] และ อุทัยวรรณ ศรีวิชัย[1]

[1] สาขา/ภาควิชาหมวดวิชาศึกษาทั่วไป คณะมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

Email: witchuda10@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริมาณสารสกัดเคี่ยมที่เหมาะสมร่วมด้วย Effective Microorganisms (EM) ที่ต้องการกำจัดยางเหนียวของน้ำมันปาล์มดิบในน้ำมันปาล์มดิบ ที่อัตราส่วนของน้ำมันปาล์มดิบ 100 ml เติมสารสกัดเคี่ยม 50, 100, 150 กรัม ที่สกัดด้วย Acetone ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms:EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ 100 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลา 30 วัน และทำการเขย่าทุกเช้า – เย็น สำหรับค่าปริมาณของกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ค่าที่ต่ำที่สุด Treatment 3 (เติมสารสกัดเคี่ยม 100 ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 4.13 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา Treatment 4 (เติมสารสกัดเคี่ยม 150 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 5.19 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Treatment 1 (ไม่เติมสารสกัดเคี่ยมร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms:EM)) มีค่ามากสุดคือ 5.38 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณความไม่บริสุทธิ์ (Impurity) ใน Treatment 3 (เติมสารสกัดเคี่ยม 100 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ให้ค่าที่ต่ำที่สุด คือ 0.0059 รองลงมาคือ Treatment 2 (เติมสารสกัดเคี่ยม 50 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 0.0062 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ Treatment 4 (เติมสารสกัดเคี่ยม 150 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 0.0093 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus)ใน Treatment 3 (เติมสารสกัดเคี่ยม 100 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 14.23 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าที่ต่ำที่สุด รองลงมา Treatment 4 (เติมสารสกัดเคี่ยม 150 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) คือ 17.08 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ Treatment 2 (เติมสารสกัดเคี่ยม 50 กรัม ร่วมด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ที่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร) มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 19.93 เปอร์เซ็นต์ และ Treatment 1 (ไม่มีการเติมสารสกัดเคี่ยมร่วมด้วยอีเอ็ม) คือ 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่สามารถกำจัดยางเหนียวโดยใช้เอนไซม์ ได้ในน้ำมันปาล์มดิบ และทำให้ค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งสามารถลดปริมาณความไม่บริสุทธิ์ (Impurity) ในน้ำมันปาล์มดิบได้ดี

คำสำคัญ: การกำจัดยางเหนียว, น้ำมันปาล์มดิบ, ต้นเคี่ยม, ฟอสฟอรัส, ความไม่บริสุทธิ์, กรดไขมันอิสระ

การพัฒนาระบบควบแน่นภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยของน้ำสำหรับการอบแห้ง

Development of Vacuum Condensation Systems to Increase Water Evaporation Efficiency for Dehydrated

ปรีชา ชีวสันติกานต์[1] พิสิษฏ์ มณีโชติ[1] และธวัช สุริวงษ์[1]

[1] สาขาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องอบแห้งระบบปิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยมีการใช้พลังงานจากไฟฟ้าเพื่อผลิตความร้อนในฮีตเตอร์ความร้อนเพื่อการอบแห้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาประสิทธิภาพและสมรรถนะการควบแน่นน้ำเพื่ออบแห้งสับปะรดบด และลดความชื้นในเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งระบบปิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ให้มีปริมาณน้ำลดเหลือน้อยกว่า ร้อยละ 50 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาสำหรับการอบแห้งสับปะรดบดในระบบสุญญากาศ พร้อมเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการอบแห้งในบรรยากาศ จากการศึกษากระบวนการอบแห้งด้วยเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer ในระบบเปิดหรือสภาวะบรรยากาศปกติ(ไม่ใช้ Vacuum) และระบบปิดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ(ใช้ Vacuum) โดยกำหนดอุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสโดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100 ซึ่งน้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น 10 kg และน้ำหนักสุดท้าย 5 kg เท่ากัน โดยการกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 320 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าไป 6.1 kWh และการกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 45 นาที ใช้ไปไฟฟ้า 3.2 kWh จากผลการเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งด้วยเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ากระบวนการกวนสับปะรดโดยใช้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรดเพียงเวลา 45 นาที และใช้พลังงานเพียง 3.2 kWh จะเห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยวิธีนี้ทำให้ประหยัดเวลาและลดการใช้พลังงานลงครึ่งหนึ่ง

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง, สุญญากาศ, ระบบควบแน่น, สับปะรด

วิธีการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ใช้วิธีเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer

กระบวนการอบแห้งด้วยเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer นี้ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ Tube Heat Exchanger , Double Jacket Vacuum Tank , Condensing Unit และ Cooling Tower โดยทั้ง 4 ส่วนทำงานต่อเนื่องกันโดยมีการตรวจวัดในกระบวนการทำงาน 3 จุดด้วยกัน

Tube Heat Exchanger เป็นส่วนเริ่มต้นของกระบวนการ โดยการให้ความร้อนไปที่หม้อน้ำผ่าน Burner โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถตรวจวัดพลังงานที่ใช้ในระบบได้จากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป

จากนั้นน้ำร้อนที่ได้จากขั้นตอนนี้จะไหลเข้าสู่ถังชั้นนอกของ Double Jacket Vacuum Tank เป็นการให้ความร้อนด้วยวิธี Water Bath กับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถังชั้นใน โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้จะต้องผ่านการชั่งน้ำหนัก และตรวจสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนอบด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC เพื่อให้สามารถติดตามตรวจวัดอัตราการลดลงของความชื้น

ของผลิตภัณฑ์ได้จากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์รวมที่หายไป โดยสภาวะถูกควบคุมให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ โดยจะมีการติดตั้ง Thermocouple PT100 เพื่อติดตามและควบคุมอุณหภูมิภายในถัง Double Jacket Tank ให้คงที่ตลอดกระบวนการ

Condensing Unit จะทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำ ที่ระเหยออกมาจากระบบ เพื่อให้เป็นการระบายความชื้นออกจากระบบได้จริง เป็นการออกแบบเพื่อบริหารจัดการไอน้ำ เพื่อให้สามารถดึงไอน้ำออกจากระบบได้ปริมาณมากเพียงพอ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งได้ โดยสามารถตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบการควบแน่นไว้ด้วยในขั้นตอนนี้ และสามารถตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จาก Power Meter โดยค่าที่ได้จากการตรวจวัดในขั้นตอนต่างๆจะถูกควบคุมและบันทึกโดยใช้ระบบ PLC เพื่อนำมาวิเคราะห์ประมวลผลต่อไป

Cooling Tower ทำหน้าที่ในการระบายความร้อนของน้ำให้กับระบบ Condensing Unit โดยนำน้ำร้อนจาก Condenser มาฉีดให้เป็นฝอยแล้วปล่อยลงมากจากด้านบน ขณะที่น้ำไหลลงมาอุณหภูมิของน้ำจะลดลงและไหลลงสู่ด้านล่าง

ค่าการใช้พลังงานในกรณีของการใช้ Vacuum คือ วัดค่าการใช้พลังงานรวมทั้งระบบ (รวมทั้ง Vacuum pump และ Cooling tower) ค่าความดันสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง (-700 mmHg)

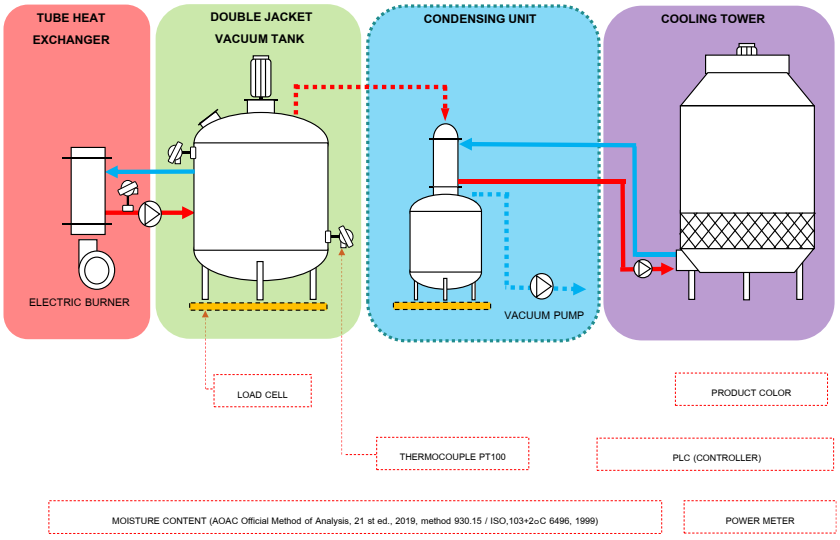
งานวิจัยนี้ทำการทดลอง ดังต่อไปนี้

การกวนสับปะรดที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ระบบเปิดหรือสภาวะบรรยากาศปกติ ทำได้โดย นำสับปะรดสดที่บดแล้วมาแบ่งตัวอย่างเป็น 3 ส่วน นำส่วนที่ 1 ตรวจวัดปริมาณความชื้น ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC เรียบร้อยแล้ว และนำส่วนที่ 2 ใช้ในการทดลองนี้ ใช้ในการทดลองนี้ โดยเติมตัวอย่างลงในถัง Double Jacket Tank จากนั้นให้ความร้อนโดยวิธี Heat Water bath ผ่าน Burner ด้วยระบบ Tube Heat Exchanger เปิดฝาถังทิ้งไว้ และปิดระบบ Condensing Unit และ Cooling Tower ต่อมาคือการกวนสับปะรดที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ระบบปิดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศ โดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ ทำได้โดยนำสับปะรดตัวอย่างส่วนที่ 3 เติมตัวอย่างลงในถัง Double Jacket Tank จากนั้นให้ความร้อนโดยวิธี Heat Water bath ผ่าน Burner ด้วยระบบ Tube Heat Exchanger ปิดฝาถัง ใช้ปั๊มสุญญากาศช่วยในการดึงความชื้น และเปิดระบบ Condensing Unit และ Cooling Tower วิธีการทำการทดลองทั้งหมดใช้ตรวจวัดปริมาณแก๊ส LPG ที่หายไป น้ำหนักของน้ำตัวอย่างที่หายไป ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. POWER METER (อุปกรณ์วัดพลังงานไฟฟ้า)
   - Nuova Fima Vacuum Gauge / **Accuracy class:** 1,6 as per EN 837-1
2. THERMOCOUPLE (อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ)
   - Temperature Sensor,PT100
3. LOAD CELL (อุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก)
   - model YZ108CL CAP 150kg. (Accuracy class according to OIML R60) ระดับความแม่นยำ 0.03 % of CN
4. Pressure Gauge

- - Nuova Fima Vacuum Gauge / **Accuracy class:** 1,6 as per EN 837-1



ภาพที่ 1 เทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer ที่ใช้ในการทดสอบ

องค์ประกอบ	รูปแบบ
1. Tube Heat Exchanger	การให้ความร้อนไปที่หม้อน้ำผ่าน Burner
2. Double Jacket Vacuum Tank	การให้ความร้อนด้วยวิธี Water Bath
3. Condensing Unit	ทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำที่ระเหยออกมาจากระบบ
4. Cooling Tower	หน้าที่ในการระบายความร้อนของน้ำให้กับระบบ Condensing Unit

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

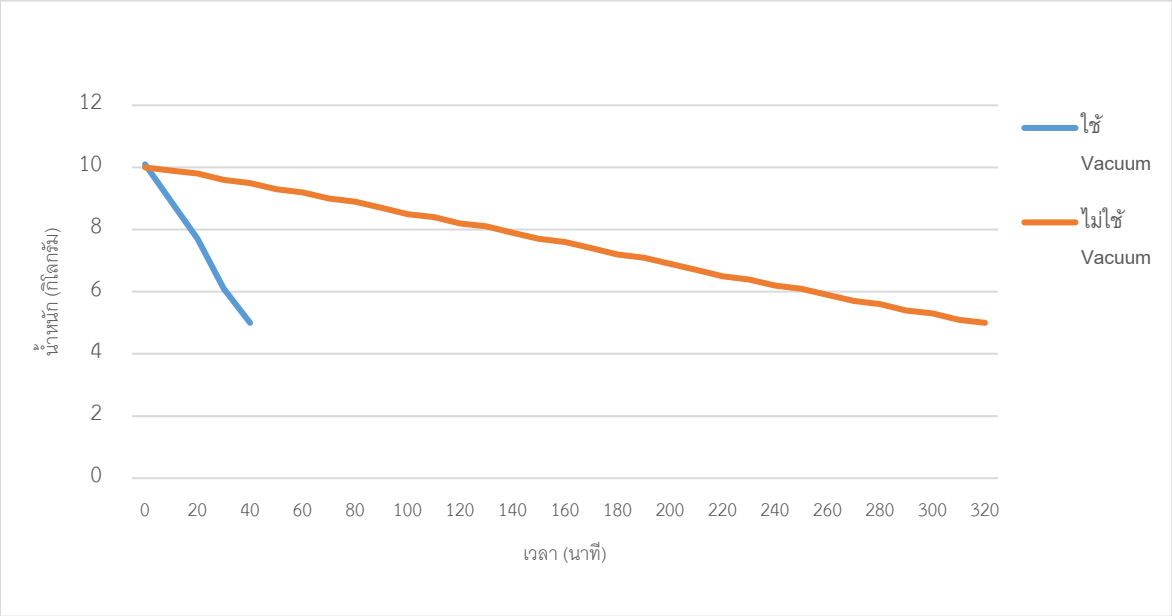
งานวิจัยนี้ทำการทดลองทั้งหมด 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การทดลองที่ 1 การกวนสับปะรดที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ระบบเปิดหรือสภาวะบรรยากาศปกติ ทำได้โดย นำสับปะรดสดที่บดแล้วมาแบ่งตัวอย่างเป็น 3 ส่วน นำส่วนที่ 1 ตรวจวัดปริมาณความชื้น ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC เรียบร้อยแล้ว และนำส่วนที่ 2 ใช้ในการทดลองนี้ โดยเติมตัวอย่างลงในถัง Double Jacket Tank จากนั้นให้ความร้อนโดยวิธี Heat Water bath ผ่าน Burner ด้วยระบบ Tube Heat Exchanger เปิดฝาถังทิ้งไว้ และปิดระบบ Condensing Unit และ Cooling Tower ตรวจวัดปริมาณน้ำหนักของสับปะรดตัวอย่างที่หายไป ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100

2. การทดลองที่ 2 การกวนสับปะรดที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ระบบปิดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศ โดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ ทำได้โดยนำสับปะรดตัวอย่างส่วนที่ 3 เติมตัวอย่างลงในถัง Double Jacket Tank จากนั้นให้ความร้อนโดยวิธี Heat Water bath ผ่าน Burner ด้วยระบบ Tube Heat Exchanger ปิดฝาถัง ใช้ปั๊มสุญญากาศช่วยในการดึงความชื้น และเปิดระบบ Condensing Unit และ Cooling Tower ตรวจวัดปริมาณน้ำหนักของน้ำตัวอย่างที่หายไป ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า การกวนสับปะรดที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100 ที่น้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น 10 kg และน้ำหนักสุดท้าย 5 kg เท่ากัน ผ่านระบบเปิดหรือสภาวะบรรยากาศปกติและระบบปิดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ จะเห็นได้ว่าในสภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 320 นาที ในขณะที่การกวนสับปะรดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ vacuum) ใช้เวลาแค่ 45 นาที



ภาพที่ 2 กราฟแสดงอุณหภูมิของเวลาและน้ำหนักที่ใช้ในการกวนสับปะรด

การกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่ใช้ Vacuum) อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100 น้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น 10 kg และน้ำหนักสุดท้าย 5 kg เท่ากัน ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 320 นาที ใช้ไปไฟฟ้า 6.1 kWh

การกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100 น้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น 10 kg และน้ำหนักสุดท้าย 5 kg เท่ากัน ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 45 นาที ใช้ไปไฟฟ้า 3.2 kWh

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบวิธีการ

	ใช้ Vacuum	ไม่ใช้ Vacuum
น้ำหนักเริ่มต้น (kg)	10	10
น้ำหนักสุดท้าย (kg)	5	5
เวลา (min)	45	320
ไฟฟ้าที่ใช้ไป (kWh)	3.2	6.1

การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในรูปของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ที่เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้กับปริมาณของน้ำที่ถูกระเหยไป

SEC = Total Energy/Product

Normal Process SEC = 6.1 kwh/4.72kg = 6.1x3.6 MJ/4.72kg = 4.652542 MJ/kg

Vacuum Process SEC = 3.2 kwh/4.166kg = 3.2x3.6 MJ/4.166kg = 2.765242 MJ/kg

จะเห็นได้ว่าในการกวนสับปะรดในสภาวะบรรยากาศสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) สีของสับปะรดที่ได้จะมีสีเหลืองดัง ภาพที่ 2 (ก) สีของเนื้อของสับปะรดสด (ข) เป็นการกวนสับปะรดในสภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่ใช้ Vacuum) สีของสับปะรดที่ได้จะมีสีเหลืองอมน้ำตาล



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 แสดงภาพถ่ายของสับปะรดด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป

(ก) สับปะรดสด

(ข) การกวนสับปะรดด้วยไม่ใช้ Vacuum

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการอบแห้งด้วยเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer ในระบบเปิดหรือสภาวะบรรยากาศปกติ(ไม่ใช้ Vacuum) และระบบปิดภายใต้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ(ใช้ Vacuum) โดยกำหนดอุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสโดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ด้วย Thermocouple PT100 ซึ่งน้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น 10 kg และน้ำหนักสุดท้าย 5 kg เท่ากัน โดยการกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 320 นาที ใช้ไปไฟฟ้า 6.1 kWh และการกวนสับปะรดที่สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรด 45 นาที ใช้ไปไฟฟ้า 3.2 kWh จากผลการเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งด้วยเทคโนโลยี Vacuum Condensing Dryer ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ากระบวนการกวนสับปะรดโดยใช้สภาวะบรรยากาศสุญญากาศโดยมีการควบแน่นไอน้ำก่อนเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ (ใช้ Vacuum) ใช้เวลาในการกวนสับปะรดเพียงเวลา 45 นาที และใช้พลังงานเพียง 3.2 kWh จะเห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยวิธีนี้ทำให้ประหยัดเวลาและลดการใช้พลังงานลงครึ่งหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ธวัช สุริวงษ์ กรรมการ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา แนะนำในการดำเนินงานในการทำวิจัย และขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand, E. G. A. o. (2018). *EIA* คาดปี 2040 โลกยังใช้พลังงานฟอสซิลและนิวเคลียร์ร้อยละ 83. **การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย** https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=2334:eia-83&catid=49&Itemid=251

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2563). **สศก. เผย นโยบายขับเคลื่อนภาคเกษตร** สอดคล้องข้อเสนอ *World Bank* ชี้ภาคเกษตร กุญแจสำคัญ เปลี่ยนผ่านก้าวสู่ประเทศที่มีรายได้สูง https://joo.gl/8bd48

[3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561a). **เกษตรฯ เร่งแก้วิกฤตสับปะรด** หลังราคาดิ่ง วางมาตรการรอบด้านพร้อมรับมือผลผลิตกระจุกปลายปี https://joo.gl/JjVtas

[4] นักศึกษาหลักสูตรนักบริหารการพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์. (2561). **แนวทางการพัฒนาการปลูกสับปะรด** ของสหกรณ์ชาวไร่สับปะรดสามร้อยยอด จำกัดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. ส. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[5] Artnaseaw, A., Theerakulpisut, S., & Benjapiyaporn, C. (2010). **Development of a vacuum heat pump dryer for drying chilli. Biosystems engineering**, 105(1), 130-138.

[6] อ รอง จันทร์ ประสาท, ส. การ วิเคราะห์ สมบัติ ทาง กายภาพ และ เคมี จำเพาะ ของ เนื้อ ผล สับปะรด.

อาจกล้า, ผ. ด. ส. (2562). **การศึกษาและออกแบบเครื่องอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบสุญญากาศ** ส. งบประมาณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.

[7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561b). **สถานการณ์การผลิตและการตลาดรายสัปดาห์** 19-25 ม.ค.61 https://joo.gl/ipPJg

[8] Bhui, K., Prasad, S., George, J., & Shukla, Y. (2009). **Bromelain inhibits COX-2 expression by blocking the activation of MAPK regulated NF-kappa B against skin tumor-initiation triggering mitochondrial death pathway**. Cancer letters, 282(2), 167-176.

[9] Campos, D. A., Ribeiro, T. B., Teixeira, J. A., Pastrana, L., & Pintado, M. M. (2020). **Integral Valorization of Pineapple (Ananas comosus L.)** By-Products through a Green Chemistry Approach towards Added Value Ingredients. Foods, 9(1), 60.

การพัฒนาระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืช
The Development of Low Power Environmental Monitoring Systems for Greenhouses

พันธ์ลพ สินธุยา[1] วันวิเศษ อภิชาติ[2] นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์[2] วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[2] สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี[2]
อัตถ์ อัจฉริยมนตรี[1] ทิตา สุนทรวิภาต[1] และ หทัยทิพย์ สินธุยา[2*]

[1] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
[2] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
Email : hathaithip_nin@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบติดตามเกษตรอัจฉริยะมีความสำคัญต่อการเกษตรสมัยใหม่ การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำเกษตร ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณที่มากขึ้นและลดระยะเวลา โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์พลังงานต่ำสำหรับติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกพืช เพื่อช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน ลดต้นทุนด้านการติดตั้งระบบที่มีราคาต้นทุนที่สูง รวมไปถึงการติดตั้งระบบสายไฟและระบบสายเซ็นเซอร์ โดยระบบมีฟังก์ชันการทำงานแบบ Deep sleep ในการอ่านข้อมูลโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดและส่งข้อมูลไปยังระบบเครือข่ายเพื่อเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล เมื่อส่งข้อมูลเสร็จระบบจะทำการ Deep sleep ระบบเพื่อรักษาพลังงานของระบบไว้ โดยผลการทดสอบสามารถตื่นมาส่งข้อมูลได้เฉลี่ย 118 ครั้งต่อการประจุแบตเตอรี่ขนาด 200 mAh และความเที่ยงตรงต่อของเวลาทำงานในการ Deep sleep ในระดับ 98.8% นอกจากนี้การสรุปผลข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันยังสามารถทำงานรองรับกับระบบฐานข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การเกษตรอัจฉริยะ ระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อม โรงเรือนเพาะปลูกพืช ระบบติดตามพลังงานต่ำ

บทนำ

ปัจจุบันการทำเกษตรอัจฉริยะสามารถตอบโจทย์ต่อความต้องการของเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก การปรับปรุงประสิทธิภาพของผลผลิต รวมไปถึงการลดระยะเวลาและต้นทุนในการลงทุนทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรสามารถมีเวลาไปประกอบอาชีพอื่น ๆ และยังเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ทำให้เกิดการสนใจจากเกษตรกรเป็นวงกว้างในการทำเกษตร เนื่องจากการปลูกพืชผลทางการเกษตรที่มีมูลค่าสูงทางการตลาด การควบคุมและจัดการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการที่สามารถควบคุมปัจจัยการเพาะปลูกได้ ตั้งแต่การควบคุมปริมาณการให้น้ำ อุณหภูมิ ความชื้น แสงอาทิตย์ และการให้ปุ๋ย ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีประสิทธิภาพและมีปริมาณผลผลิตที่มากขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตที่มีความแม่นยำในการเพาะปลูกแต่ละครั้ง และยังช่วยลดระยะเวลาของเกษตรกรได้ดียิ่งขึ้น [1][2]

การทำเกษตรอัจฉริยะมีปัจจัยในการตัดสินใจในการลงทุนติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ คือ ราคาของระบบติดตามเกษตรอัจฉริยะที่มีต้นทุนสูง เซ็นเซอร์ตรวจวัดที่ราคาสูง ระบบโครงสร้างและการเดินสายไฟร่วมกับสายเซ็นเซอร์ตรวจวัด รวมถึงการติดตั้งที่ค่อนข้างซับซ้อนและการดูแลรักษาที่ยากต่อความรู้ความเข้าใจกับผู้ใช้ [3] ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ระบบ ทำให้เกิดความลังเลในการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ

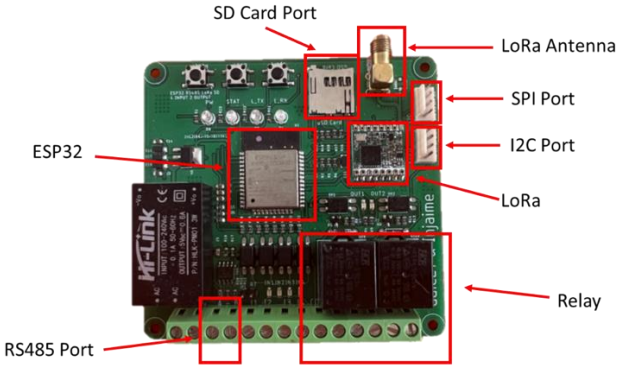
ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยี การพัฒนาระบบพลังงานต่ำสำหรับติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกพืช เพื่อลดต้นทุนการติดตั้งระบบสายไฟและสายเซ็นเซอร์ตรวจวัดข้อมูลและลดต้นทุนการใช้พลังงานของระบบติดตามเกษตรอัจฉริยะ โดยได้นำชิปไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 ร่วมกับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง พร้อมทั้งได้พัฒนาโปรแกรมการส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อนำไปแสดงผลข้อมูลภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบของ JavaScript Object Notation Format (JSON Format) รวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมในส่วนการทำงาน *Deep sleep* ของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในการรับส่งและอ่านข้อมูลสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถใช้พลังงานผ่านแบตเตอรี่ขนาดเล็กได้อีกด้วย

วิธีการวิจัย

การออกแบบหลักการทำงานของการพัฒนาระบบพลังงานต่ำสำหรับติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืช เป็นการพัฒนาระบบที่อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และสามารถทำงานได้ในโหมดประหยัดพลังงาน ในการพัฒนางานวิจัยนี้ได้แบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ การออกแบบพัฒนาวงจรและส่วนเชื่อมต่อของอุปกรณ์ การออกแบบการทำงานของระบบซอฟต์แวร์ การออกแบบการทำงานแบบ *Deep sleep* บนระบบไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32

การออกแบบพัฒนาวงจรและส่วนเชื่อมต่อของอุปกรณ์

จากภาพที่ 1 แสดการออกแบบการเชื่อมต่อระบบฮาร์ดแวร์ ให้สามารถทำงานกับอุปกรณ์โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมนั้น ได้มีการนำไมโครตอนโทรเลอร์ ESP-32 มาใช้ในการประมวลผลคำสั่งและออกแบบช่องทางการติดต่อกับโมดูลเซ็นเซอร์ [4][5] 2 ประเภทคือการติดต่อการสื่อสารในรูปแบบโปรโทรคอล RS485 และการติดต่อสื่อสารในรูปแบบโปรโทรคอล RS232 [6][7] นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟที่สามารถรองรับแบตเตอรี่ขนาด 200 mAh ในการเลี้ยงระบบดังภาพที่ 1



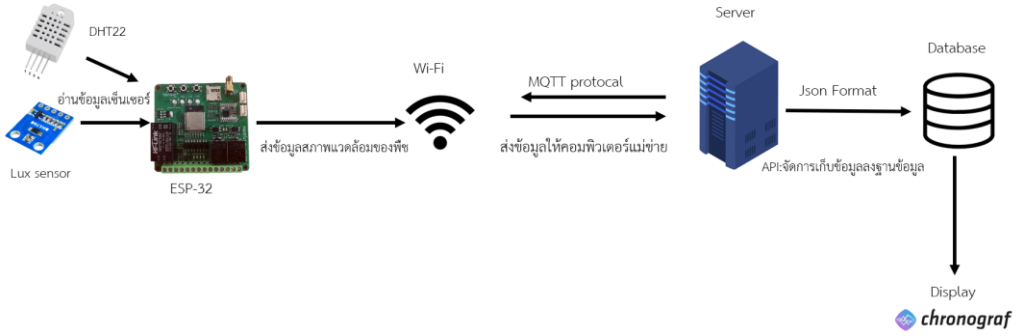
ภาพที่ 1 การออกแบบการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

การออกแบบการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์

ในส่วนของการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์แบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1. การออกแบบหลักการส่งข้อมูลและการพัฒนาชุดคำสั่งการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi โดยการออกแบบจะทำการพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งบนไมโครคอนโทรเลอร์ในการติดต่อสื่อสารกับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) [8][9] รวมไปถึงติดต่อสื่อสารกับโมดูลเชื่อมต่อ LUX Sensor เมื่อ

ไมโครคอนโทรเลอร์ตรวจเช็คข้อมูลสถานการณ์อ่านข้อมูลเซ็นเซอร์สำเร็จจะทำการส่งข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมงผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ในการเชื่อมต่อส่งข้อมูลผ่านโปรโทรคอล MQTT ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายในการจัดเก็บข้อมูลผ่าน API ในการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูล influxDB และแสดงผลข้อมูลผ่านทาง Chronograf ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบหลักการส่งข้อมูลและการพัฒนาชุดคำสั่งการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมเจริญเติบโตของพืชผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi

การออกแบบการทำงานประหยัดพลังงาน *Deep sleep* ของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32

ในการออกแบบการทำงานประหยัดพลังงาน Deep sleep ของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 สามารถแสดงได้ตามลำดับขั้นดังภาพที่ 3 โดยจะใช้ Flow chart diagram ในการออกแบบเริ่มต้นการทำงาน จะทำการเช็คค่าการเชื่อมต่อ WI-FI ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อได้เกิน 5 ครั้งจะทำการจบการทำงานแต่ถ้าเช็คสามารถเชื่อมต่อ WI-FI จะทำการเช็คค่าการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อได้จะทำการส่งข้อมูลกลับเริ่มต้น แต่ถ้าเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ได้จะทำการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์สภาพแวดล้อมเมื่ออ่านข้อมูลเสร็จจะทำการจัดไฟล์รูปแบบ JSON Format เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi เมื่อเชื่อมต่อกับ Wi-Fi จะทำการส่งข้อมูลให้กับ MQTT ในการจัดเก็บข้อมูล ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อได้จะทำการส่งข้อมูลไปตรวจเช็คตอนเริ่มระบบงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบจากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดสอบการทำงานความเที่ยงตรงการทำงานของการประหยัดพลังงาน *Deep sleep* ของไมโครคอนโทรเลอร์บน ESP-32 ส่วนที่ 2 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่งข้อมูล และส่วนที่ 3 การแสดงผลของข้อมูล

การทดสอบความเที่ยงตรงในการทำงานของการประหยัดพลังงาน *Deep sleep* บนไมโครคอนโทรเลอร์ ESP 32

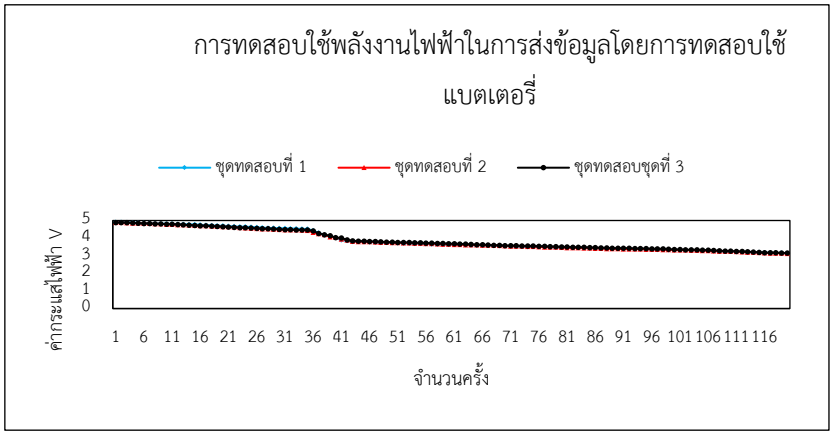
การทดสอบความเที่ยงตรงจะทำการทดสอบเงื่อนไขการพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งในการประหยัดพลังงาน Deep sleep โดยการทดสอบความเที่ยงตรงได้ทดลองทำการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์และการส่งข้อมูลของระบบติดตามข้อมูลภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์และส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Wi-Fi ได้ ในกรณีสัญญาณอินเตอร์เน็ตทำงานปกติ และการทดสอบการทำงานเกิดผิดพลาดในการต่อ Wi-Fi สามารถทำงานโดยการ Deep sleep ในการปิดตัวลงเพื่อรักษาพลังงาน และเวลาในการทดสอบความเที่ยงตรงในการตื่นมาอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดอยู่ที่ระดับ 98.8% ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการความเที่ยงตรงในการทำงานของระบบประหยัดพลังงาน *Deep sleep* ของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP 32

NO.	การทดสอบการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์และการส่งข้อมูล (%)	ความเที่ยงตรงของเวลา Deep sleep (%)
1	100	98.8
2	100	98.8
3	100	98.8
4	100	98.8
5	100	98.8
6	100	98.8
7	100	98.8
8	100	98.8
9	100	98.8
10	100	98.8

การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ติดตามฝ้าระวังข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

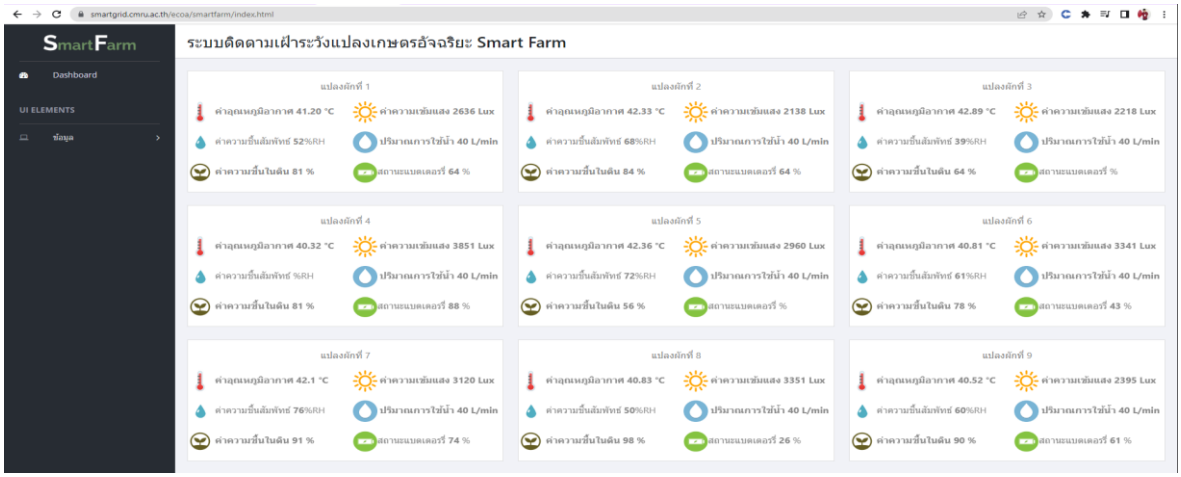
ภาพที่ 5 แสดงผลการทดสอบใช้พลังงานไฟฟ้าในการใช้ระบบตรวจวัดข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการส่งข้อมูลไปหาคอมพิวเตอร์แม่ข่ายโดยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการส่ง 1 ครั้ง โดยการทดสอบได้ทำการทดสอบซ้ำ 3 ชุดข้อมูลโดยผลการทดสอบจะสามารถส่งข้อมูลได้เฉลี่ยประมาณ 118 ครั้งต่อการประจุแบตเตอรี่ขนาด 200 mAh ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทดสอบใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่งข้อมูลโดยการทดสอบใช้แบตเตอรี่

การพัฒนาระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืช

การแสดงผลระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกพืชแสดงดังภาพที่ 6 โดยการแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถดูข้อมูล Real-time และยังสามารถ Download ข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบไฟล์ CSV อีกด้วย ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การแสดงผลเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของพืชพลังงานต่ำ

การเปรียบเทียบระบบติดตั้งสายเซ็นเซอร์และไม่ติดตั้ง และลดต้นทุนในการติดตั้งและระบบสายไฟและระบบสายเซ็นเซอร์จะสามารถลดต้นทุนการเดินระบบสายไฟฟ้าในการเลี้ยงวงจรอุปกรณ์ตรวจวัดและไมโครคอนโทรเลอร์ ค่าเบรกเกอร์ในการตัดพลังงานไฟฟ้า ค่าแรงงานและค่าจ้างช่างไฟฟ้าและค่าอุปกรณ์อื่นๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการเดินระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของพืช

การเปรียบเทียบราคาการติดตั้งสายเซ็นเซอร์และไม่ติดตั้ง ในพื้นโรงเรือขนาด 6*20เมตร	
ระบบเดินสายเซ็นเซอร์	**ระบบไม่เดินสายเซ็นเซอร์**
สายไฟฟ้าภายนอก 220V 1.5 50 เมตร 1750 บาท	สายมัลติคอร์ 6 ช่อง Multi-core 6 290 บาท ต่อตารางเมตร
สายมัลติคอร์ 6 ช่อง Multi-core 6 290 บาท ต่อตารางเมตร	
เซอร์กิจเบรกเกอร์ 250 บาท	
ค่าแรงงานค่าจ้างช่างไฟฟ้า ในการติดตั้งสายไฟฟ้าและเซ็นเซอร์ 500 – 800 บาท	
อื่น 100-200 บาท	

สรุปผลการวิจัย

ระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำถูกออกแบบให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้การทำเกษตรอัจฉริยะต้นทุนต่ำ โดยระบบสามารถส่งข้อมูลการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 ระบบดังกล่าวช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานที่จ่ายให้กับระบบ และนอกจากจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนในการติดตั้งระบบที่มีราคาต้นทุนที่สูง การติดตั้งระบบสายไฟและระบบสายเซ็นเซอร์ โดยผลการทดสอบระบบติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมในด้านความเที่ยงตรงการทำงานของการประหยัดพลังงาน Deep sleep พบว่าระบบสามารถกลับมามาส่งข้อมูลได้เฉลี่ย 118 ครั้งต่อการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 200 mAh และความเที่ยงตรงต่อเวลาทำงานในการ Deep sleep ในระดับ 98.8% รวมไปถึงการแสดงผลการสรุปข้อมูลสภาพแวดล้อมพลังงานต่ำผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ที่สามารถทำงานรองรับกับระบบฐานข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) : งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ปีงบประมาณ 2565 ชุดโครงการการพัฒนาต้นแบบระบบเกษตรอัจฉริยะด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารเครือข่ายลอราและรูปแบบข้อมูลมหัตแบบผสมผสาน สำหรับโรงเรือนเกษตรแบบปิด โรงเรือนเลี้ยงไก่และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และได้รับการสนับสนุนจากวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ช่วยสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์สำหรับทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Doshi, J., Patel, T., and kumar Bharti, S. (2019). Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions. **Procedia Computer Science**. 160, 746-751.

[2] Haseeb, K., Ud Din, I., Almogren, A., and Islam, N. (2020). An energy efficient and secure IoT-based WSN framework: An application to smart agriculture. **Sensors**. 20 (7), 2081.

[3] Kaewmard, N., & Saiyod, S. (2014, October). Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm. **In 2014 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE)** (pp. 106-112). IEEE.

[4] Ezema, L. S., Ifediora, E. C., Olukunle, A. A., and Onuekwusi, N. C. (2021). Design and Implementation of an Esp32-Based Smart Embedded Industrial Poultry Farm. **European Journal of Engineering and Technology Research**. 6(3), 103-108.

[5] Chieochan, O., Saokaew, A., and Boonchieng, E. (2017). IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. In 2017 14**th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE),** 12-14 July 2017 at School of Informatics, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

[6] Kodali, R. K., Yerroju, S., and Sahu, S. (2018). Smart farm monitoring using LoRa enabled IoT. In **2018 second international conference on green computing and internet of things (ICGCIoT)**, 16-18 August 2018 at Karnataka, India.

[7] Serikul, P., Nakpong, N., and Nakjuatong, N. (2018). Smart farm monitoring via the Blynk IoT platform: case study: humidity monitoring and data recording. In **2018 16th International conference on ICT and knowledge engineering (ICT&KE)**, 21-23 November 2018 at Bangkok, Thailand.

[8] Rehman, A. U., & Iqbal, M. T. (2020). Design of an Ultra-Low Powered Data-Logger for Stand-Alone PV Energy Systems. **European Journal of Electrical Engineering and Computer Science,** *4*(6).

[9] Suanpang, P., and Jamjuntr, P. (2019). A smart farm prototype with an Internet of Things (IoT) case study: Thailand. **Technology**. 5 (12), 15

การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa

Development of Smart Solar Greenhouse with LoRa Technology

วันวิเศษ อภิชาติ[1] พันธ์ลพ สินธุยา[2] ทิตา สุนทรวิภาต[1] หทัยทิพย์ สินธุยา[1] นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์[1]
วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1] สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี[1] และ อัตถ์ อัจฉริยมนตรี[2*]

[1] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
Email : att_atc@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การทำโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะสามารถตอบโจทย์ต่อความต้องการของเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก การปรับปรุงประสิทธิภาพของผลผลิต รวมไปถึงการลดระยะเวลาและต้นทุนในการลงทุนทางการเกษตร งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa โดยการใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 ทำการเชื่อมต่อโมดูลส่งสัญญาน LoRa ในการส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมของโรงเรือน และควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานระบบพัดลมระบายอากาศและการให้น้ำของพืชผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน โดยผลการทดการเปิด-ปิดการทำงานด้วยเงื่อนไขตั้งค่าอัตโนมัติและเปิด-ปิดการควบคุมหน้าเครื่องสามารถทำงานได้ 100% โดยผลการทดสอบการส่งข้อมูลการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa สามารถส่งข้อมูลได้ไม่มีข้อผิดพลาด โดยมีระยะการส่งข้อมูลอยู่ที่ 100เมตร ถึง 1 กิโลเมตรในพื้นที่โล่งโปร่ง ซึ่งช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อการทำการเกษตรในพื้นที่ห่างไกล

คำสำคัญ: เกษตรอัจฉริยะ LoRa โรงเรือนอัจฉริยะ ระบบควบคุมโรงเรือนเกษตร

บทนำ

ปัจจุบันการทำเกษตรอัจฉริยะสามารถตอบโจทย์ต่อความต้องการของเกษตรกร ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก การปรับปรุงประสิทธิภาพของผลผลิต รวมไปถึงการลดระยะเวลาและต้นทุนในการลงทุนทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรสามารถมีเวลาไปประกอบอาชีพอื่น ๆ และยังเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย ทำให้เกษตรกรสนใจที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตร โดยความสนใจที่เป็นที่นิยมหลัก ๆ คือ การเกษตรอัจฉริยะในโรงเรือน เนื่องจากการทำเกษตรอัจฉริยะในโรงเรือนสามารถควบคุมปัจจัยการเพาะปลูกได้ ตั้งแต่การควบคุมปริมาณการให้น้ำ อุณหภูมิ ความชื้น การให้ปุ๋ย และนอกจากนี้โรงเรือนเกษตรยังสามารถช่วยปกป้องแมลงศัตรูพืชได้ และสามารถเลือกปลูกพืชผลทางการเกษตร ที่มีมูลค่าสูงและมีความต้องการทางการตลาด [1-2-3] ซึ่งการทำระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะส่วนใหญ่จะใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือน ในการใช้ไฟฟ้ากับอุปกรณ์ระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะหากพื้นที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ไฟฟ้าเข้าถึง แต่ในกรณีที่ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงได้นั้นจำเป็นจะต้องมีการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับระบบ นอกจากปัญหาด้านการเข้าถึงไฟฟ้าแล้วนั้น พื้นที่ห่างไกลยังต้องเผชิญกับปัญหาด้านระบบสัญญาณเครือข่ายที่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ ทำให้ไม่สามารถติดตั้งระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่มีการรับส่งข้อมูลได้ [4-5]

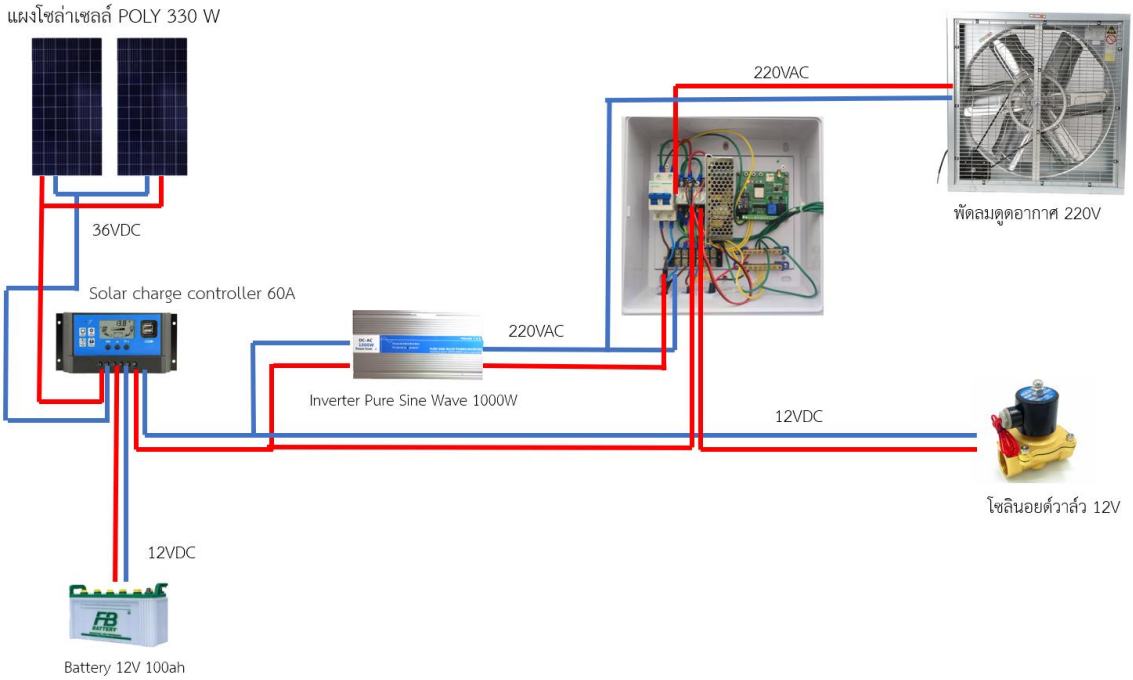
ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa ในการแก้ปัญหาและตอบโจทย์ความต้องการในพื้นที่ไม่สามารถเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าและสัญญาณเครือข่าย โดยได้นำเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งเพื่อจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงระบบให้กับอุปกรณ์ติดตามและควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ และพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะโดยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 มาประยุกต์ใช้กับโมดูลส่งสัญญาณ LoRa ในการส่งข้อมูลให้กับไปยัง Node ที่สามารถรับคลื่นสัญญาณนอกพื้นที่ ในการติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมและการสั่งควบคุมการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ

วิธีการวิจัย

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ 1) การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงปลูกอัจฉริยะ 2) การออกแบบหลักการทำงานระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ และ 3) การออกแบบการเงื่อนไขการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

การออกแบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์

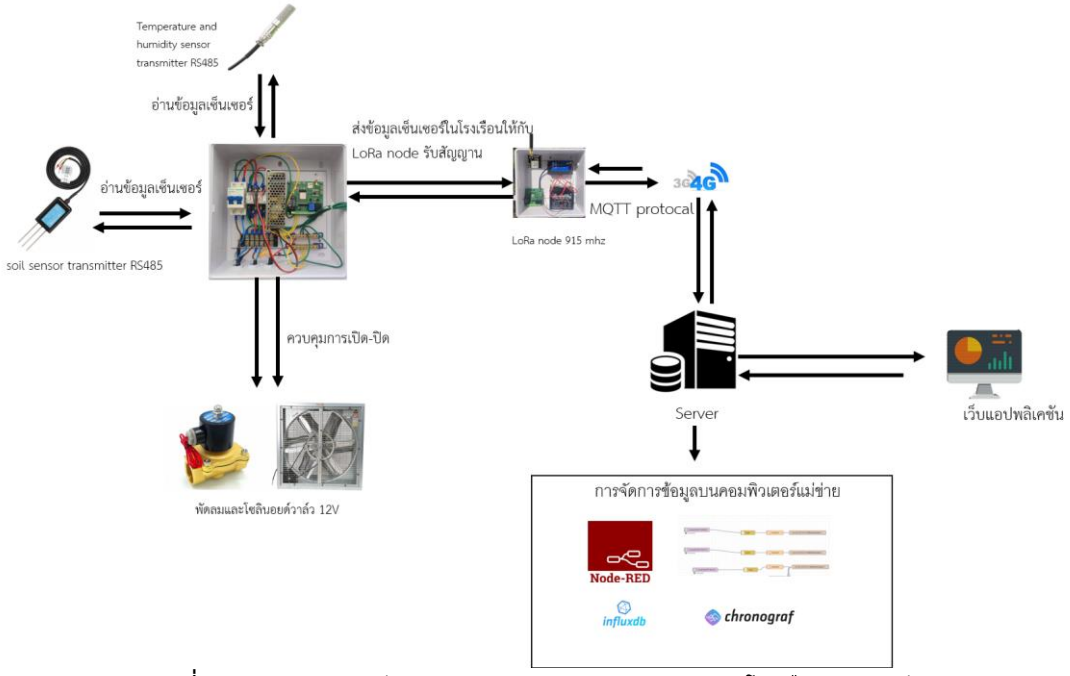
การออกแบบแหล่งจ่ายไฟพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แหล่งผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จ่ายให้กับโมดูล charge controller ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าจัดเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่โดยความจุของแบตเตอรี่จะสามารถจุความจุได้ 100 Ah เพื่อให้ระบบสามารถทำงานเพียงพอต่อการใช้งานในโรงเรือนอัจฉริยะ ต่อไประบบจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้ากับระบบ inverter ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบไฟฟ้ากระแสสลับในการจ่ายพลังงานให้กับพัดลมในการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนให้เหมาะสม และท้ายที่สุดได้นำโซลินอยด์วาล์ว 12V มาควบคุมการเปิด-ปิดการให้น้ำในรูปแบบน้ำหยดแสดงดังภาพที่ 1



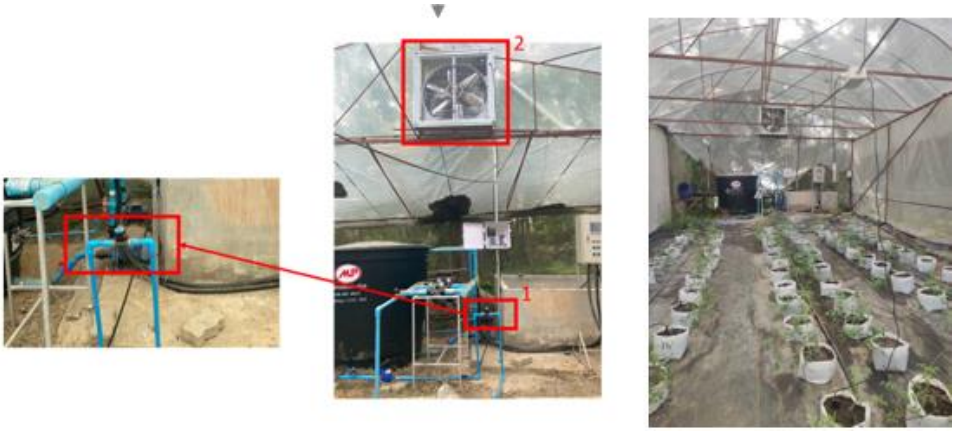
ภาพที่ 1 การออกแบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบหลักการทำงานระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

ภาพที่ 2 แสดงการออกแบบระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ จะทำการออกแบบให้ชุดติดตามเฝ้าระวังสามารถติดต่อข้อมูลกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดที่ติดตั้งเอาไว้ในโรงเรือน เมื่อติดต่อกับเซ็นเซอร์เสร็จจะทำการส่งข้อมูลผ่านโมดูล LoRa ในการส่งข้อมูลกับ Node ที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการอัพโหลดข้อมูลขึ้นไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย [6-7] และนำข้อมูลมาจัดการเก็บผ่าน API ในการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลออกมาแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน [8-9] ในส่วนของการควบคุมการทำงานการเปิด-ปิดของพัดลมระบายอากาศกับการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วนั้นจะทำการรอรับคำสั่งจากเว็บแอปพลิเคชันในการสั่งควบคุม ทั้งนี้ระบบยังสามารถควบคุมผ่านกล่องควบคุมแบบ Manual ที่กล่องควบคุม โดยผู้ใช้สามารใช้การควบคุมแบบ Manual ในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเพื่อให้สามารถเปิดระบบพัดลมระบายอากาศและการให้น้ำพืช โดยอุปกรณ์ระบบติดตามเฝ้าระวังและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การออกแบบหลักการทำงานระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ระบบติดตามเฝ้าระวังและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

การออกแบบการเงื่อนไขการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในการควบคุมโรงเกษตรอัจฉริยะ

การออกแบบเงื่อนไขการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเริ่มต้นจากการอ่านค่าข้อมูลระบบว่ามีการสั่งการหน้าเครื่องระบบอัตโนมัติหรือไม่ ถ้าไม่ได้รับคำสั่งจะจบการทำงานของระบบ แต่ถ้าได้รับคำสั่งในการเปิดระบบอัตโนมัติโดยการรับค่าในการกำหนดอุณหภูมิและความชื้น เมื่อได้รับจะทำการเช็คค่าถ้าค่าอุณหภูมิเกินกว่าการตั้งค่าจะทำการเปิดระบบพัดลมระบายอากาศทำให้อุณหภูมิลดลง และเมื่อความชื้นน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะทำการเปิดระบบโซลินอย์วาล์ว ในการควบคุมระบบเปิด-ปิดน้ำให้ทำงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa โดยผลงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 การทดสอบการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงานโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ ส่วนที่ 2 การทดสอบการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa และส่วนที่ 3 ผลการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลข้อมูลระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

การทดสอบการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงานโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

จากผลการทดสอบการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงานโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ 100% ในการควบคุมเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศตามเงื่อนไขอุณหภูมิและการควบคุมเปิด-ปิดน้ำตามเงื่อนไขความชื้นในดินและการทำงานควบคุมแบบหน้าเครื่อง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงานโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

NO.	การควบคุมเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศตามเงื่อนไขอุณหภูมิ (%)	การควบคุมเปิด-ปิดน้ำตามเงื่อนไขความชื้นในดิน (%)	การควบคุมการทำงานแบบ manual (%)
1	100	100	100
20	100	100	100
30	100	100	100
40	100	100	100
50	100	100	100
60	100	100	100
70	100	100	100
80	100	100	100
90	100	100	100
100	100	100	100

การทดสอบการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa

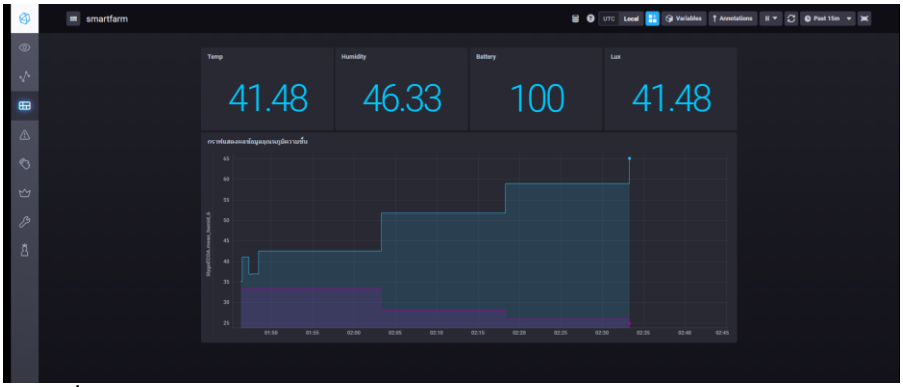
ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการส่งข้อมูลเครือข่าย LoRa โดยได้ทำการทดสอบข้อมูลโดยการส่งข้อมูลจากโรงเรือนไปยังระบบ Node รับสัญญาณ โดยกาทดสอบระยะการส่งข้อมูลตั้งแต่ 1 กิโลเมตรในพื้นที่โล่งโปร่ง พบว่า การส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa สามารถส่งข้อมูลได้ไม่มีข้อผิดพลาด โดยมีระยะการส่งข้อมูลอยู่ที่ 100 เมตร ถึง 2 กิโลเมตร

ตารางที่ 2 การทดสอบการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa

NO.	ระยะทางการส่งข้อมูล	จำนวนข้อมูลการรับส่ง 100 ครั้ง สามารถรับส่งข้อมูลได้	ความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล (%)
1	0-100 เมตร	100	0
2	250 เมตร	100	0
3	500 เมตร	100	5
4	750. เมตร	100	13
5	1000 เมตร	100	20

ผลการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลข้อมูลระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

ภาพที่ 5 แสดงเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลข้อมูลระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa จะแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิความชื้นในโรงเรือนอัจฉริยะ ค่าความชื้นในดินรูปแบบ real-time และรูปแบบข้อมูลย้อนหลัง โดยสามารถควบคุมการเปิด-ปิดระบบพัดลมระบายอากาศและการให้น้ำผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้



ภาพที่ 5 เว็บแอปพลิเคชันแสดงผลข้อมูลระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยี LoRa ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32 ทำการเชื่อมต่อโมดูลส่งสัญญาน LoRa ในการส่งข้อมูลสภาพแวดล้อม รวมไปถึงการควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานระบบพัดลมระบายอากาศและการให้น้ำของพืชผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันโดยผลการทดการเปิด-ปิดการทำงานด้วยเงื่อนไขตั้งค่าอัตโนมัติและเปิด-ปิดระบบควบคุมแบบ Manual ที่กล่องควบคุม สามารถทำงานได้ 100% โดยผลการทดสอบการส่งข้อมูลการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa สามารถส่งข้อมูลได้ไม่มีข้อผิดพลาดด้วยระยะการส่งข้อมูลอยู่ที่ 1 กิโลเมตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) : งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ปีงบประมาณ 2565 ชุดโครงการการพัฒนาต้นแบบระบบเกษตรอัจฉริยะด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารเครือข่ายลอราและรูปแบบข้อมูลมหัตแบบผสมผสาน สำหรับโรงเรือนเกษตรแบบปิด โรงเรือนเลี้ยงไก่ และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และได้รับการสนับสนุนจากวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ช่วยสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Anisha, M., Arsad, U. M., Dhanalakshmi, K., Anitha, S., Benisha, M., Chezhiyan, P., & Elliot, C. J. (2021, February). Arduino based Low-Cost Greenhouse Monitoring System for Small Scale Farmers. **In 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks** *(ICICV)* (pp. 1120-1127). IEEE.

[2] Changqing, C., Hui, L., & Wenjun, H. (2018, November). Internet of agriculture-based low cost smart greenhouse remote monitor system. **In 2018 chinese automation congress (CAC)** (pp. 3940-3945). IEEE.

[3] Zhou, L., Qiu, Z., & He, Y. (2020). Application of Wechat Mini-program and WI-FI SoC in AGRICULTURAL IoT: A LOW-COST greenhouse monitoring system. **Transactions of the ASABE**, *63*(2), 325-337.

[4] Li, H., Guo, Y., Zhao, H., Wang, Y., & Chow, D. (2021). Towards automated greenhouse: A state of the art review on greenhouse monitoring methods and technologies based on internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, *191*, 106558.

[5]Saokaew, A., Chieochan, O., & Boonchieng, E. (2018, August). A smart photovoltaic system with Internet of Thing: A case study of the smart agricultural greenhouse. **In 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)** (pp. 225-230). IEEE.

[6] Huang, K., Shu, L., Li, K., Yang, F., Han, G., Wang, X., & Pearson, S. (2020). Photovoltaic agricultural internet of things towards realizing the next generation of smart farming. **IEEE Access**, *8*, 76300-76312.

[7] Shamshiri, R. R., Hameed, I. A., Thorp, K. R., Balasundram, S. K., Shafian, S., Fatemieh, M., ... & Samiei, S. (2021). Greenhouse automation using wireless sensors and IoT instruments integrated with artificial intelligence. **Next-generation greenhouses for food security**.

[8] Liu, Y., & Wang, M. (2019). Wireless greenhouse environment monitoring system based on LoRa network. **Journal of Food Science & Technology**, *4*(8), 889-902.

[9] Maraveas, C., Piromalis, D., Arvanitis, K. G., Bartzanas, T., & Loukatos, D. (2022). Applications of IoT for optimized greenhouse environment and resources management. **Computers and Electronics in Agriculture,** *198*, 106993.

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบพลังงานทดแทนเพื่อควบคุมโรงเลี้ยงไก่ไข่ขนาดเล็กชนิดสมดุลอุณหภูมิในระบบควบคุมแบบย้อนกลับและไม่สมดุลอุณหภูมิ

A study and comparison of alternative energy systems for feedback loop control between temperature balance and temperature imbalance

สุขใจ พรมประสานสุข[1*], ปริญญา มากสืบมี, พีรัชชัย กระจ่างสด, สุริพงษ์ ไทยเจริญ และ อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ[2]

[1] ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี

[2] ภาควิชาเครื่องกล คณะคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

* Email : psookjai@ptu.ac.th

บทคัดย่อ

เกษตรกรรมในปัจจุบันได้มีการปรับเปลี่ยนจากในอดีต เนื่องจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีมีความรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว การเลี้ยงสัตว์หรือการปลูกพืชในพื้นที่จำกัด ซึ่งหมายความถึงการทำเกษตรกรรมในระดับครัวเรือน หรือมีพื้นที่ขนาดเล็ก ที่สามารถวางอุปกรณ์โรงเรือนขนาดเล็กที่ทางผู้วิจัยได้ศึกษาขนาดพื้นที่ 0.64 ตารางเมตร ความสูง 1 เมตร อย่างไรก็ตาม โรงเรือนขนาดเล็กที่ทางผู้วิจัยได้สร้างยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งชุดสอบใช้กระแสไฟ 4.63 แอมแปร์ต่อวัน รวมใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 70.40 ยูนิตต่อเดือน ซึ่งหากในระหว่างเดือนนั้น หากเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมจะส่งผลต่อการทดสอบ ดังนั้นจึงได้มีแนวทางในการหาพลังงานสำรองหรือพลังงานทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบโดยใช้แผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 550 วัตต์ 48โวลต์, โซล่าชาร์ทเจอร์ รองรับกระแสไม่เกิน 60 แอมป์, อินเวอร์เตอร์ 24 โวลต์ 1500 วัตต์, แบตเตอรี่จำนวน 2 ลูก 12 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง ต่ออนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟ 24 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง โดยติดตั้งเป็นแบบผสมโดยใช้สวิทช์สลับแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติ สำหรับการทดสอบนี้ พบว่า ในช่วงเวลากลางวันสามารถใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์และพลังงานส่วนที่เหลือยังไปเก็บไว้ที่แหล่งสำรองไฟในช่วงเวลากลางคืน จากการคำนวณหากต้องการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้ครอบคลุมการทำงานต้องเพิ่มแบตเตอรี่จากเดิม 2 ลูกเป็น 4 ลูก โดยต่อแบบขนาน เพื่อให้ได้แรงดัน 24 โวลต์ 200 แอมป์-ชั่วโมง และความคุ้มทุนจากการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและราคาที่ได้จากไข่หน้าฟาร์ม สำหรับช่วงเวลาการทดสอบ 8 เดือน พบว่า การควบคุมอุณหภูมิชนิดสมดุลอุณหภูมิ (ภายในห้องทดสอบ) และการควบคุมอุณหภูมิชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ (ภายใต้สภาวะแวดล้อม) ได้มูลค่าไข่ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(ไข่เบอร์ 3) คือ 4,963.20 และ 3,164.04 บาท สำหรับไก่ 4 ตัว ตามลำดับ และจากการคำนวณจุดคุ้มทุนสามารถทำโดยการเพิ่มปริมาณไก่ไข่ จากเดิม 1 ตัว เป็น 8 ตัว จะทำให้ได้ทุนคืนภายในระยะเวลา 8 เดือน โดยงานวิจัยนี้ไม่ได้มีเจตนาในการทรมานสัตว์แต่อย่างใด

คำสำคัญ: การควบคุมแบบย้อนกลับ, สมดุลอุณหภูมิ, ไม่สมดุลอุณหภูมิ, ไอโอที, พลังงานทดแทน

บทนำ

ฟาร์มแหลมทอง จ.อ่างทอง เป็นฟาร์มไข่ไก่ บนเนื้อที่กว่า 80 ไร่ ต้องการพัฒนาโรงเลี้ยงไก่ไข่ต้นแบบขนาดเล็ก เพื่อการพัฒนาการเลี้ยงไก่ไข่ และเพิ่มประสิทธิภาพ โดยรูปแบบการเลี้ยงแบบควบคุมแบบย้อนกลับ นอกจากเพิ่มผลผลิตและสะดวกสบายต่อการจัดการ อุณหภูมิ และความชื้น ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่ไข่ อัตราการผลิตไข่น้ำหนักไข่ และความหนาของเปลือกไข่ [1] โดยระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียส และที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 80 เพื่อตอบสนองความต้องการในการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยนั้นได้เพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี โดยสำนักวิจัย

เศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร มีการวิจัยในปี 2558 พบว่ามีการบริโภคไข่ไก่ถึง 13,534.98 ล้านฟอง ซึ่งเปรียบเทียบกับปี 2557 ได้มีการบริโภคไข่ไก่เพียง 11,376.83 ล้านฟอง ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูล ทำให้เห็นได้ชัดว่าอัตราการบริโภคไข่ไก่นั้นเพิ่มขึ้น [2] ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาและสร้างโรงเรือนต้นแบบขนาดเล็กสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ โดยนำองค์ความรู้ทางวิศวกรรมในการวิเคราะห์ประสิทธภาพของโรงเรือนต้นแบบขนาดเล็ก [3] ซึ่งจะกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดที่เหมาะสม รวมไปถึงระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อให้ลดขั้นตอนการทำงาน ลดค่าใช้จ่าย เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ดีขึ้นต่อไป และสร้างแนวทางในการหาพลังงานสำรองหรือพลังงานทดแทนเพื่อเป็นทางเลือก สำหรับการทดสอบใช้แผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 550 วัตต์ 48โวลต์, โซล่าชาร์ทเจอร์ รองรับกระแสไม่เกิน 60 แอมป์, อินเวอร์เตอร์ 24 โวลต์ 1500 วัตต์, แบตเตอรี่จำนวน 2 ลูก 12 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง ต่ออนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟ 24 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง โดยติดตั้งเป็นแบบผสมโดยใช้สวิทซ์สลับแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติ สำหรับการทดสอบนี้ โดยเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและราคาที่ได้จากไข่หน้าฟาร์ม เพื่อหาผลการควบคุมอุณหภูมิชนิดสมดุลอุณหภูมิ (ภายในห้องทดสอบ) และการควบคุมอุณหภูมิชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ (ภายใต้สภาวะแวดล้อม)

วิธีการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการให้ไข่ของไก่ มีหลายประการเช่น อุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งไก่เป็นสัตว์ที่ไม่มีต่อมเหงื่อโดยหายใจเอาอากาศเข้าไปในปอด เข้าถุงลม ส่วนน้ำที่ไก่กินเข้าไปบางส่วนจะระเหยรวมออกมากับอากาศที่ไก่หายใจออก ถ้าอุณหภูมิสูงร่างกายจำเป็นต้องระบายความร้อนออกจากร่างกาย แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำร่างกายจำเป็นต้องสร้างความร้อนเพื่อชดเชย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกระทันหัน ไม่ว่าสูงหรือต่ำ จะมีผลกระทบต่อการไข่ของไก่รุนแรงกว่าการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป เพราะไก่สามารถปรับตัวได้ อีกทั้งเรื่องของแสงสว่าง มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มเมื่อไก่มีอายุ 6 ถึง 22 สัปดาห์ โดยค่อย ๆ เพิ่มแสงให้สัปดาห์ละ ½ ถึง 1 ชั่วโมง จนครบ 4 ชั่วโมง รวมแสงธรรมชาติอีก 12 ชั่วโมงต่อวัน รวมเป็น 16 ชั่วโมง จึงจะเพียงพอต่อความต้องการ เพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตสูง หรืออายุการให้ไข่นานและจะใช้แสงเช่นนี้ไปจนกว่าไก่จะหมดไข่ หรือปลดจำหน่าย ในการปลดไก่ ผู้เลี้ยงไก่ไข่เพื่อการค้าจะเปิดแสงสว่างตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้ไก่กินอาหารได้เต็มที่เป็นการเพิ่มน้ำหนักตัวก่อนการส่งตลาดนานประมาณ 7 ถึง 10 วัน โดยความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 50 ถึง 80 และควรมีอากาศไหลผ่านอย่างเหมาะสม

การให้อาหารไก่ไข่ ที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพการผลิต โดยอายุการไข่ของไก่ไข่ ไก่ไจ่จะเริ่มให้ไข่เมื่อประมาณ 21 ถึง 22 สัปดาห์ และมีแนวโน้มว่าอายุการให้ไข่จะให้ไข่ที่อายุน้อยลง อนาคตคาดว่าไก่ไข่จะเริ่มให้ไข่ที่อายุ 19 ถึง 20 สัปดาห์ และไก่ไข่จะให้ไข่สูงสุดหลังจากอายุการไข่ประมาณ 8 ถึง12 สัปดาห์ ซึ่งระยะการให้ไข่สูงสุด (Peak Production) จะยาวนานประมาณ 10 ถึง 20 วัน

การคำนวณ - ออกแบบ ระบบระบายอากาศ อัตราการระบายอากาศ (Air Flow Rate) โดยคิดจากน้ำหนักของสัตว์และจำนวนสัตว์ ที่เลี้ยงในโรงเรือน ดังนี้

$$CMH = N \times Wavg \times AFR \quad (1)$$

เมื่อ CMH คือ ปริมาณลมเฉลี่ยสูงสุด (ลบ.ม. ต่อ ชม.)

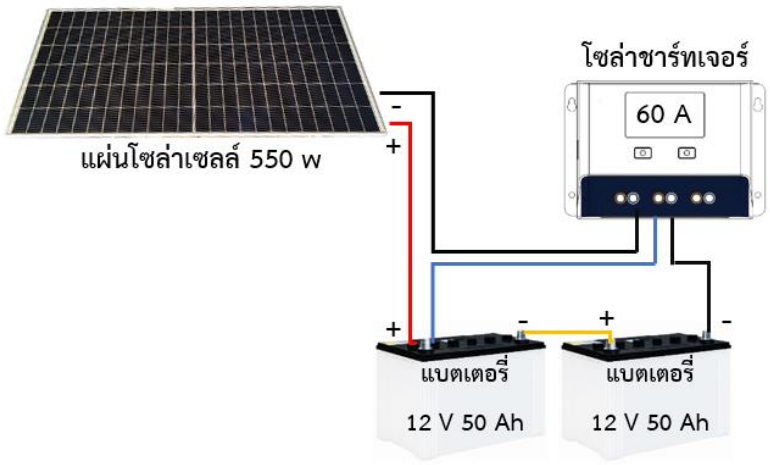
N คือ จำนวนสัตว์ (ตัว)

W_{avg} คือ น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)

AFR คือ อัตราการระบายอากาศ

จากนั้นทำการออกแบบระบบการสำรองพลังงานไฟฟ้า โดยใช้แผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 550 วัตต์ 48 โวลต์ เข้าเครื่องโซล่าชาร์ทเจอร์ ขนาด 60 แอมป์ โดยทำการต่อขั้วบวก (สายสีแดง) เข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ซึ่งแหล่งเก็บพลังงานจาก

แบตเตอรี่จะใช้แรงดันไฟ 24 โวลต์ 50 แอมป์ชั่วโมง ได้จากการต่ออนุกรมแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 50 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 2 ลูก ดังรูปที่ 1

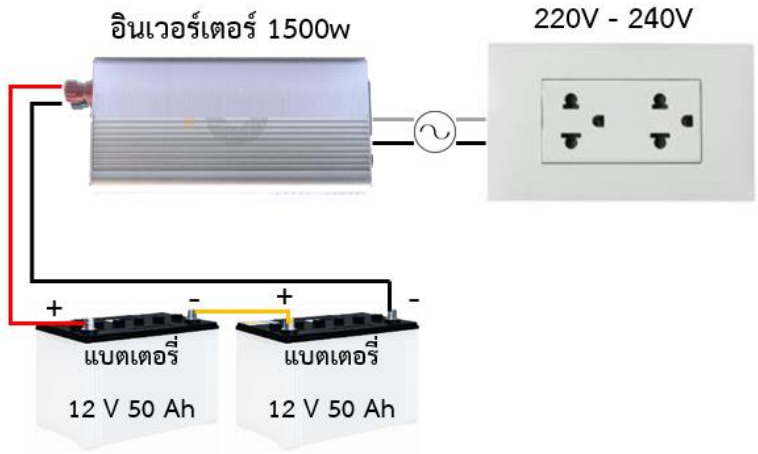


รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบการเก็บไฟจากแผงโซล่าเซลล์

จากรูปที่ 1 แสดงการทำงานของระบบการเก็บไฟจากแผงโซล่าเซลล์ซึ่งพลังงานที่จะดึงใช้จากแบตเตอรี่จะใช้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสที่ให้ต่อชั่วโมงดังสมการที่ 2

ค่ากระแสที่ใช้จากแบตเตอรี่จริง (Ah) = 0.2 x จำนวนแอมป์ชั่วโมง (Ah) (2)

จากสมการที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วร้อยละ 20 พบว่า ในความเป็นจริงจะสามารถใช้ค่าพลังงานจากแบต 2 ก้อนได้เพียง 10 แอมป์ชั่วโมง

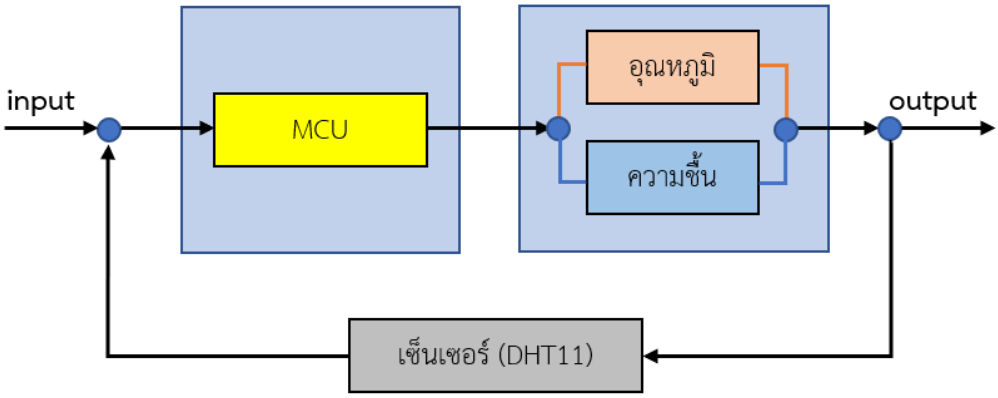


รูปที่ 2 แผนผังการทำงานจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

จากรูปที่ 2 แสดงผังการทำงานของการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยอินเวอร์เตอร์ขนาด 1500 วัตต์

ระบบควบคุมแบบย้อนกลับ มีการตรวจค่าความผิดพลาดของระบบทำให้ได้ค่าฝั่งขาออกมีเสถียรภาพสูง ดังนั้น Controller (ตัวควบคุม) ทำหน้าที่รับสัญญาณขาเข้า (input) คำนวณหาค่าความผิดพลาดและทำการป้อนสัญญาณ เพื่อทำให้ค่าทางขาออก (output) ใกล้เคียงกับค่าสัญญาณอ้างอิง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นตัวควบคุมให้ output เข้าใกล้ input

มากที่สุด โดยป้อนสัญญาณผ่านตัวขับของระบบ (actuator) โดยระบบหลักที่ต้องการควบคุมสภาวะและองค์ประกอบให้เปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณอ้างอิงจากระบบควบคุม และเซ็นเซอร์ตรวจวัดสัญญาณป้อนกลับจาก output ของกระบวนการเพื่อ ส่งไปเปรียบเทียบกับสัญญาณ input ของระบบ



รูปที่ 3 แผนผังการควบคุมแบบย้อนกลับของอุณหภูมิและความชื้น

จากรูปที่ 3 ระบบควบคุมแบบย้อนกลับ คือระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับสัญญาณขาออก จากการตรวจวัดของเซ็นเซอร์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณทางขาเข้า (สัญญาณอ้างอิง) เพื่อการควบคุมสัญญาณขาออก เข้าใกล้ค่าสัญญาณอ้างอิง เป็นระบบควบคุมที่มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบควบคุมแบบเปิด

การสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิ

1. ติดตั้งหลอดไฟเซรามิกส์ขนาด 60 วัตต์ในการทำความร้อนภายในห้องทดสอบ
2. กำหนดค่าอุณหภูมิทดสอบ 3 ค่า คือ 30 32 และ 35 องศาเซลเซียส
3. ทำการทดสอบโดยเปิดอุปกรณ์ทำความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนทดสอบ
4. บันทึกผล

การทดสอบอุณหภูมิชนิดสมดุลอุณหภูมิ

1. หลังจาการสอบเทียบอุปกรณ์ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดสอบ
2. เปิดระบบทำการทดสอบเป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ช่วงเวลา 00.00-23.59
3. บันทึกผล

การทดสอบอุณหภูมิชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ

1. หลังจาการสอบเทียบอุปกรณ์ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดสอบ
2. เปิดระบบทำการทดสอบเป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ช่วงเวลา 00.00-23.59
3. บันทึกผล

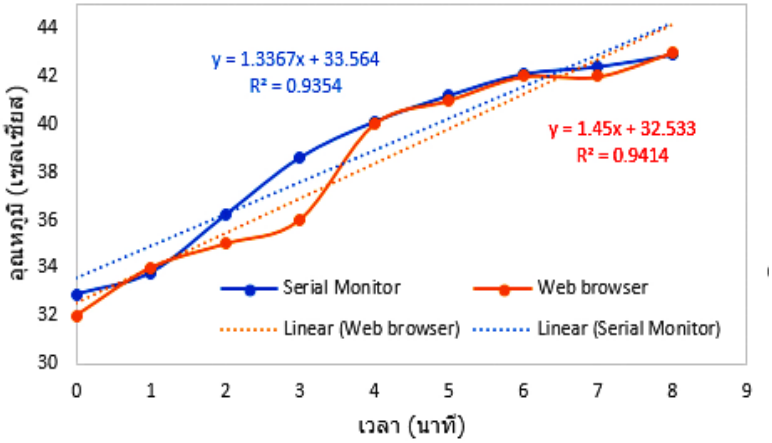
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ขั้นตอนนี้จะแสดงผลการทดสอบทีได้ระบุไว้ตามหัวข้อที่ 4 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทั้งจากการแสดงผลผ่านเทอร์โมมิเตอร์ และ IOT โดยผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้ตามช่วงเวลา 0 ถึง 8 นาที ผ่านเทอร์โมมิเตอร์ และ IOT

เวลา (นาที)	ผลจากเทอร์โมมิเตอร์	ผลจาก IOT
0	32.9	32
1	33.8	34
2	36.2	35
3	38.6	36
4	40.1	40
5	41.2	41
6	42.1	42
7	42.4	42
8	42.9	43

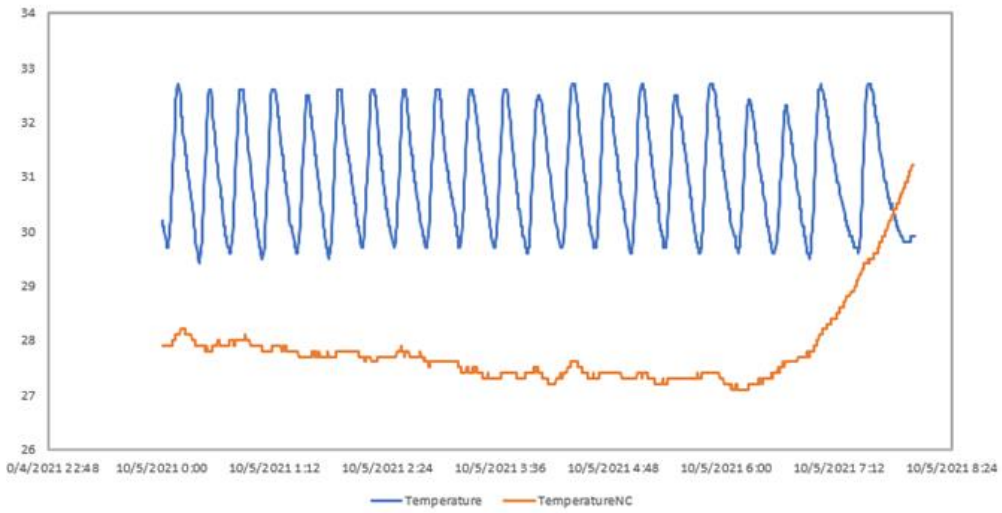
จากนั้นทำการแสดงผลด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้สำหรับการสอบเทียบอุณหภูมิ



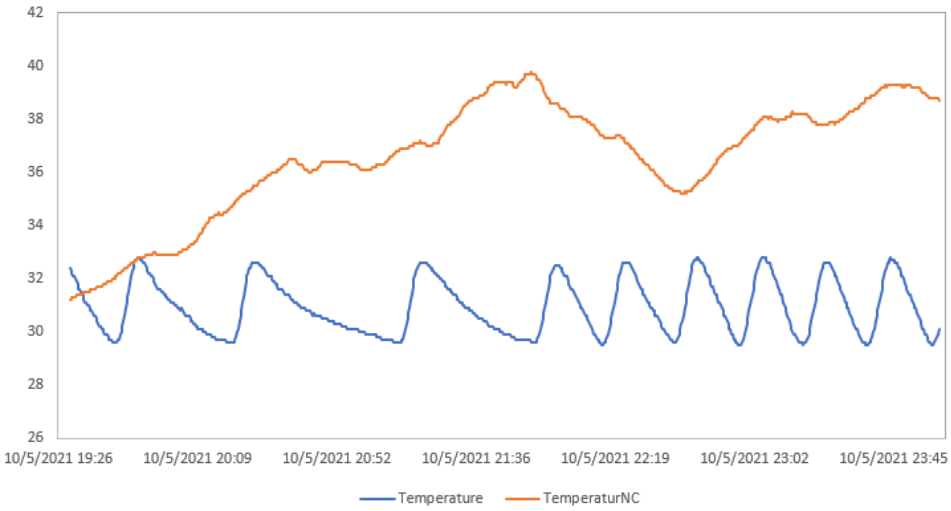
รูปที่ 4 แผนผังการควบคุมแบบย้อนกลับของอุณหภูมิและความชื้น

จากรูปที่ 4 แสดงกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างซีเรียลมอนิเตอร์และเวปไซต์ พบว่า ทั้งสองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความน่าเชื่อถือกว่าร้อยละ 90

ผลการทดสอบอุณหภูมิชนิดสมดุลอุณหภูมิ (ช่วงระหว่างวันที่ 5 ตุลาคม 2564) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ กับ ช่วงเวลา 00.00-08.00 น. พบว่า มีการทำงานของระบบควบชนิดสมดุลอุณหภูมิที่ได้ทำการกำหนดจุดต้องการ (set point) ที่ขอบล่างของอุณหภูมิคือ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิก่อนระบบอัตโนมัติจะทำงานเพื่อให้เกิดสมดุลอุณหภูมิคือ 29.5 องศาเซลเซียส หรือค่าการความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 1.67 และขอบบนของอุณหภูมิคือ 31 องศาเซลเซียส อุณหภูมิก่อนหยุดการทำงานระบบอัติโนมัติ ได้ค่าอุณหภูมิที่ 32.5 องศาเซลเซียส หรือค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 4.8 ในขณะที่ชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ อุณหภูมิขึ้นกับสภาพอากาศในวันและเวลานั้น ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้ต่ำสุดที่ 27 องศาเซลเซียส และเริ่มสูงขึ้นจนถึง 31 องศาเซลเซียส ค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ 8 แสดงดังรูปที่ 5

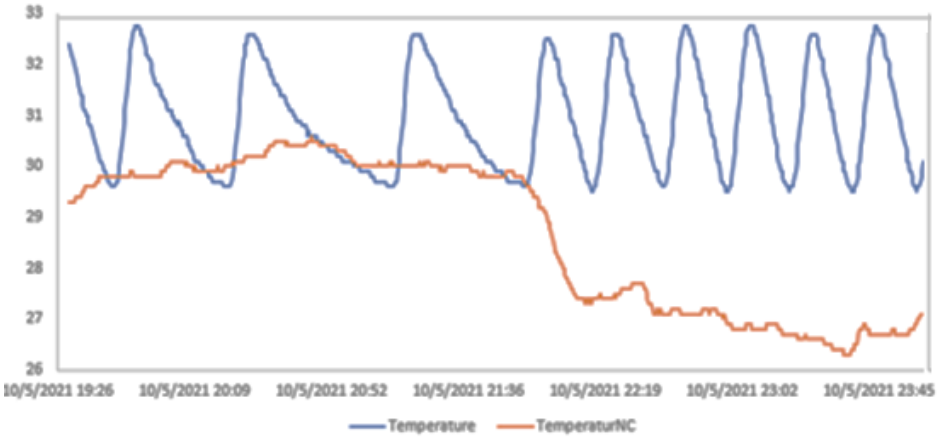


รูปที่ 5 กราฟอุณหภูมิช่วงเวลา ช่วงเวลา 00.00-08.00 น.



รูปที่ 6 กราฟอุณหภูมิช่วงเวลา ช่วงเวลา 08.00-19.30 น.

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิที่วัดได้ กับ ช่วงเวลา 08.00-19.30 น. พบว่า มีการแปรผันของช่วงอุณหภูมิชนิดสมดุลอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยอ้างอิงจากอุณหภูมิของอากาศภายนอก การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิที่ได้ทำการกำหนดจุดต้องการ (set point) เมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 31 องศาเซลเซียส ระบบม่านน้ำจะเริ่มทำงานเพื่อลดอุณหภูมิในห้องทดสอบ ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.5 องศาก่อนปรับตัวลง ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 8.1 เพื่อให้อุณหภูมิลดลงอยู่ในค่า set point ที่ต้องการ ในขณะที่ชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ อุณหภูมิขึ้นกับสภาพอากาศในวันและเวลานั้น ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้ต่ำสุดที่ 31 องศาเซลเซียส และเริ่มสูงขึ้นจนถึง 40 องศาเซลเซียส ค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ 58



รูปที่ 7 กราฟอุณหภูมิช่วงเวลา ช่วงเวลา 19.30-23.59 น.

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิที่วัดได้ กับ ช่วงเวลา 19.30-23.59 น. พบว่า มีการทำงานของระบบควบคุมชนิดสมดุลอุณหภูมิที่ได้ทำการกำหนดจุดต้องการ (set point) ที่ขอบล่างของอุณหภูมิคือ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิก่อนระบบอัตโนมัติจะทำงานเพื่อให้เกิดสมดุลอุณหภูมิคือ 29.5 องศาเซลเซียส หรือค่าการความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 1.67 และขอบบนของอุณหภูมิคือ 31 องศาเซลเซียส อุณหภูมิก่อนหยุดการทำงานระบบอัติโนมัติ ได้ค่าอุณหภูมิที่ 32.5 องศาเซลเซียส หรือค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 4.8 ในขณะที่ชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ อุณหภูมิขึ้นกับสภาพอากาศในวันและเวลานั้น ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้ต่ำสุดที่ 26.3 องศาเซลเซียส และเริ่มสูงขึ้นจนถึง 30.5 องศาเซลเซียส มีค่าความน่าเชื่อถือร้อยละ 77

ผลการคำนวณค่าพลังงาน ค่าใช้จ่าย และจุดคุ้มทุน ในการดำเนินงาน โดยผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณพลังงานทางไฟฟ้าสำหรับห้องทดสอบแบบควบคุม ต่อ 1 เดือน

กรงไก่ไข่แบบควบคุมย้อนกลับ					
ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า (I)	จำนวนชั่วโมงที่ใช้	แรงดันไฟฟ้า	Unit
1	ชุดเซนเซอร์ในการตรวจวัด	0.2227	24	220	35.2718
2	พัดลมดูดอากาศกรงไก่	0.159	2	220	2.0985
3	ปั๊มน้ำ Cooling Pads	1.136	2	220	14.9935
4	เครื่องให้อาหารไก่อัตโนมัติ	1.75	0.003	220	0.03464
5	ชุดทำความร้อนในกรงไก่	1.3636	2	220	17.9975
				รวม	70.3959

จากตาราง 2 ผลการคำนวณพลังงานทางไฟฟ้าสำหรับห้องทดสอบแบบควบคุม ต่อ 1 เดือน ค่าใช้จ่ายประมาณ 281.5838 บาท ต่อเดือน ในขณะที่การให้อาหารในห้องควบคุม ใช้ปริมาณอาหารต่อเดือนประมาณ 480 กรัมต่อวันต่อไก่ 4 ตัวภายในห้องควบคุม แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุน ต่อ 1 ชุดทดสอบแบบควบคุม

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคา	หน่วย
1	อาหารเบทาโกร 43.2 กิโลกรัม	15 บาท	648	บาท
2	ไก่ อายุ 20-24 สัปดาห์	4	220	บาท
3	อุปกรณ์ชุดทดสอบและอุปกรณ์ควบคุม	1	6,000	บาท
4	ค่าไฟ ตลอดอายุไก่ที่ให้ไข่ได้ขั้นต่ำ (8 เดือน)	8	2,256	บาท
		รวม	9,124	บาท

ตารางที่ 4 ราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุน ต่อ 1 ชุดทดสอบชนิดไม่ควบคุม

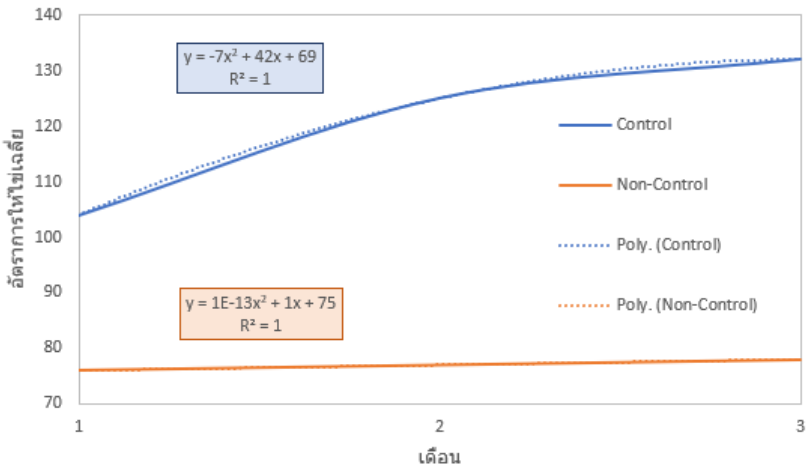
ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคา	หน่วย
1	อาหารเบทาโกร 43.2 กิโลกรัม	15 บาท	648	บาท
2	ไก่ อายุ 20-24 สัปดาห์	4	220	บาท
		รวม	868	บาท

จากตาราง 3 และ 4 แสดงราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุนชนิดควบคุมและไม่ควบคุม พบว่า ตลอดช่วงระยะเวลา 8 เดือน ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 9,576 บาท และ 868 บาท ตามลำดับ ดังนั้นหากลงทุนเพื่อให้ได้ผลตอบแทนคุ้มค่าต้องมีการคิดคำนวณจากราคาไข่ไก่ในตลาด [6] แสดงราคาดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ราคาไข่ไก่ ณ วันที่ 9 ธันวาคม 2564 [6]

ประเภท	ราคา(บาท)/ใบ (หน้าฟาร์ม)	ราคาไข่อินทรีย์/ใบ
ไข่ไก่ เบอร์ 0	4.00	6.00
ไข่ไก่ เบอร์ 1	3.67	5.57
ไข่ไก่ เบอร์ 2	3.33	5.33
ไข่ไก่ เบอร์ 3	3.17	5.17
ไข่ไก่ เบอร์ 4	2.83	4.83
ไข่ไก่ เบอร์อื่นๆ	2.00 - 2.50	3.00-3.50

จากตารางที่ 5 แสดงราคาไข่ไก่ ณ วันที่ 9 ธันวาคม 2564 พบว่า ไข่ไก่ เบอร์ 0, 1, 2, 3, 4 และเบอร์อื่นๆ คือ 4.00, 3.67, 3.33, 3.17, 2.83 และ 2.00 ถึง 2.50 บาท ตามลำดับ ซึ่งราคาอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม ถ้าเป็นไข่อิทรีย์ ราคารับหน้าฟาร์มมูลค่าเพิ่มต่อใบเพิ่มขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 บาท อย่างไรก็ตาม ราคาไข่ไก่มีแนวโน้มสูงขึ้น และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคตลอดทั้งปี



รูปที่ 8 แสดงอัตราการให้ไข่เฉลี่ยในช่วง 3 เดือน

จากรูปที่ 8 แสดงการให้ไข่เฉลี่ยในช่วง 3 เดือน พบว่า มีแนวโน้มในการให้ปริมาณที่สูงขึ้นตามลำดับ ในช่วง 6 ถึง 7 เดือนแรกเป็นช่วงที่ให้ปริมาณไข่สูงสุด ก่อนที่จะเข้าสู่เดือนที่ 8 ปริมาณไข่ที่ได้จะลดลงตามลำดับ โดยมีค่าความน่าเชื่ออยู่ที่ร้อยละ 100

ดังนั้นหากประเมินราคาของไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงในห้องควบคุมแบบย้อนกลับต่อปีจะให้ไข่ไก่ต่อ 1 ตัว ในระหว่าง 8 เดือน ประมาณ 240 ใบ ในขณะที่ไก่ไข่ที่เลี้ยงตามสภาพแวดล้อม ประมาณ 153 ใบ ดังนั้นจะแสดงผลดังตาราง

ตารางที่ 6 คำนวนราคาโดยประมาณการทำนายจากสัดส่วนแนวโน้มของกราฟ

ประเภท	ห้องควบคุม		สภาวะแวดล้อม	
	ราคา(บาท) /240 ใบ/ตัว	ราคาไข่อินทรีย์ /240 ใบ/ตัว	ราคา(บาท) /153 ใบ/ตัว	ราคาไข่อินทรีย์ /153 ใบ/ตัว
ไข่ไก่ เบอร์ 0	960.00	1440.00	612.00	918.00
ไข่ไก่ เบอร์ 1	880.80	1336.80	561.51	852.21
ไข่ไก่ เบอร์ 2	799.20	1279.20	509.49	815.49
ไข่ไก่ เบอร์ 3	760.80	1240.80	485.01	791.01
ไข่ไก่ เบอร์ 4	679.20	1159.20	432.99	738.99
ไข่ไก่ เบอร์อื่นๆ	480-600	720-840	306-383	459-536

จากตารางที่ 6 คำนวนราคาโดยประมาณการทำนายจากสัดส่วนแนวโน้มของกราฟ พบว่า กรณีศึกษาไข่ที่ได้ตั้งสมมติฐานว่าถ้าเป็นไข่ เบอร์ 3 ประเภทไข่อินทรีย์ในช่วง 8 เดือน จะได้รายได้จากราคาหน้าฟาร์มสำหรับห้องควบคุมและสภาวะแวดล้อมคือประมาณ 1,240.80 และ 791.01 บาท ต่อ 1 ตัว ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการสอบเทียบผลของข้อมูลเชิงตัวเลข ด้วยวิธีการสอบเทียบและเปรียบเทียบค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์ และ IOT พบว่า ค่าได้มีค่าความน่าเชื่อถือกว่าร้อยละ 90 และระบบชนิดสมดุลอุณหภูมิกับ ไม่สมดุลอุณหภูมิ พบว่า ระบบที่ถูกควบคุมมีค่าความน่าเชื่อถือที่กว่าร้อยละ 90 ในทั้ง 3 ช่วงเวลาทดสอบ ในขณะที่ชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ ค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ

8, 58 และ 77 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ระบบควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้สูงสุด ซึ่งยังคงมีปัจจัยอย่างอื่นด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดในการพัฒนาสร้างระบบสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่และศึกษาและเปรียบเทียบการสมดุลอุณหภูมิและไม่สมดุลอุณหภูมิ สำหรับการเลี้ยงไก่ไข่บนอาคารสูงด้วยวิธีการทาง IOT เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการสมดุลอุณหภูมิและไม่สมดุลอุณหภูมิ พบว่า เมื่อทำการตั้งอุณหภูมิไว้ช่วงระหว่าง 30-31 องศาเซลเซียส หลังการทดสอบในวันที่ 5 ตุลาคม 2564 ช่วงเวลา 00.00 -23.59 น. พบว่า ชนิดสมดุลอุณหภูมิสามารถทำช่วงอุณหภูมิได้ช่วงระหว่าง 29.5-32.75 องศาเซลเซียส และจากภายนอกชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ ทำช่วงอุณหภูมิได้ช่วงระหว่าง 27-42.5 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าประสิทธิผลการควบคุมด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิสมดุลอุณหภูมิและไม่สมดุลอุณหภูมิ ด้วยวิธีการทางไอโอที ได้ประสิทธิผลที่ดี สำหรับระบบพลังงานทดแทนเพื่อควบคุมโรงเลี้ยงไก่ไข่ขนาดเล็กชนิดสมดุลอุณหภูมิในระบบควบคุมแบบย้อนกลับและไม่สมดุลอุณหภูมิ การทดสอบใช้แผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 550 วัตต์ 48 โวลต์, โซล่าชาร์ทเจอร์ รองรับกระแสไม่เกิน 60 แอมป์, อินเวอร์เตอร์ 24 โวลต์ 1500 วัตต์, แบตเตอรี่จำนวน 2 ลูก 12 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง ต่ออนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟ 24 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง โดยติดตั้งเป็นแบบผสมโดยใช้สวิทช์สลับแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติ ซึ่งพบว่าการหาจุดคุ้มทุนในช่วง 8 เดือนคือการเพิ่มปริมาณไก่ไข่ จากเดิม 1 ตัว เป็น 8 ตัว จะทำให้ได้ทุนคืนภายในระยะเวลา 8 เดือน ภายใต้ห้องควบคุมเดียวกัน ขณะที่เลี้ยงตามสภาวะแวดล้อม กรณีไม่คิดผลกระทบจากภายนอกใดๆ จะสามารถคืนทุนภายใน 1 ถึง 2 เดือนแรก อย่างไรก็ตามหากคำนึงถึงผลกระทบจากภายนอกอาทิเช่น อากาศร้อนสูงหรือต่ำเกินไป, โรคติดต่อ, พฤติกรรมการให้อาหารหากไม่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของการควบคุมการให้อาหาร, การล่าของสัตว์ในห่วงโซ่อาหาร และอื่น ๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อ น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ที่ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำองค์ความรู้ทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในทางเกษตรกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุด และไม่ได้มีเจตนาในการทารุณกรรมสัตว์แต่ประการใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่และขอขอบคุณ คุณสิริวรรณ พงษ์สถิตย์ ผู้ประกอบการฟาร์มแหลมทองที่ได้ให้ข้อมูลที่ดีและมีประโยชน์มาโดยตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย. (2563). **ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร**, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

[2] ปฐม เลาหะเกษตร. (2540). **คู่มือการเลี้ยงไก่ไข่ให้ได้กำไร**, ตีพิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์ลินคอร์น, กรุงเทพฯ.

[3] ปวรุตม์ ขุนรักษ์. (2560). **การจัดการโรงเรือนระบบปิดที่เหมาะสมเพื่อสมรรถนะการผลิตไข่ไก่**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วันที่ 22 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

[4] ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์, วรพจน์ พันธุ์คง, อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ, จิรายุ ยอดปัญญา และ สุขใจ พรมประสานสุข*. (2564). **การศึกษาและเพิ่มประสิทธิผลโรงเรือนขนาดเล็กด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิแลความชื้นในระบบปิดผ่านไอโอที,** การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 16 ประจำปี 2564.

[5] สมพร โมฆรัตน, ปติ พรมประสานสุข, ปุณยวีร ปฐมโฆษิตเสถียร, สุขใจ พรมประสานสุข* และ วิกร ธนรัตฉัตร. (2563) **การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตวขนาดเล็กดวยระบบเกียรเฟองทายรถยนตควบคุมความเร็วรอบแบบปอนกลับ,** การประชุมวิชาการเครือขายวิศวกรรมเครื่องกลแหงประเทศไทย ครั้งที่ 34, วันที่ 15 - 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563, จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

[6] ฟาร์มแหลมทอง, จังหวัดอ่างทอง. **ราคาไข่ไก่ ณ วันที่ 9 ธันวาคม 2564**

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดผ่านเครือข่ายสัญญาณ LoRa

Environmentally Closed Control Systems for Broiler Houses with using LoRa Networks

นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์[1] พันธ์ลพ สินธุยา[2] วันวิเศษ อภิชาติ[1] หทัยทิพย์ สินธุยา[1]
วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1] นิราภรณ์ ชัยวัง[2] และ นครินทร์ พริบไหว[2*]

[1] วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180
Email : nakarinpripwai@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ IoT ราคาถูกสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่ชุมชนขนาดเล็กเพื่อลดต้นทุนการผลิต และ การใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การพัฒนาระบบตรวจวัดสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อ และการพัฒนาระบบการสื่อสารไร้สายระยะไกลแบบ LoRa เพื่อทำให้อุปกรณ์ที่อยู่ในระยะทำการติดต่อสื่อสารกับระบบคลาวด์ ระบบดังกล่าวจะนำข้อมูลมาบริหารจัดการผ่านโปรแกรมอัตโนมัติ สามารถบันทึกผลข้อมูลย้อนหลังเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้วนำข้อมูลดังกล่าวกลับมาปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาประยุกต์ใช้งานยังสามารถช่วยให้ชุมชนเพิ่มผลการผลิต ลดการตายของไก่ สามารถลดการใช้พลังงานภายในโรงเรือน ลดต้นทุนด้านการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุม และลดการใช้พลังงานในโรงเรือนเลี้ยงไก่

คำสำคัญ: โรงเรือนเลี้ยงไก่อัจฉริยะ LoRa ระบบการสื่อสารไร้สาย

บทนำ

เนื่องด้วยสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของโลกปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทย ความร้อนที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อภาคปศุสัตว์ โดยเฉพาะในโรงเรือนแบบปิด จากตัวเลขของสำนักงานเศษฐกิจการเกษตรพบว่ามีความต้องการการบริโภคเนื้อสัตว์ของคนไทยมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นทุกปี ไทยยังเป็นผู้นำทางด้านการผลิตเนื้อไก่ และผลิตภัณฑ์อันดับ 8 ของโลก เป็นรองเพียงสหรัฐอเมริกา จีน บราซิล สหภาพยุโรป โดยในปี 2563 ไทยผลิตเนื้อไก่ และผลิตภัณฑ์ปริมาณ 2,503,961 ตัน เพิ่มขึ้น 6.32% จากปริมาณ 2,347,491 ตัน [1] การเลี้ยงไก่เนื้อจึงเริ่มได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น แต่ด้วยปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำปศุสัตว์ในประเทศไทยมีปัจจัยที่ทำให้การเลี้ยงไก่ยังเป็นเรื่องยุ่งยาก จากปัญหาสภาพภูมิอากาศที่ร้อนชื้นมีผลโดยตรงต่อการกินอาหารของไก่ทำให้มีน้ำหนักตัวที่ลดลง ดังนั้นปัจจุบันได้จึงมีการนำนำเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้เป็นโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นได้ตามที่ต้องการ โดยหากสามารถควบคุมอุณหภูมิให้ใกล้เคียง 27 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 80 จะช่วยให้เกิดการเจริญอาหารของไก่เพิ่มมากขึ้น และยังมีสุขภาพดีขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอนำเทคโนโลยี LoRa เข้ามาใช้งาน เพื่อลดต้นทุนด้านการส่งสัญญาณ ทำให้ระบบโดยรวมสามารถควบคุมโรงเรือนเลี้ยงไก่ และนำข้อมูลที่เกิดขึ้นมาบริหารจัดการแบบออนไลน์ได้อย่าง Real-Time ส่งผลให้เกิดการจัดการอย่างเป็นระบบ สามารถลดการตายของไก่ ลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเพิ่มรายได้ในกับเกษตรผู้เลี้ยงสัตว์

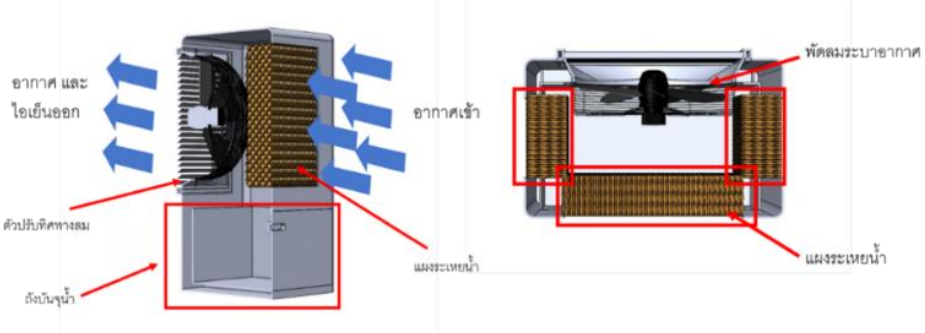
รหัสบทความ C09- 202208160006

วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบออนไลน์ผ่านสัญญาณ LoRa โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเข้ามาอ่านระบบเซ็นเซอร์ผ่านการสื่อสารแบบ RS485 แล้วนำข้อมูลนั้นมาคำนวณ และบริหารจัดการผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้ส่งไปยังระบบรับสัญญาณกลาง ระบบรับสัญญาณขนาดเล็กจะส่งต่อข้อมูลไปยังระบบคลาวด์เพื่อนำข้อมูลไปบริหารจัดการต่อไป โดยระบบจะทำงานร่วมกันแบบอัตโนมัติทั้งระบบควบคุมระบบสัญญาณไร้สาย ระบบคลาวด์แบบออนไลน์ และระบบแสดงผลสำหรับผู้ใช้ผ่าน Web Application ซึ่งหลักการทำงานของระบบดังกล่าวสามารถแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน โดยสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่

การประยุกต์ใช้ไอโอที และการสื่อสารข้อมูลไร้สายด้วยเครือข่ายลอราในโรงเรือนเลี้ยงไก่ จะประกอบไปด้วยการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ที่อาศัยการการตรวจวัดอุณหภูมิ และนำข้อมูลที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์ผลเพื่อใช้ในการควบคุมพัดลม และการพ่นละอองน้ำ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิโรงเรือน หลักการทำงานจะพิจารณาจากอุณหภูมิเมื่อสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส จะใช้ความเร็ววัดลมระบายอากาศที่ระดับต่ำด้วยความเร็วของพัดลม 50% เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส พัดลมทำงานที่ความเร็วมอเตอร์เต็มกำลัง ในขั้นตอนที่พัดลมดูดอากาศเข้ามาในระบบนั้น ในงานวิจัยได้พัฒนานำหลักการ Evaporative Cooling System (Evap) เข้ามาช่วยลดอุณหภูมิ โดยการดูดอากาศเย็นผ่านแผงระเหยน้ำ (Cooling Pad) และออกไปยังด้านหน้าของตัวพัดลม หลักการสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบการทำงานของพัดลม

จากภาพที่ 1 เป็นภาพจำลองการทำงานของพัดลมโดยเริ่มจากพัดลมทำงานดูดอากาศเย็นจากด้านหลังของอุปกรณ์ผ่านไปยังด้านหน้า และสามารถปรับทิศทางของลมไปซ้ายขวาแบบอัตโนมัติ หลักการไหลของอากาศเย็นจะถูกดูดเข้ามาในระบบผ่านแผงระเหยน้ำ ในขั้นตอนนี้จะมีปั๊มน้ำขนาดเล็กดูดน้ำเข้ามายังระบบเพื่อทำให้แผงระเหยน้ำมีน้ำเข้ามาเลี้ยงก่อให้เกิดการพาความร้อนจากการระเหยของน้ำหรือสามารถเรียกหลักการนี้ได้ว่า Evaporative Cooling System (Evap) หลักการนี้จะก่อให้เกิดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แล้วใช้ดูดอากาศจากภายนอก ไหลผ่านแผงระเหยที่เปียกน้ำ ทำให้ความร้อนของอากาศในโรงเรือนที่มีลักษณะเป็นความร้อนแฝง กระทำกับน้ำส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำเกิดขึ้น เมื่อพัดลมดูดอากาศร้อนไหลผ่านปะทะกับน้ำบนแผงระเหย น้ำที่เหยออกจะดึงความร้อนออกจากอากาศเข้ามาส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงทำให้รู้สึกเย็นสดชื่นเป็นธรรมชาติ พัดลมดังกล่าวจะติดตั้งไปยังโรงเรือนเป็นจำนวน 3 จุด เพื่อให้ทั่วถึงทั้งโรงเรือนโดยจุดติดตั้งจะสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 2

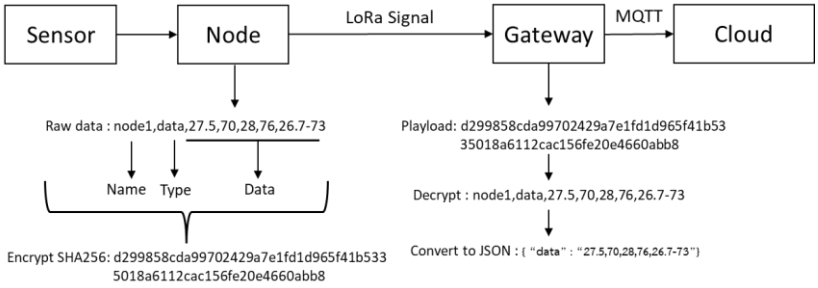


ภาพที่ 2 การติดตั้งพัดลมในโรงเรือนเลี้ยงไก่

จากภาพที่ 2 เป็นลักษณะการติดตั้งพัดลมภายในโรงเรือนเลี้ยง ที่ควบคุมพัดลมด้วยระบบ Microcontroller (MCU) ทำงานร่วมกันกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น ที่สื่อสารแบบอนุกรมผ่านสาย RS485 เซ็นเซอร์ดังกล่าวจะถูกติดตั้งภายในโรงเรือนจำนวณ 3 จุด เพื่อหาอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนเพื่อใช้ในการควบคุมพัดลม เซ็นเซอร์จะถูกต่อเข้ากับบอร์ดวงจรไฟฟ้าที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น หลักการทำงานของบอร์ดวงจรไฟฟ้าจะรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220V และทำงานแปลงไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 5V ผ่าน Switching Power Supply เพื่อเป็นไฟเลี้ยงบอร์ดวงจร MCU เบอร์ ESP32 ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz [2-3] ซึ่ง MCU ดังกล่าวจะเชื่อมต่อกับ IC MAX485 ที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลสื่อสารที่อยู่ในภาพแบบ RS485 ให้เป็นการสื่อสารแบบมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม RS232 นอกจากนี้การออกแบบวงจรยังถูกออกแบบมีพอร์ตเชื่อมต่ออื่นอย่าง RS232 SPI I2C และมีการเชื่อมต่อโมดูล SX1276 ที่มีความสามารถส่งข้อมูลไร้สายในย่านความถี่ 910-930 Mhz [4-5] ชิพดังกล่าวจะทำให้สามารถส่งข้อมูลไร้สายผ่านสัญญาณ LoRa เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยัง Server วงจรไฟฟ้ายังถูกออกแบบให้เชื่อมต่อวงจร Relay สำหรับการควบคุมเปิด/ปิด พัดลม

2. พัฒนาระบบส่งสัญญาณแบบ LoRa

LoRa คือเทคโนโลยีไร้สายที่ได้รับการพัฒนาเพื่อทำการสื่อสารที่มีอัตราข้อมูลต่ำในระยะไกลโดยเซนเซอร์ และแอคทูเอเตอร์สำหรับการใช้งาน M2M และ Internet of Things ในวิจับนี้ได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้งานโดยจะติดตั้งชิพเซ็ต SX1276 ซึ่งเป็นที่สามารถส่งข้อมูลในภาพแบบ LoRa ในย่าน 910-920 Mhz แต่การส่งข้อมูลใน LoRa นั้นจะสื่อสารในภาพแบบ LoRaWAN ที่เป็นมาตรฐานกลางในการเข้ารหัส และความปลอดภัย ในการส่งข้อมูลจะมีอุปกรณ์ LoRa Gateway ค่อยรับส่งข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ต แต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบชุดโปรแกรมที่ทำงานอยู่ใน MCU ESP32 ให้ทำหน้าที่เป็น Gateway และ Node คอยสื่อสารระหว่างกัน พร้อมกับนำข้อมูลนั้นส่งไปยังระบบ Cloud ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การส่งข้อมูลภาพแบบ LoRa

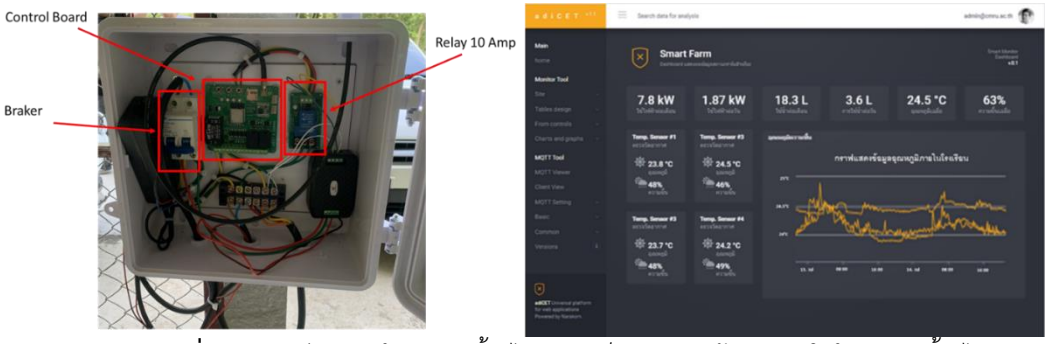
จากภาพที่ 3 การทำงานจะเริ่มจาก Node ที่ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์แล้วนำข้อมูลนั้นมาจัดเรียงตามภาพแบบโดยใช้สัญลักษณ์จุลภาค (,) เป็นตัวขั้นเพื่อใช้แยกชุดข้อมูลโดยเริ่มจาก ชื่อของอุปกรณ์ ชนิดของข้อมูลเพื่อระบุว่าเป็นชุดคำสั่งหรือชุดข้อมูล หากเป็นชุดคำสั่งจะระบุว่า cmd หากเป็นชุดข้อมูลจะถูกระบุว่า data ในการกำหนดภาพแบบตามงานวิจัยนี้ จะทำให้ระบบออนไลน์ส่งข้อมูลกลับมาสื่อสารกับ Node ได้โดยใช้ตัวอักษรที่น้อยลง ยกตัวอย่างเช่นชุดคำสั่ง

Node1,cmd,relay1=on เมื่อ Node ได้รับจะ Split String ข้อความลงไปใน Array เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข จากชุดคำสั่งข้างต้น Node1 จะทำการเปิดพัดลมผ่านอุปกรณ์ Relay ตัวที่ 1 หรือในกรณีที่เป็นชุดข้อมูลดังตัวอย่างภาพข้างต้นที่ถูกระบุว่าเป็นชนิดคำสั่งแบบ data ฝั่ง Gateway จะรู้ทันทีว่าเป็นชุดข้อมูลแบบได้เมื่อตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดระบบจะแปลงข้อมูลเป็นภาพแบบ JSON และส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol โดยใช้ Topic ตามชื่อ Node ทำให้ระบบ Cloud สามารถระบุได้ว่าข้อมูลชุดดังกล่าวมาจากที่ใด ส่วนการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเมความปลอดภัยระหว่างการส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้จะใช้การเข้ารหัสแบบ SHA256 เพื่อปกป้องข้อมูลที่สื่อสารกันผ่านสัญญาณ LoRa ส่งผลให้ระบบมีความปลอดภัยสูงขึ้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อ

การทดสอบบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อจะถูกสร้างมาเพื่อประยุกต์ใช้กับไก่เนื้อพันธุ์พื้นเมืองแม่ห้องสอน ที่เป็นไก่พื้นเมืองท้องถิ่นที่เลี้ยงกันในชนบทจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีจุดเด่นคือเลี้ยงง่าย กินอาหารตามธรรมชาติ มีความแข็งแรง อดทน คุณภาพของเนื้อมีลักษณะแน่น เนื้อนิ่ม และ หนังบาง ลักษณะไก่ โรงเรือนนั้นมีขนาดความกว้าง 13 เมตร ความยาว 13.6 เมตร คอกไก่จะถูกแบ่งออกเป็นคอกแยกส่วนกันโดยในแต่ละคอกจะมีความกว้าง 1.4 เมตร ความยาว 1 เมตร สูง 1.75 เมตร ในการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อจะติดตั้งพัดลมแบบ Evaporative cooling system (EVAP) จำนวน 3 จุดดัง และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมดังภาพที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ควบคุมโรงเรือนเลี้ยงไก่ และ เว็บแสดงผลข้อมูลภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่

จากภาพที่ 4 อุปกรณ์จะประกอบไปด้วยเบรกเกอร์สำหรับเปิดการทำงานของระบบทั้งหมด บอร์ดควบสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่ และชุด Relay ขนาด 10 Amp สำหรับควบคุมพัดลม จากผลการทดสอบหาความผิดพลาดของระบบ พบว่าสามารถนำข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้น ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์มาบริหารจัดการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด สามารถส่งข้อมูลที่ได้ผ่านสัญญาณ LoRa ได้ และสามารถส่งข้อมูลไปแสดงบนเว็บ Dashboard ดังภาพที่ 8 ในการทดสอบการส่งสัญญาณ LoRa ผู้วิจัยได้ทดสอบหาความผิดพลาดโดยตัดตัวแปรด้านความไกลของสัญญาณและสิ่งกีดขวามที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของสัญญาณออก เพื่อทดสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียวโดยพบว่าไม่เกิดข้อผิดพลาดใดๆ เกิดขึ้น ส่วนการหาประสิทธิภาพของคุณภาพสัญญาณ และความถูกต้องจะถูกทดสอบในหัวข้อถัดไป

2. ผลการพัฒนาระบบส่งข้อมูลผ่านสัญญาณ LoRa

ในการทดสอบหาความถูกต้องของการส่งข้อมูลผ่านสัญญาณ LoRa พบว่ามีปัจจัยมากมายที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของสัญญาณ LoRa โดยปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงนั้นคือสิ่งกีดขวาง ภูเขา อาคาร บ้านเรือน หรือ ป่าที่มีความหนาแน่นของต้นไม้ จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณ ในการทดลองส่งข้อมูลผ่านเสาส่งที่มีความสูงต่างกันระหว่าง 1 เมตร และ 7 เมตร พบว่าเสาสูง 1 เมตร ส่งข้อมูลได้ไกลเพียง 90 เมตร ต่างจากเสาสูง 7 เมตร ที่ส่งข้อมูลไปยังพื้นที่เป้าหมายที่มีความห่างถึง 130 เมตร จากการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า พื้นที่ภูเขาที่มีความสูงสลับซับซ้อนนั้นมีผลต่อการส่งข้อมูลการรับส่งข้อมูลควรตั้ง LoRa Gateway ให้สูงกว่าพื้นเป้าหมายทำให้สัญญาณครอบคลุมทั้งพื้นที่ นอกจากนี้การทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการใช้เครือข่ายสัญญาณ LoRa สำหรับการติดตามการ Monitoring จะมีประสิทธิภาพมากกว่าอุปกรณ์ IoT ทั่วไปที่อาศัย

สัญญาณ Internet WIFI ที่ใช้งบประมาณสูงแต่สัญญาณครอบคลุมเพียง 60-90 เมตร เท่านั้น หากต้องการ Monitor ในพื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ WiFi หลายจุด ทำให้สิ้นเปลืองงบประมานได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสัญญาณ LoRa จึงมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะครอบคลุมพื้นที่ได้ไกล มีคุณภาพของสัญญาณที่ดีแม้ส่งสัญญาณที่ไกลกว่าสัญญาณภาพแบบอื่น นอกจากนี้ยังพบค่าความผิดพลาดที่น้อยกว่า 10% ตามผลการทดสอบแสดงให้ทราบถึงข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลทั้งหมด 1000 ครั้ง โดยมีข้อผิดพลาดเพียง 5.4% และยังมีคุณภาพของสัญญาณ RSSI เฉลี่ยอยู่ที่ -119 dBm ซึ่งเป็นตัวเลขที่อยู่ในช่วงดีสำหรับสัญญาณ LoRa

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อแบบปิดผ่านเครือข่ายสัญญาณ LoRa พบว่าการนำเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นในการลดต้นทุนอุปกรณ์ควบคุม และส่งสัญญาณข้อมูลสภาพแวดล้อมจะช่วยเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาบริหารจัดการได้มีประสิทธิภาพ การพัฒนาระบบระบายความร้อนของโรงเรือนที่ใช้หลักการ Evaporative cooling system เข้ามาประยุกต์ใช้ยังสามารถเข้ามาแทนที่พัดลมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง นอกจากนี้งานวิจัยยังได้เสนอผลการพัฒนาบอร์ดควบคุมราคาถูกที่ใช้ MCU ESP32 ทำงานร่วมกับชิพ SX1276 สามารถส่งข้อมูลผ่านสัญญาณ LoRa ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถนำชิพดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการลดการใช้พลังงาน และการส่งเสริมการเกษตรที่ดีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) : งบประมาณด้านวิจัย และนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ปีงบประมาณ 2565 ชุดโครงการการพัฒนาต้นแบบระบบเกษตรอัจฉริยะด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารเครือข่ายลอรา และภาพแบบข้อมูลมหัตแบบผสมผสาน สำหรับโรงเรือนเกษตรแบบปิด โรงเรือนเลี้ยงไก่ และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และได้รับการสนับสนุนจากวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจ และเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ช่วยสนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2563). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2563.** สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2565, จาก http://thaisdi.gistda.or.th/pl/dataset/oae31_01

[2] Lachner, C. and S. Dustdar. (2019). A performance evaluation of data protection mechanisms for resource constrained IoT devices. In **2019 IEEE International Conference on Fog Computing (ICFC)**, 24-26 *June* 2019 at Prague, Czech Republic.

[3] Fischer, T., Linka, H., Rademacher, M., Jonas, K., and Loebenberger, D. (2019). Analyzing power consumption of TLS ciphers on an ESP*32*. In: Kiefer, Loebenberger (Eds.): **crypto day matters 30**. Beitrage vom, S. 1-3, Mozilla, Berlin.

[4] Zhao, W., Lin, S., Han, J., Xu, R., and Hou, L. (2017). Design and implementation of smart irrigation system based on LoRa. In **2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)**, 4-8 December 2017 at Singapore

[5] Tomtsis, D., Kokkonis, G., and Kontogiannis, S. (2017). Evaluating existing wireless technologies for IoT data transferring. In **2017 South Eastern European Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference *(*SEEDA-CECNSM*)***, 23-25 September 2017 at Kastoria, Greece.

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์

Growth Analysis of Catfish in Solar Greenhouse

ประภัสสร รัตนไพบูลย์[1*] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1] นิกราน หอมดวง[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] ศิรินุช จินดารักษ์[2] Nobutaka Ito[1]
ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[3] และ จิราภรณ์ แก้วเดียว[1]
[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3] สาขาอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
Email: pui_p4336@hotmail.com

บทคัดย่อ

กระทรวงพลังงานได้มีการส่งเสริมให้ผลิตและใช้พลังงานทดแทนเพื่อให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน รวมถึงลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก เทคโนโลยีพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายทั้งในด้านการผลิตไฟฟ้า และพลังงานงานความร้อน การนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่กระทรวงพลังงานได้มีการสนับสนุนและพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านการประมง สำหรับใช้ในการควบคุมระบบบ่อเลี้ยงปลา เพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณภาพให้กับผลผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทดสอบการเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนที่มีขนาดความกว้าง 8.00 เมตร ยาว 18.00 เมตร และสูง 4 เมตร คลุมด้วยพลาสติกความหนา 0.15 มิลลิเมตร UV 7 เปอร์เซ็นต์ ภายในโรงเรือนมีบ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์ความกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร และสูง 1 เมตร จำนวน 3 บ่อ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตกับการเลี้ยงในกระชังบ่อดิน จากการศึกษาพบว่าการเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุก เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนอยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ส่งผลให้มีอัตราการรอด 90 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแลกเนื้อ 0.81 และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 75 เปอร์เซ็นต์/วัน

คำสำคัญ: โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ ปลาดุก การเจริญเติบโต

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะปลาน้ำจืดซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประเทศ ในปี พ.ศ.2562 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีจำนวนฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำถึง 248,635 แห่ง [1] ซึ่งในช่วงฤดูหนาวมักเกิดปัญหาปลาเจริญเติบโตได้น้อย เนื่องจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อมลดต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส โดยในฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปลาน้ำจืดจะให้ผลผลิตและโตเร็วหากเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส [2] ดังนั้นการลดความแตกต่างอุณหภูมิน้ำระหว่างกลางวันและกลางคืนให้ใกล้เคียงกัน หรือการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตดี มีอัตราการเปลี่ยนเนื้อสูง ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง สั้นลง และลดต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยง การเลี้ยงปลาในโรงเรือน หรือแบบ Greenhouse จึงเป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งที่ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ช่วยให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูหนาว ส่งผลให้ช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์น้ำยังมี

อุณหภูมิสูง ลดความแตกต่างอุณหภูมิน้ำระหว่างกลางคืนและกลางวันได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ ตามภารกิจของกระทรวงพลังงานในการส่งเสริมการผลิตและใช้พลังงานทดแทนในการควบคุมอุณหภูมิบ่อเลี้ยงปลาน้ำจืด สำหรับเพิ่มมูลค่าและคุณภาพให้กับผลผลิตแก่เกษตรกร

วิธีการวิจัย

โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ ได้ทำการสร้างโรงเรือนคลุมบ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์ โดยวัสดุที่ใช้คลุมโรงเรือนคือ พลาสติกที่มีความหนา 0.15 มิลลิเมตร UV 7 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างโรงเรือนมีพื้นที่ความกว้าง 8.00 เมตร ยาว 18.00 เมตร และสูง 4 เมตร ทำจากเหล็กมีลักษณะเป็นเหล็กโค้งรูปพาราโบลา และพื้นโรงเรือนเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้านหน้ามีประตูสำหรับเปิด-ปิด ขนาด 2 เมตร x 2 เมตร ส่วนด้านหลังมีพัดลมระบายอากาศขนาด 20 นิ้ว เพื่อระบายความร้อนส่วนเกินในช่วงฤดูร้อนออกจากโรงเรือน และดูดอากาศชื้นภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอก บ่อเลี้ยงปลาด้านในสร้างจากซีเมนต์มีความกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร และสูง 1 เมตร จำนวน 3 บ่อดัง ภาพที่ 1 การทดสอบนี้ได้เลือกใช้ลูกพันธุ์ปลาดุกมีขนาดตัวประมาณ 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2 เนื่องจากเป็นปลาที่มีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพื้นที่ที่ได้ทำการศึกษาคือ วิสาหกิจชุมชน ต.ปะโค อ.เมือง จ.หนองคาย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกจากการส่งเสริมของโครงการส่งเสริมระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 1 ระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 ลูกพันธุ์ปลาดุก

สำหรับการทดสอบการเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตกับการเลี้ยงในกระชังบ่อดิน เป็นระยะเวลา 45 วัน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม โดยได้ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์และกระชังบ่อดิน ได้แก่ การวัดอุณหภูมิน้ำภายในโรงเรือน อุณหภูมิน้ำในกระชังบ่อดิน อุณหภูมิภายในโรงเรือน อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาดุก ประกอบด้วย อัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อหรืออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราเจริญเติบโตจำเพาะ [3] ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

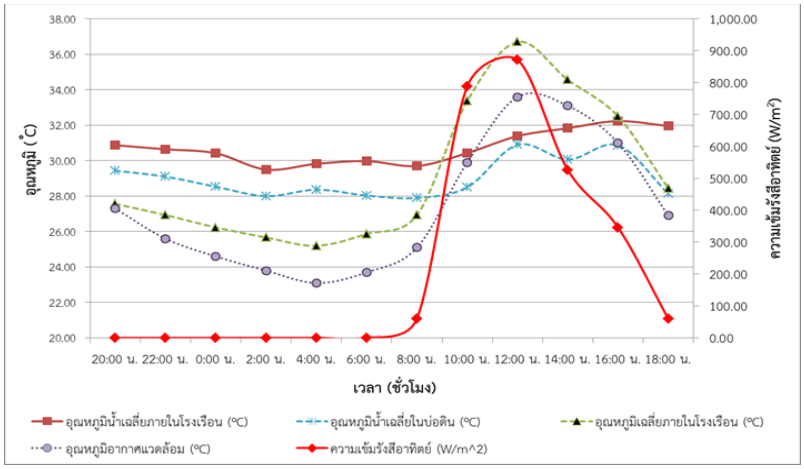
$$\text{อัตราการแลกเนื้อ} = \frac{\text{อาหารที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{ผลผลิต (กิโลกรัม)}} \quad (2)$$

$$\text{อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)} = \frac{\ln \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)}} \times 100 \quad (3)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เทียบกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย 27.3 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 71.2 เปอร์เซ็นต์ ภายในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 30.7 องศาเซลเซียส และภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.2 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20.00 น.- 06.00 น. ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 30.2 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 06.00 น.- 18.00 น. ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 31.1 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลา 20.00 น.- 06.00 น. ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.2 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 06.00 น.- 18.00 น. ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการใช้โรงเรือนคลุมบ่อ จะทำให้ลดการสูญเสียความร้อนด้วยการพาความร้อนและแผ่รังสีสู่ภายนอก จึงทำให้ช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์น้ำยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ ทำให้ลดอุณหภูมิแตกต่างน้ำระหว่างกลางคืนและกลางวันได้ [2] ดังภาพที่ 3

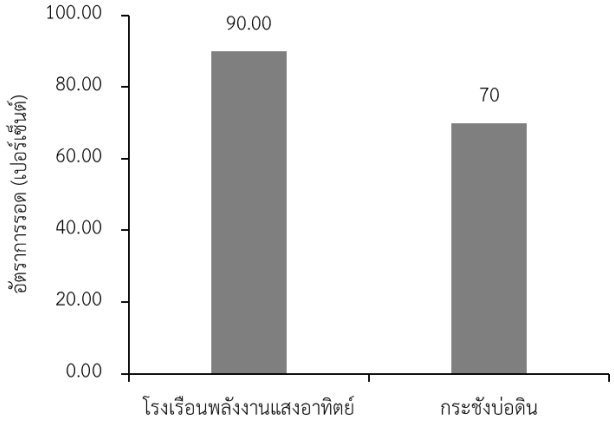


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในโรงเรือนแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์อัตราการรอดของปลาดุก

การวิเคราะห์อัตราการรอดตายของปลาดุก พบว่าการเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ ในฤดูหนาวมีอัตราการรอดถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในกระชังบ่อดินมีอัตราการรอดเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4

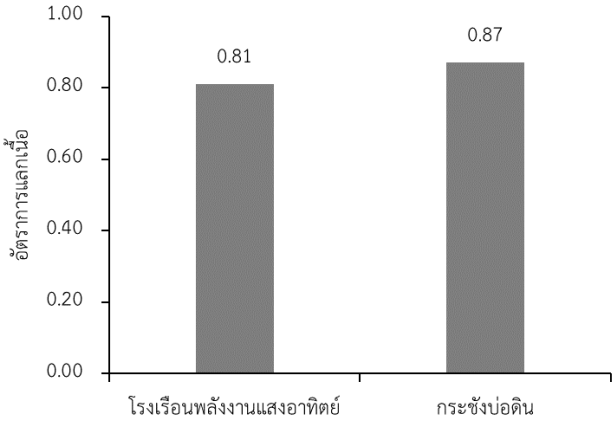
เนื่องจากการเลี้ยงปลาในฤดูหนาวอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันแตกต่างกัน 15-20 องศาเซลเซียส ในขณะที่การเลี้ยงในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียสได้ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ [2] โดยทั่วไปหากน้ำมีอุณภูมิต่ำจะส่งผลให้อัตราการกิน การย่อยอาหาร การหายใจและการเต้นหัวใจลดลง มีผลทำให้สัตว์น้ำเสียชีวิตได้ [4]



ภาพที่ 4 อัตราการรอดของปลาดุก

การวิเคราะห์อัตราการแลกเนื้อของปลาดุก

อัตราการแลกเนื้อหรืออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของปลาดุกในโรงเรือนแสงอาทิตย์ และในกระชังบ่อดิน พบว่ามีการเลี้ยงในกระชังบ่อดินมีอัตราการแลกเนื้อสูงกว่าการเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์เพียงเล็กน้อยคือ 0.87 และ 0.81 ตามลำดับ เนื่องจากการเลี้ยงในกระชังบ่อดินปลาดุกจะกินแมลงที่บินตกลงในบ่อในช่วงกลางคืนนอกเหนือจากการให้อาหารตามปกติในช่วงกลางวัน ส่งผลให้อัตราการแลกเนื้อการเลี้ยงในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำกว่าการเลี้ยงในกระชังบ่อดินเพียงเล็กน้อย [5] ดังภาพที่ 5

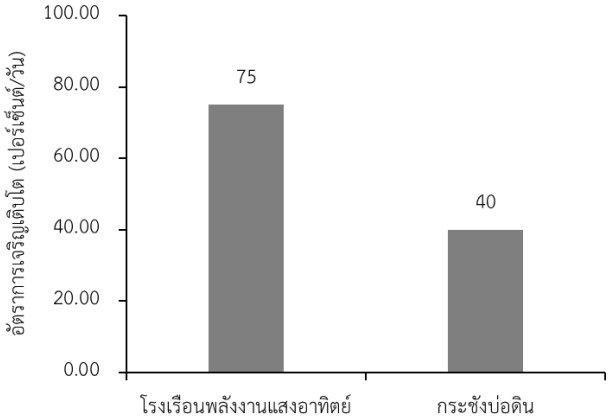


ภาพที่ 5 อัตราการแลกเนื้อของปลาดุก

การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุก

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตสูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อกระชังบ่อดินที่มีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 40 เปอร์เซ็นต์/วัน เนื่องจากโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิระหว่างกลางคืนและกลางวันไม่แตกต่างกัน ทำให้ปลาดุกสามารถกินอาหารและย่อยอาหารได้ดี

[4] นอกจากนี้โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถควบคุมอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกได้ ส่งผลให้ปลามีการเผาผลาญพลังงานเพิ่มมากขึ้นทำให้ปลามีขนาดเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว [6] จากตารางที่ 1 จะสังเกตได้ว่าปลาดุกที่เลี้ยงในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์จะมีน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย และขนาดตัวที่ใหญ่กว่าการเลี้ยงในกระชังบ่อดิน การเลี้ยงปลาดุกในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะกว่าการเลี้ยงในกระชังบ่อดิน



ภาพที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุก

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของปลาดุก

รายละเอียด	โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์	กระชังบ่อดิน
ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)	45	45
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	2.64	2.38
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	37.70	20.60
ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	10.50	10.30
ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)	20.10	12.40
เริ่มต้นการเลี้ยง		
ครบ 45 วัน		

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกในระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับการเลี้ยงในกระชังบ่อดิน พบว่าการเลี้ยงปลาดุกในระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์ มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุก โดยมีอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนอยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ การใช้โรงเรือนคลุมบ่อเลี้ยงปลาจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนด้วยการพาความร้อนทำให้ช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์น้ำยังมีอุณหภูมิสูง ผลให้อุณหภูมิน้ำระหว่างกลางคืนและกลางวันไม่แตกต่างกัน ทำให้มีอัตราการ

รอด 90 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแลกเนื้อ 0.81 และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 75 เปอร์เซ็นต์/วัน ดังนั้นการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการผลผลิต และเพิ่มคุณภาพของปลาที่เลี้ยงได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อ เครื่องมือ และสถานที่ สำหรับการทดสอบ ขอขอบคุณเงินวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ภายใต้โครงการส่งเสริมระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชน ต.ปะโค อ.เมือง จ.หนองคาย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มสถิติการประมง. (2564). **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2565.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ

[2] ณัฐวุฒิ ดุษฎี. **โครงการส่งเสริมระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. รายงานฉบับสมบูรณ์. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[3] วีรภัทร ผ่องศรี นิวุฒิ หวังชัย ดวงพร อมรเลิศพิศาล และสุดาพร ตงศิริ. (2558). ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม (Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไส้ไก่. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง.** 9(2), 12-22.

[4] นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. สงขลา. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

[5] สราวุธ เย็นเอง และสุธี เกื้อเกต. (2561). การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงโดยให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการเสริมอาหารช่วงกลางคืนด้วยแมลงบินจากกับดักเครื่องดูดแมลงอัตโนมัติ. **วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร.** 2 (2), 19-29.

[6] นำถม ตั้งคำ และสุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์. (2553). คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นของแพลงก์ตอน**พืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48**. วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ



พลังงานเพื่อชุมชน

หมายเหตุ : บทความที่มีเฉพาะบทคัดย่อเป็นบทความที่ได้รับการพิจารณาเพื่อดำเนินการต่อไปในส่วนของวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วผ่านการไพโรไลซิสด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไหลต่อเนื่องสองขั้นตอน

Fuel Oil Production from Used Lubricants via Continuous-Flow Two-Stage Thermal-Catalytic Pyrolysis

รัชชานนท์ สิทธิวงค์[1] ธรณิศวร์ ดีทายาท[1*] และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Email : Rutchanon.sitt@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ได้แก่ น้ำมันเครื่องยนต์, น้ำมันเกียร์, น้ำมันหล่อลื่นระบบไฮดรอลิก มาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบ Thermal cracking และ Catalytic cracking สองขั้นตอนในปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง โดยมี HZSM-5 100 กรัม เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสเตจที่ 2 กระบวนการทั้งหมดจะดำเนินการภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ที่มีอัตราการไหลไนโตรเจน 1,000 ml/min และกระบวนการไพโรไลซิสจะถูกควบคุมอุณหภูมิ อยู่ในช่วง 450-500 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการที่ไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Thermal cracking อย่างเดียว) ให้ปริมาณน้ำมันไพโรไลซิสมากกว่า แต่กระบวนการที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 100 กรัม (Thermal cracking ร่วมกับ Catalytic cracking) มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และค่าความหนืดน้อยลง ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมัน กระบวนการไพโรไลซิสที่ไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาก็มีคุณภาพที่ดีกว่าน้ำมันเตา และใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน โดยเฉพาะน้ำมันที่ได้จากน้ำมันเกียร์ ตามมาด้วยน้ำมันเครื่อง และน้ำมันไฮดรอลิก และเมื่อนำน้ำมันไพโรไลซิสทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากกระบวนการที่ใช้และไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไปวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มูลค่าน้ำมันต่อหน่วยของน้ำมันไพโรไลซิสจากน้ำมันเครื่องยนต์ น้ำมันเกียร์ และน้ำมันหล่อลื่นระบบไฮดรอลิกในกรณีที่ไม่ใช้ตัวเร่ง มีค่า 27.04, 20.27 และ 20.93 บาทต่อลิตร ตามลำดับ และในกรณีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา มีค่า 36.78, 27.59 และ 28.48 บาทต่อลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว กระบวนการไพโรไลซิส ตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันไพโรไลซิส ต้นทุนเชื้อเพลิง

การส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

Promoting participatory innovation in providing knowledge and understanding of solar power generation systems

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[1*], ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[1] และ ลักขณา พันธุ์แสนศรี[1]

Tammasak Punsaensri[1*] Tiparad Sahatrongjit[1] and Lukkhana Punsaensri[1]

[1] มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Email: tammasak@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของครัวเรือนและชุมชน และส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีกระบวนการดำเนินงานในรูปแบบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทประชากรที่เข้าร่วมได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.ประเภทกลุ่มบุคคล เช่น นักศึกษา กลุ่มวิสาหกิจขนาดเล็ก ชุมชน เป็นต้น และ 2.ประเภทรายเดียว เช่น เกษตรกรผลการศึกษา พบว่ากลุ่มบุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ มีจำนวน 9 กลุ่ม และเกษตรกร จำนวน 12 ราย โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 30,130.75 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของครัวเรือนและชุมชนได้ 120,523 บาทต่อปี สามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ โดยคิดเป็น ก๊าซธรรมชาติลดได้ 253,542.61 ลบ.ฟุตต่อปี หรือถ่านหินลดได้ 30.13 ตันต่อปี หรือน้ำมันเตาลดได้ 7,080.73 ลิตรต่อปี หรือน้ำมันดีเซลลดได้ 10,696.42 ลิตรต่อปี เป็นต้น สามารถลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 23.050 ตันต่อปี

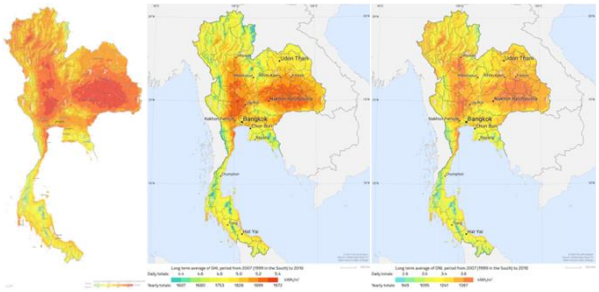
คำสำคัญ: นวัตกรรม ไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศในทุกด้าน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ การเมือง และสังคม ล้วนแล้วแต่มีส่วนเชื่อมโยงกับพลังงานแทบทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการดำรงชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ การผลิตวัตถุดิบ หรือแม้แต่ต้นทุนการผลิตภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและมีการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ พลังงานมีจำกัดและขาดแคลน รวมถึงสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยและทั่วโลกมีแนวโน้มความต้องการพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ดังนั้นจึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และสามารถตอบสนองความต้องการการพลังงานใช้ในกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอ

พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง และคงที่ตลอดทั้งปี ซึ่งมีความเข้มของรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่า มีค่าเท่ากับ 18.0 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 5.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งรัฐบาลจึงได้กำหนดนโยบายเรื่องการใช้พลังงานทดแทน โดยเลือกพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเป็นพลังงาน ทดแทนอันดับหนึ่ง ด้วยความต้องการใช้

พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่รัฐไม่สามารถสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากมีการต่อต้านจากชุมชนในพื้นที่ เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงไฟฟ้าขยะ โรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นต้นรัฐบาลจึงส่งเสริมให้บ้านเรือนมีการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาใช้เอง แต่ประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกซื้ออุปกรณ์ เช่น แผงโซล่าเซลล์ เครื่องประจุไฟฟ้า เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เป็นต้น การติดตั้ง การดูแลรักษา และการซ่อมบำรุง ทำให้ประชาชนถูกเอารัดเอาเปรียบจากผู้ค้าหรือผู้ให้บริการในการแสวงหาผลกำไร ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องดังกล่าว



ภาพที่ 1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ การฉายรังสีแนวนอน และการฉายรังสีปกติโดยตรง
ที่มา: https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/thailand, 2564

ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความจำเป็นในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ให้กับหน่วยงาน ชุมชนและเกษตรกร โดยแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งในเรื่องความรู้ความเข้าใจ ทักษะการการติดตั้ง การดูแลรักษา และการซ่อมบำรุงที่ปลอดภัย และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ลดจำนวนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้พลังงานฟอสซิล เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม และยกระดับคุณภาพชีวิตเกษตรกรและชุมชนให้ดียิ่งขึ้น

วิธีการวิจัย

กรอบแนวคิด (Concept Idea) การส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 2 โดยในการส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีวิธีการวิจัยดังนี้

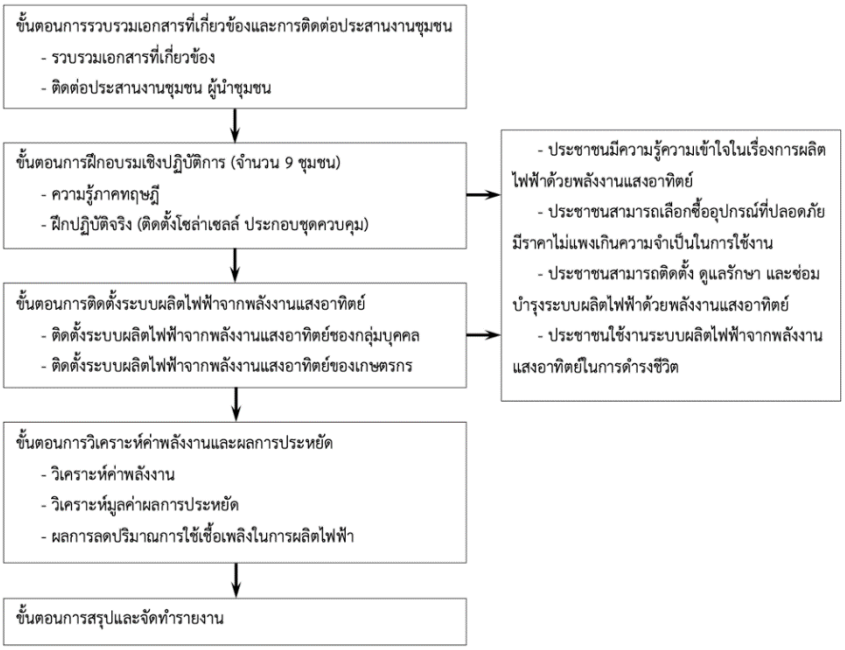
1. ขั้นตอนการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องและการติดต่อประสานงานชุมชน โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ออกแบบการวางระบบที่เหมาะสมกับชุมชน และการติดต่อประสานงานกับผู้นำชุมชน ชี้แจงรายละเอียดและความสำคัญของผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2. ขั้นตอนการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยจัดเตรียมงานฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ประชุมวางแผน จัดทำเอกสาร และจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ พร้อมฝึกปฏิบัติในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ภาพที่ 3)

3. ขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในการติดตั้งจะเป็นการร่วมมือของคนในชุมชนกับนักศึกษาที่เรียนในรายวิชา มพ 201 เทคโนโลยีพลังงานสำหรับการเกษตรและชีวิต เพื่อเป็นการร้างประสบการณ์ในการติดตั้งของนักศึกษาและคนในชุมชน และยังเป็นการนำความรู้ที่ได้เรียนได้ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมาใช้การพัฒนาทางด้านพลังงานในชุมชน (ภาพที่ 4)

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าพลังงานและผลการประหยัด โดยการคำนวณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ หาได้จาก กำลังการผลิตคูณกับจำนวนชั่วโมงที่ผลิตได้ในแต่ละวัน (เฉลี่ยคือ 5 ชั่วโมง) และคูณจำนวนวันต่อเดือน และการ

คำนวณผลการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยนำข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าโดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 4 บาทต่อหน่วย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 3 ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยนักศึกษาและคนในชุมชน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีชุมชนที่สนใจจำนวน 9 ชุมชน หรือคิดเป็นจำนวนผู้เข้ารับการส่งเสริม จำวน 450 คน โดยมีกลุ่มบุคคลที่นำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้จำนวน 9 กลุ่ม คือ 1) นักศึกษาสาขารัฐศาสตร์ 2) นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่า 3) ชมรมสตรี อำเภอร้องกวาง จ.แพร่ 4) โรงเรียนบ้านนาไลย จ.น่าน 5) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกลำไย บ้านนาผาใหม่ จ.น่าน 6) ชุมชนบ้านวังโป่ง จ.แพร่ 7) ชุมชนบ้านเวียง จ.แพร่ 8) ชุมชนบ้านปง จ.แพร่ และ 9) ชุมชนบ้านสบจาง จ.ลำปาง โดยนำไปใช้ประโยชน์ (ตารางที่ 1)

และมีเกษตรกรที่นำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้จำนวน 11 ราย โดยนำไปใช้ประโยชน์(ตารางที่ 2) ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ พบว่า การประเมินความพึงพอใจ นักศึกษา เกษตรกรและชุมชนมีความพึงพอใจใน

เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับดีมาก และได้การนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ในรายวิชา มพ 201 เทคโนโลยีพลังงานสำหรับการเกษตรและชีวิต ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 นักศึกษาเรียนวิชา มพ 201 เทคโนโลยีพลังงานสำหรับการเกษตรและชีวิต

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มบุคคล

กลุ่มบุคคล	สภาพพื้นที่	การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
1. นักศึกษาสาขารัฐศาสตร์	พื้นที่ฟาร์มไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง
2. นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่า	พื้นที่ฟาร์มไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง
3. ชมรมสตรี อำเภอร้องกวาง จ.แพร่	พื้นที่มีไฟฟ้าแต่ต้องการลดค่าไฟ	ไฟแสงสว่าง
4. โรงเรียนบ้านนาไลย จ.น่าน	พื้นที่มีไฟฟ้าแต่ต้องการลดค่าไฟ	ไฟแสงสว่าง และสูบน้ำเพื่อการเกษตร
5. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกลำไย บ้านนาผาใหม่	พื้นที่มีไฟฟ้าแต่ต้องการลดค่าไฟ	ไฟแสงสว่าง
6. ชุมชนบ้านวังโป่ง จ.แพร่	พื้นที่มีไฟฟ้าแต่ต้องการลดค่าไฟ	ไฟแสงสว่าง และสูบน้ำเพื่อการเกษตร
7. ชุมชนบ้านเวียง จ.แพร่	มีไฟฟ้าแต่แสงสว่างไม่เพียงพอ	ไฟแสงสว่าง
8. ชุมชนบ้านปง จ.แพร่	มีไฟฟ้าแต่แสงสว่างไม่เพียงพอ	ไฟแสงสว่าง
9. ชุมชนบ้านสบจาง จ.ลำปาง	พื้นที่มีไฟฟ้าแต่ต้องการลดค่าไฟ	ไฟแสงสว่าง และสูบน้ำเพื่อการเกษตร

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของเกษตรกร

เกษตรกร	สภาพพื้นที่	การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
เกษตรกร รายที่ 1	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 2	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 3	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, หม้อหุงข้าว, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 4	พื้นที่มีไฟฟ้า แต่ต้องการประหยัดไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง
เกษตรกร รายที่ 5	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 6	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 7	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 8	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 9	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, หม้อหุงข้าว, พัดลม, ทีวี
เกษตรกร รายที่ 10	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, หม้อหุงข้าว, พัดลม
เกษตรกร รายที่ 11	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, หม้อหุงข้าว, พัดลม
เกษตรกร รายที่ 12	พื้นที่ไม่มีไฟฟ้า	ไฟแสงสว่าง, หม้อหุงข้างม พัดลม, ทีวี, ไฟคอกวัว

การวิเคราะห์ค่าพลังงานและผลการประหยัด พบว่า กลุ่มบุคคลที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 9 กลุ่ม มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งหมด 10.57 กิโลวัตต์ โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 19,290.25 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และมีมูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ 77,161 บาทต่อปี (ตารางที่ 3) ส่วนเกษตรกรที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 12 ราย มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งหมด 5.94 กิโลวัตต์ โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 10,840.50 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และมีมูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ 43,362 บาทต่อปี (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 กลุ่มบุคคลที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

กลุ่มบุคคล	ขนาดติดตั้ง (กิโลวัตต์)	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาทต่อปี)
1. นักศึกษาสาขารัฐศาสตร์	0.50	912.50	3,650
2. นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่า	0.33	602.25	2,409.00
3. ชมรมสตรี อำเภอร้องกวาง จ.แพร่	0.99	1,806.75	7,227.00
4. โรงเรียนบ้านนาไลย จ.น่าน	0.66	1,204.50	4,818.00

กลุ่มบุคคล	ขนาดติดตั้ง (กิโลวัตต์)	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาทต่อปี)
5. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกลำไย บ้านนาผาใหม่	0.66	1,204.50	4,818.00
6. ชุมชนบ้านวังโป่ง จ.แพร่	3.30	6,022.50	24,090
7. ชุมชนบ้านเวียง จ.แพร่	0.50	912.50	3,650
8. ชุมชนบ้านปง จ.แพร่	0.33	602.25	2,409.00
9. ชุมชนบ้านสบจาง จ.ลำปาง	3.30	6,022.50	24,090
รวม	**10.57**	**19,290.25**	**77,161.00**

ตารางที่ 4 เกษตรกรที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เกษตรกร	ขนาดติดตั้ง (กิโลวัตต์)	กำลังการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาทต่อปี)
เกษตรกร รายที่ 1	0.66	1,204.50	4,818.00
เกษตรกร รายที่ 2	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 3	0.66	1,204.50	4,818.00
เกษตรกร รายที่ 4	0.66	1,204.50	4,818.00
เกษตรกร รายที่ 5	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 6	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 7	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 8	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 9	0.66	1,204.50	4,818.00
เกษตรกร รายที่ 10	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 11	0.33	602.25	2,409.00
เกษตรกร รายที่ 12	0.99	1,806.75	7,227.00
รวม	**5.94**	**10,840.50**	**43,362.00**

อภิปรายผลการวิจัย

ภายใต้แนวทางการส่งเสริมนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมในการให้ความรู้ความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จำเป็นต้องอาศัยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง [1] ตามหลักการทรงงานของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ที่ทรงเน้นการพัฒนาคนตามลักษณะ “ภูมิสังคม” ด้วยการพึ่งตนเอง แต่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการจนนำไปสู่สังคมหรือชุมชนเข้มแข็ง โดยชุมชนสามารถผลิตเอง ใช้เอง และดูแลซ่อมบำรุงเองได้ มีความสามารถในการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชนได้ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับแนวทางการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน [2] และแนวคิดการพัฒนาเกษตรกรสู่ความเป็นช่างผลิตพลังงานทดแทน [3] และยังสอดคล้องกับแนวคิดรูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาแหล่งพลังงานแบบผสมผสานในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย [4] และแนวทางการพัฒนาพลังงานของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ [5] ที่กล่าวถึงการสร้างแรงจูงใจ การสร้างจิตสำนึกให้เกษตรกรและคนในชุมชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาพลังงาน ซึ่งทั้งหมดจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมของเกษตรกรและคนในชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

จากผลของการส่งเสริมดังกล่าวสามารถช่วยให้เกษตรกรและคนในชุมชนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานและการมีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการพื้นฐานของเกษตรกรหรือคนในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสม [6] และงานวิจัยระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน [7] นอกจากนี้ ผลที่ได้รับการส่งเสริมดังกล่าว สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 30,130.75 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของครัวเรือนและชุมชนได้ 120,523 บาทต่อปี และยังส่งผลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของประเทศ ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 125,416.64 บาทต่อปี [8] และสามารถลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 23.05 ตันต่อปี [9]

สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มบุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ มีจำนวน 9 กลุ่ม และเกษตรกร จำนวน 12 ราย ในพื้นที่จังหวัดแพร่และจังหวัดใกล้เคียง โดยมีชุมชนนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งาน จำนวน 21 พื้นที่

2. สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 30,130.75 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถคิดเป็นมูลค่าการหยัดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้ ได้ 120,523 บาทต่อปี

3. สามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ โดยคิดเป็น ก๊าซธรรมชาติลดได้ 253,542.61 ลบ. ฟุตต่อปี หรือถ่านหินลดได้ 30.13 ตันต่อปี หรือน้ำมันเตาลดได้ 7,080.73 ลิตรต่อปี หรือน้ำมันดีเซลลดได้ 10,696.42 ลิตรต่อปี

4. สามารถลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 125,416.64 บาทต่อปี และลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 23.05 ตันต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และชุมชนในจังหวัดแพร่ จังหวัดน่าน ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิสาขา ภู่จินดา. (2552). **การประยุกต์หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการพลังงานในระดับชุมชน.** วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม): 26-48

[2] ณิชาภัทร วิสุทธิปราณี. (2560). **แนวทางการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน จังหวัดสิงห์บุรี.** วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[3] สายชล ปัญจมาตย์ ทองม้วน นาเสงี่ยม และศักดิ์พงศ์ หอมหวน. **(**2559). **ชุมชนช่างพลังงานทดแทน กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกร บ้านเหล่าเหนือ ตำบลห้วยแก อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น.** วารสารวิชาการรมยสาร ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) 2559

[4] กนกพันธรน์ โลกุตรวงศ์. (2562). **แนวคิดรูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาแหล่งพลังงานแบบผสมผสานในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย.** วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2562

[5] อนุบุตร สง่าราศี และคณะ. (2547). **พลังงานยั่งยืน ทางออกจากวิกฤตพลังงาน เราช่วยกันได้.** เครือข่ายนโยบายพลังงานและอุตสาหกรรมแผนงาน HPP-HIA กระทรวงสาธารณสุข และกลุ่มพลังไท นนทบุรี.

[6] สมศักดิ์ มีนคร. (2555). **การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในพื้นที่อำเภออัมพวา.** รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

[7] ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และ กฤษณะ จันทสิทธิ์. (2564). **ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน.** วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2564)

[8] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน. (2562). **การเปรียบเทียบชนิดของเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า.** เครื่องมือการคำนวณค่าเปรียบเทียบหน่วยทางด้านพลังงาน.

[9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.). (2564)**. การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า.** เครื่องมือการคำนวณโครงการด้านพลังงาน.

Sustainable Energy Development of Small and Medium Hydro Resources for Electricity Generation in Thailand: The Cases in Chiang Mai Province

Prachuab Peerapong[1*]

[1] Department of Aircraft Maintenance, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University

Email*: prachuab.pee2@gmail.com

Abstract

Small-scale hydropower electricity generation is an appropriate technology for Thailand. The importance is that it is renewable energy for sustainable development. This study investigates the cases in small and medium-scale hydro projects located especially in the northern parts (Chiang Mai province) in Thailand for the potential of electricity generation and financial feasibility and social benefits in small communities. The co-benefits of renewable energy development replacing fossil energy include annual carbon dioxide reduction. The results from this study found that the production electricity cost varies from $/kWh 0.0106 to $/kWh 0.0870. The social benefits of CO_2 reduction of greenhouse gas emissions in hydropower projects in Chiang Mai province instead of using electricity generated from the fossil-based national grid. The potential for annual CO_2 reductions is varied in each site from 1,173 to 6,213 tons of CO_2.

Keywords: Small hydroelectricity generation, Water resources development, Sustainable societies, Social benefits.

Introduction

The study used data from the Ministry of Energy which has developed renewable energy (RE) [1-4]. Small hydropower and medium hydropower are the alternative resources for electricity in Thailand. These resources can generate electricity without emissions and can replace electricity generated from fossil fuels such as coal and natural gas. Small hydropower and medium hydropower are defined with the scales of the installed capacity of electricity generation of between 200-6,000 kW (small), and 6,000-20,000 kW (medium, respectively. This study focuses on the run-off-river. High head type of the run-off-river is an important consideration since the areas that can install hydropower in Chiang Mai province are mostly mountainous locations. The flow of water with a high head of the run-off-river can rotate the turbine installed in the powerhouse and then generates the electricity. Another type of low-head water resource is called a reservoir. The reservoir hydro resources are normally installed with a larger capacity for electricity generation. This study aims to investigate the cost of electricity generated by small hydropower and medium hydropower resources in Chiang Mai province and the potential for CO_2 emission reduction of the installation of small hydropower and medium hydropower resources in each location in Chiang Mai province.

The objectives of this study

1. The main objective of this research is to study the potential and the benefits of electricity generation from small hydropower and medium hydropower in Thailand, especially in Chiang Mai province. And then also can calculate the power plant capacity factor.

2.Another objective of this study is to investigate the cost of electricity generation from small and medium hydropower, power plant factors, and the potential for environmental emissions reduction from hydropower installation for electricity generation in Thailand, especially in Chiang Mai province.

Review of related publications

The cost of a small hydropower installation includes the costs of civil engineering, electrical equipment, transmission line extension, high voltage installation, and related engineering, procurement, and construction management expenditures. The cost varies in a range of 41,431-254,960 Baht/kW, or $1,300-$8,000/kW for small hydropower projects [4, 12]. The small hydropower plants in Thailand are mostly developed by the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). However, the capital cost of small hydropower in Thailand mostly ranges from 41,431-95,610 Baht/kW, or $1,300-$3,000/kW [1]. The capacity factor of small hydropower in Thailand, data collected in 2012, varied between 21 and 60%. Thailand's Power Development Plan stated that the average capacity factor of hydropower plants is 44% [1]. In the study of small hydropower plants in Nepal and Afghanistan [11], these authors used a capacity factor between 20% and 30% for plants with a capacity installation of between 25-50 kW. The GHG emissions of electricity generated from the small hydropower plant are considered nearly zero emission (9 g/kWh) compared to coal (955 g/kWh) and compared to natural gas, with Combined Cycle Gas Turbine, or CCGT Technology (430 g/kWh), respectively [16].

Methodology

The methodology in this study consists of three considerations.

1) The Cost of Electricity Generation.

2) Electricity Power Generation and Plant Capacity Factor.

3) Environmental Emissions Reduction.

The details of each term can be described below;

1) The Cost of Electricity Generation

The cost of electricity generated from small hydropower consists of initial capital cost and the costs of equipment. Annual electricity production varies on the site's technical characteristics and geological locations of water resources such as stream water flows, and water heads. To calculate the cost of electricity generation hydropower technology in terms of dollars per kilowatt-hour called LCOE. Levelized cost of electricity (LCOE) was used in this study [10], and required input data on many parameters for calculation:

- Capital cost ($/kW)
- Fixed Operation and Maintenance (FOM) costs ($/kW)
- Variable Operation and Maintenance (VOM) costs ($/kWh)
- Discount rate (%)
- The life period of plants (years)
- Capacity Factor (CF) (%)

The equations prescribed the specifications of the electricity generation costs from hydropower can be determined by the following equations in (1) and (2):

$$\text{LCOE} = \frac{\text{Capital cost}\times\text{CRF}}{\text{CF}\times 8760} + \frac{\text{FOM}}{8760} + \text{VOM} \quad (1)$$

$$\mathbf{CRF}=\frac{\mathbf{r}\times(\mathbf{1}+\mathbf{r})^{\mathbf{n}}}{(\mathbf{1}+\mathbf{r})^{\mathbf{n}}-\mathbf{1}} \quad (2)$$

1.2 Electricity Power Generation and Plant Capacity Factor

The installed capacity or power output can be estimated [5] in equation (3):

$$P=9.81\times\eta_t\times\eta_g\times Q_d\times(H_d-(0.001\times L_h+0.005L_p)) \quad (3)$$

Where P is power output in kW, η_t is the turbine efficiency (0.88), η_g is the generator efficiency (0.96), Q_d is the designed water discharge (m^3/s), H_d is the gross head (m), L_h is the length of the headrace (m), L_p and is the length of penstock (m). The selection of water turbine types in small hydropower must consider the maximum energy output of the installation. The main important considerations are the water flow rates and the head of water. Fig. 1 shows the relation between the water flow rates and the head of water and the selection of the appropriate turbine.

The capacity factor in percent can be stated in (4):

$$\text{CF}=\frac{\text{Total annual electricity generation}\left(\text{kWh}\right)}{8{,}760\left(\text{hour/annual}\right)\times\text{Plant capacity installation}\left(\text{kW}\right)}\times 100 \quad (4)$$

The selection of water turbines for hydropower is dependent on the water flow and an available head. For example, for a small rate of flow water and high head (> 50 m), a Pelton or Turgo turbine is appropriate, while a propeller or Kaplan turbine is a suitable choice for a large rate of water flow and low head (< 10 m). The relation between Net-head and Discharge used for appropriate designing in hydropower technology is in Figure. 1 and Figure. 2.

The Potential Environmental Emissions Reduction

The benefits of small hydropower installation for electricity generation can be measured from the reduction of national grid use of electricity generated, mainly from fossil-based fuels such as coal, fuel oil, and natural gas. This study used RETscreen software as a tool to study emission reduction in each site of hydropower plant installation. The calculation is based on the following equation in (5):

$$CO_2 \text{ reduction} = \text{Annual electricity generation} \times \text{Grid emission} \quad (5)$$

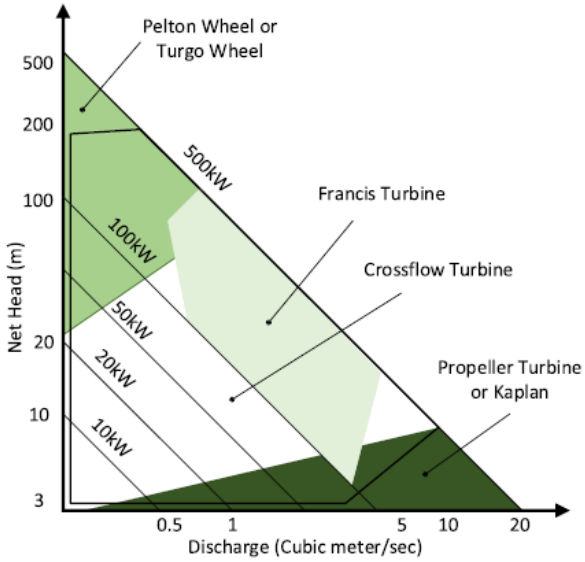


Figure 1 Turbine relation with Net-head and Discharge Design [16]

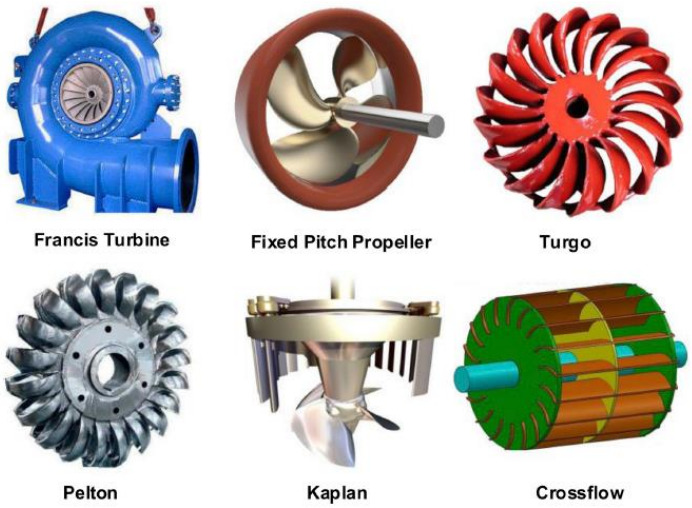


Figure 2 Water turbine technologies for hydropower [16]

Results and discussions

The Cost of Electricity Generation

The cost of small hydropower installation includes the costs of civil engineering, electricity and mechanical equipment, and other expenditures including grid extension costs. The cost of small hydropower projects is globally varied in the range between $1,300/kW and $8,000/kW [4, 12]. The installation costs also vary with site-specific locations due to the difficult accessibilities to the projects. In this study, the installation costs of small hydropower were obtained from the government's data. The cost of small hydropower in Thailand is mostly ranging between $1,200/kW and $3,000/kW [1-3]. The distribution of electricity costs developed from small hydropower in Thailand is shown in Figure 3. Figure 3 describes the distribution of the cost, the costs of small hydropower technology for electricity are mainly in civil engineering investment and costs of electrical and mechanical equipment.

Electricity Power Generation and Plant Capacity Factor

The average capacity factor of hydropower plants in Thailand is 44% or higher [2-3]. However, in small hydropower technology with water scarcity and the volume flow rates of small hydropower did not meet the designed capacity for electricity generation as estimated [5-10]. The other study on small hydropower in literature such as the hydropower locations in Nepal and Afghanistan [11] used capacity factors ranging between 20% and 30% with the installation capacity of each small hydropower of 25-50 kW. In this study, the results show that small hydropower plants with capacity factors are at 30% in each site.

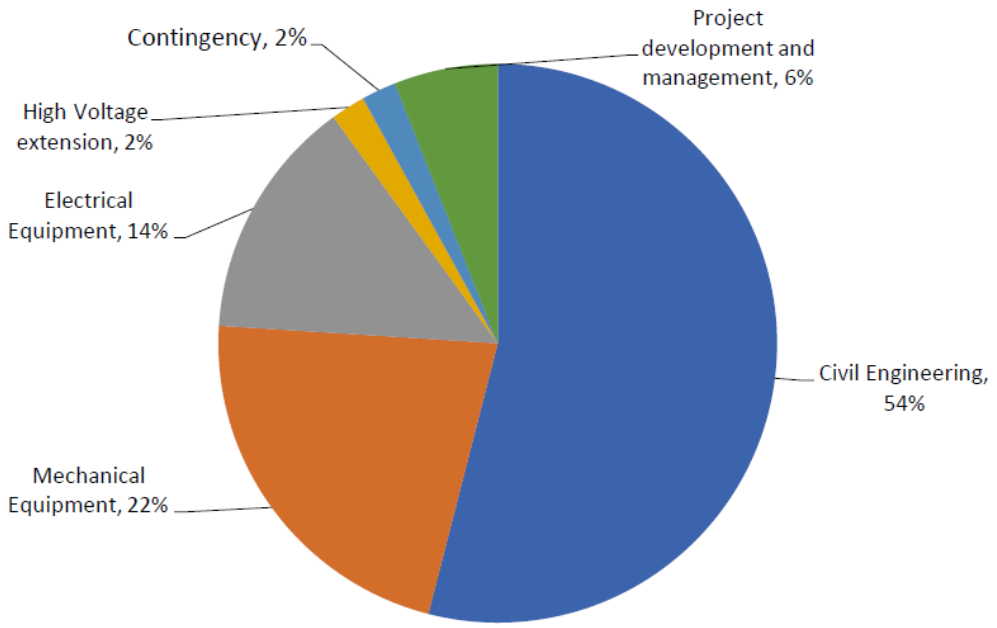


Figure 3 The distribution of initial cost in small hydropower in Thailand.

Table 1 Type of hydropower technology and annual electricity generation

Name of Power plants	capacity (kW)	Hydropower technology	Annual electricity Generation (MWh)
Mae Kum Luang	3200	Run off the river	8,410
Mae Mao	4330	Reservoir	11,379
Mae Sap	1360	Reservoir	3,574
Mae Hat	818	Run off the river	2,149

Table 2 Selected small and medium hydropower in Chiang Mai province, data obtained from the Ministry of Energy

Name of Power plants	capacity (kW)	Capital cost Million $	Turbine types and design flow rate
Mae Kum Luang	3200	4.988	1x3200 kW Francis, 1.72 m^3/s
Mae Mao	4330	11.998	2x2165 kW Francis, 3.0 m^3/s
Mae Sap	1360	3.004	2x680 kW Francis, 1.53 m^3/s
Mae Hat	818	1.358	2x409 kW Pelton, 0.34 m^3/s

Environmental Emissions Reduction

The RETscreen software has been used in this study for small hydropower resources to investigate electricity generation replacing fossil fuels power plants. The input data of the emissions factor are based on the mixed fuels from the national grid data [12]. The distribution losses in electricity transmission lines are calculated at the value of 6.0% [2-3], data obtained from the national grid in Thailand. The input emission factor in model GHG in RETscreen software [13] with 0.548 $kgCO^2/kWh$ was obtained from statistical national data in 2014. The results of the study on electricity generation cost and greenhouse gases (GHGs) of small hydropower plants in the northern regions of Thailand (in Chiang Mai province) are calculated on the plant capacity factors at 30%, shown in Table 3.

Table 3 Electricity production cost, and emissions reduction in each location.

Name of Power plants	capacity (kW)	Electricity production cost ($/kWh)	Annual CO_2 reduction potential (ton)
Mae Kum Luang	3200	0.0650	4,592
Mae Mao	4330	0.0106	6,213
Mae Sap	1360	0.0870	1,951
Mae Hat	818	0.0680	1,173

Table 3 describes the production electricity cost generated in small hydropower located in Chiang Mai province and the potential for CO_2 reductions. In this study, the production electricity cost varies from $/kWh 0.0106 to $/kWh 0.0870 and the potential of annual CO_2 reductions varied in each site from 1,173-6,213 tons of CO_2.

Table 4 Greenhouse gas emissions by different technologies [16]

Energy sources	CO_2 emissions g/kWh	SO_2 emissions g/kWh	NOx emissions g/kWh
Coal	955	11.8	4.3
Natural gas (CCGT)	430	-	0.5
Solar PV	98-167	0.2-0.34	0.18-0.30
Large hydro	3.6-11.6	0.009-0.024	0.003-0.006
Small hydro	9	0.03	0.07
Biomass power	17-27	0.07-0.16	1.1-2.5
Wind power	7-9	0.02-0.09	0.02-0.06

CCGT: Combined Cycle Gas Turbines.

The data in Table 4 shows the greenhouse gas emission (GHG emissions) in the process of electricity generation in different technology. The electricity generated with fossil fuels such as coal and natural gas (CCGT) can release high GHG emissions (CO_2, SO_2, and NOx). However, when compares among renewable resources such as biomass, solar PV, wind power, large hydro, and small hydro. Small hydropower technology is one of the best choices for electricity generation in sustainable energy development in Thailand.

The barrier to Electricity Generation in Small-Scale Hydropower

Thailand has water resources that had divided into the catchment areas of 25 river basins [14]. The water flow is limited to meet the full design capacity of hydropower installation. This limitation of water flow makes the plant capacity factors very low. The actual plant capacity factors in each site are rather lower than the values of the government's estimation. The actual data in this study shows that the water flow is related to each season's variations, these variations are due to the uncertain monsoon in each site.

Conclusion

In this study, with the discharge of a low rate flow of about 0.34-1.72 m^3/s and a high head, hydropower from the run-of-the-river scheme is more suitable. This is a reason that small hydropower has a low annual capacity factor for electricity generation. Several renewable energy projects, such as in small-scale hydropower applications, are already commercially attractive to private investments [15]. Typical energy costs for large hydropower range between $/kWh 0.02 and $/kWh 0.19 [16] and are among the lowest costs of all renewable energies, while typical energy costs for medium and small hydropower range between $/kWh 0.02 and $/kWh 0.27 [16], but can increase up to $/kWh 0.04 in rural areas, or the plant is with a very small installed capacity which less than 1 kW), or the plant is not connected to the grid. In this study, the production electricity cost varies from $/kWh 0.0106 to $/kWh 0.0870. The social benefits of CO_2 reduction of greenhouse gas emissions in small hydropower projects in the northern regions of annual reduction in grid emissions, or reduction in direct emissions when using diesel engines in cases of off-grid electrification in rural areas as described previously mentions. In this study, the potential for annual CO_2 reductions is varied in each site from 1,173 to 6,213 tons of CO_2.

Acknowledgment

The author would like to acknowledge Bangkokthonburi University for a grant supporting this research.

References

[1] Department of Alternative Energy and Development and Efficiency. Ministry of Energy. (2018). Electricity power in Thailand.

[2] Energy Policy and Planning Office. Ministry of Energy. (2014). Energy statistics of Thailand.

[3] Department of Alternative Energy and Development and Efficiency. Ministry of Energy. (2014). Thailand energy statistic.

[4] World Energy Outlook, International Energy Agency, IEA. (2015). Special Reports on Southeast Asia Energy Outlook.

[5] Rojanamon, P., Chaisomphob, T. and Bureekul, T. (2009). Application of geographical information system to site selection of small run- of- river hydropower project by considering engineering/economic/environmental criteria and social impact. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 13(9), 2336–2348.

[6] Supriyasilp, T., Pongput, K. and Boonyasirikul, T. (2009). Hydropower development priority using the MCDM method. Energy Policy. 37, 1866–1875.

[7] Wibulswas, P. and Soponronnarit, S. (2009). Potential on electricity generation from hydropower, wind power and biomass in Thailand. Journal of National Research Council of Thailand. 1-6. (Special issue: 50th Anniversary of NRCT)

[8] Kosa, P., Kulworawanichpong,T., Srivoramas, R., Chinkulkijniwat, A., Horpibulsuk, S. and Teaumroong, N. (2011). The potential micro-hydropower projects in Nakhon Ratchasima province, Thailand. Renewable Energy. 36(3), 1133–1137.

[9] Pascale, A., Urmee,T. and Moore, A. (2011). Life cycle assessment of a community hydroelectric power system in rural Thailand. Renewable Energy. 36(11), 2799–2808.

[10] Narula, K., Nagai, Y. and Pachauri, S. (2012). The role of Decentralized Distributed Generation in achieving universal rural electrification in South Asia by 2030. Energy Policy. 47, 345–357.

[11] Mainali, B. and Silveira, S. (2013). Alternative pathways for providing access to electricity in developing countries. Renewable Energy. 57, 299–310.

[12] International Energy Agency , IEA. (2012). Technology Roadmap Hydropower. Volume 68.

[13] RETScreen software. Accessed on 01 June 2019. from: https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465.

[14] Aroonrat, K. and Wongwises, S. (2015). Current status and potential of hydro energy in Thailand: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 46, 70–78.

[15] Yuksel, I. (2013). Renewable energy status of electricity generation and future prospect hydropower in Turkey. Renewable Energy. 50, 1037-1043.

[16] Uddin, W., Ayesha, K., Zeb. Haider, A., Khan, B., ul Islam, S., Ishfaq, M., Khan, I., Adil, M., and Jee Kim., H. (2019). Current and future prospects of small hydropower in Pakistan: A survey. Energy Strategy Reviews. 24, 166-177

เทคโนโลยีการแปลงขยะอินทรีย์สำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และการประยุกต์ใช้กับชุมชน

Organic Waste Conversion Technology for Refuse Derived Fuel Production And Its Application for Community

ดวงกมล เรือนงาม[1*] ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ[1] และ กิตติศักดิ์ คู่วรัญญู[2]

[1]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

Email : duangkamol.rue@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

พลังงานโลกกำลังหมดไปจึงต้องหาแหล่งพลังงานทางเลือก ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมดังนั้นขยะประเภทชีวมวล และขยะอินทรีย์จึงมีปริมาณมากและสามารถใช้เป็นพลังงานทางเลือกได้ งานนี้เป็นการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำขยะอินทรีย์เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็ง โดยแสดงถึงกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ แสดงเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปลงขยะอินทรีย์และวัตถุดิบที่ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าของขยะในระดับครัวเรือนหรือขนาดใหญ่ในอนาคต

คำสำคัญ: ขยะอินทรีย์ เชื้อเพลิงขยะ เทคโนโลยี

บทนำ

ปัจจุบันรัฐบาลกำหนดให้ ขยะมูลฝอย เป็นวาระแห่งชาติ ที่ทุกภาคส่วนของประเทศต้องให้ความสำคัญและร่วมมือกันแก้ไขปัญหาเป็นการเร่งด่วน และต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาให้ครบถ้วนตั้งแต่ต้นทางจนกระทั่งถึงปลายทาง ประเทศไทยประสบกับปัญหาวิกฤติขยะที่หมักหมมมายาวนาน ไม่สามารถกำจัดได้หมดและนับวันจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กระบวนการกำจัดขยะตกค้างไม่ได้รับความสนใจทำกันอย่างจริงจังเท่าที่ควร จึงเป็นวาระแห่งชาติที่ต้องเร่งแก้ไข การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายให้หมดไปในระยะเร่งด่วนและระยะยาว พร้อมกันนี้รัฐบาลก็สนับสนุนในการกำจัดขยะให้หมดสิ้น

จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยที่ผ่านมา พบว่า แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในทุกปี ทั้งนี้หากพิจารณาถึงอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของประเทศก็มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ ในปี พ.ศ. 2561 พบว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของประเทศไทย 27.93 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่ 1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) ปี พ.ศ. 2562 มีขยะเกิดขึ้น 28.71 ล้านตัน ปี พ.ศ. 2563 มีขยะเกิดขึ้น 25.37 ล้านตัน และ ปี พ.ศ. 2564 มีขยะเกิดขึ้น 24.98 ล้านตัน [1] และยังพบว่ามีส่วนที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมซึ่งต้องมีการจัดการเพื่อเพิ่มพื้นที่รองรับขยะมูลฝอยในอนาคต โดยมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ถึงร้อยละ 30 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น เนื่องจากยังมีการจัดการขยะแบบเทกอง (Open Dumping) เป็นส่วนใหญ่

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) ได้รับความนิยมในการเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากไม่มีต้นทุนของวัตถุดิบและสามารถประหยัดพื้นที่ในการทิ้ง ทั้งนี้ขยะบางประเภทไม่สามารถเข้าเตาเผาได้โดยตรงเนื่องจากจะสูญเสียความร้อนบางส่วนไปก่อนเกิดการเผาไหม้เพื่อให้ได้เชื้อเพลิง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสภาพชีวมวลบางประเภทก่อนเข้าเตาเผา ประเภทของขยะ

เชื้อเพลิง RDF แบ่งได้ 7 ประเภท ตามประบวนการจัดการ 1. RDF MSW คัดแยกขยะส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมา โด ยังมีขนาดตามสภาพเดิมของขยะ 2. RDF 2 Coarse RDF คัดแยกขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไม่ได้มาบด หรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ 3. RDF3 Fluff RDF คัดแยกขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไม่ได้มาบด หรือตัดจนทำให้ร้อยละ 95 ของขยะมูลฝอยมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว 4. RDF4 Dust RDF คัดแยกขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปผงฝุ่น 5. RDF5 Densified RDF คัดแยกขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้มาผ่าน กระบวนการอัดแน่นมีลักษณะ เช่น แท่ง ก้อนกลม ลูกบาศก์ Pellets เป็นต้น 6. RDF6 RDF Slurry คัดแยกขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอยู่ในรูป Slurry 7. RDF7 RDF Syngas คัดแยกขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) เพื่อผลิต Syngas ที่ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้

วิธีการวิจัย

ทบทวนงานวิจัยที่ดำเนินการโดยใช้เทคโนโลยีการแปลงขยะอินทรีย์ด้วยกระบวนการ torrefaction ในการดำเนินงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ข้อมูลวิธีการวิจัยโดยเริ่มตั้งแต่การรับและเตรียมวัตถุดิบจนถึงได้ผลิตภัณฑ์ มีดังนี้

1. ขยะเชื้อเพลิง
    a. ชนิดวัตถุดิบ ชีวมวลที่ใช้ ได้แก่ เหง้ามัน ทะลายปาล์ม ฟางข้าว ยอดอ้อยใบอ้อย
        i. คุณสมบัติชีวมวลองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเส้นใยประเภทต่างๆ
        ii. องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (elemental analysis) ได้แก่ C H O N S
    b. ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ
        i. ขนาดวัตถุดิบ
    c. องค์ประกอบอื่นๆ ในกระบวนการ
2. ระบบที่ใช้ในการดำเนินงานมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ระบบกะ และระบบแบบต่อเนื่อง

ระบบกะ เป็นระบบที่คงที่ไม่เคลื่อนไหว ส่วนระบบแบบต่อเนื่องมีการเคลื่อนไหวโดยสามารถกำหนดจำนวนรอบที่สัสผัสกับถังปฏิกรณ์ได้ ซึ่งทั้ง 2 ปแบบมีทั้งระบบขนา

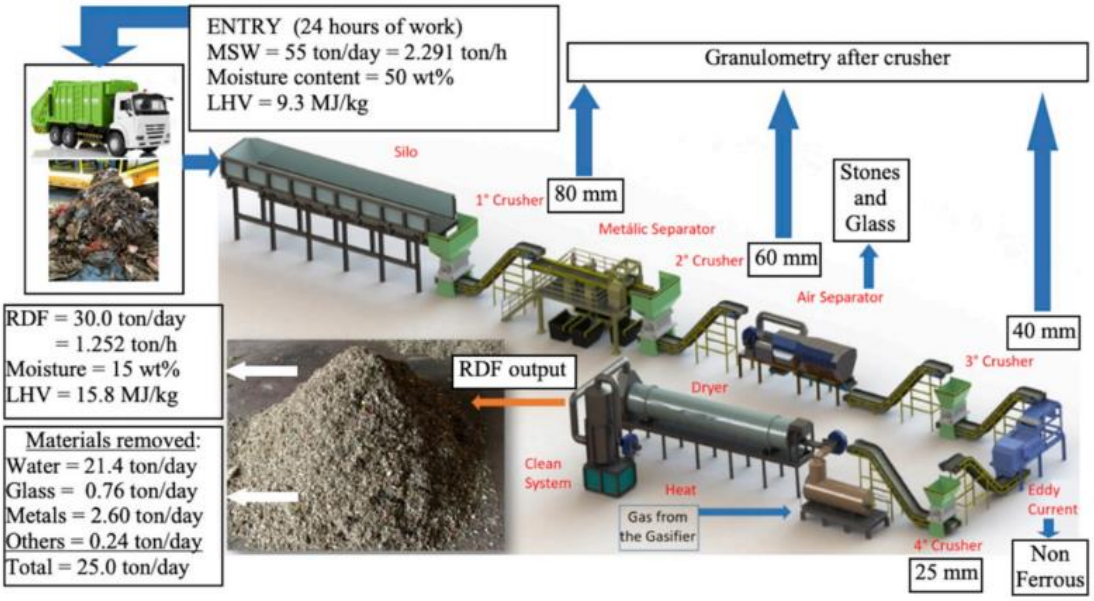
3. ระบบการให้ความร้อนมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความร้อนโดยตรง และความร้อนโดยอ้อม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

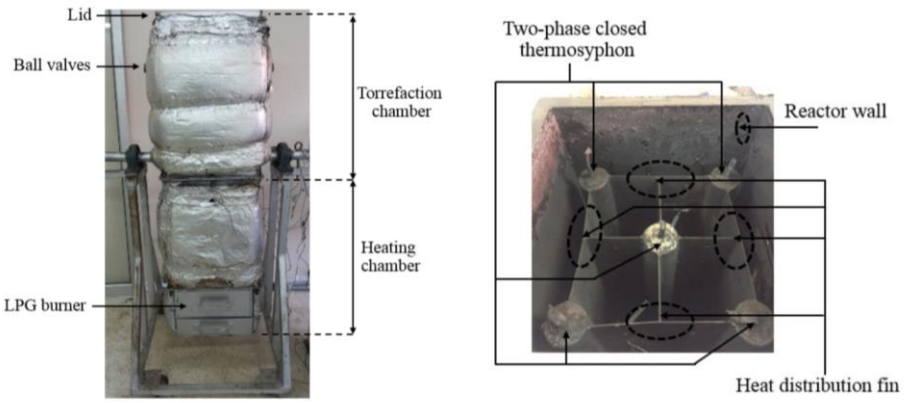
1. เทคโนโลยีแปลงสภาพชีวมวล

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งได้ศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ โดยนำขยะจากชุมชนมาผ่านกระบวนการแปลงสภาพหลายขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับการเผา การสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงขยะมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดขยะที่มีปริมาณมากและก่อเกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG, green house gas) โดยงานวิจัยของ Srisaeng และคณะ ปี 2017 [2] สามารถผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้ากำลัง 5 MWe ซึ่งมีความเสถียรต่อความผันผวนของต้นทุนเงินรวม ±50% งานวิจัยของ Infiesta และคณะ 2019 [3] ศึกษาการนำขยะมูลฝอยชุมชน (MSW) จากเมือง Boa Esperança ประเทศบราซิลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนำกลับมาใช้ใหม่ (RDF) ขยะดิบถูกส่งไปในไซโลและส่งไปยังเครื่องบดหลัก โดยใช้สายพานลำเลียงโลหะซึ่ง

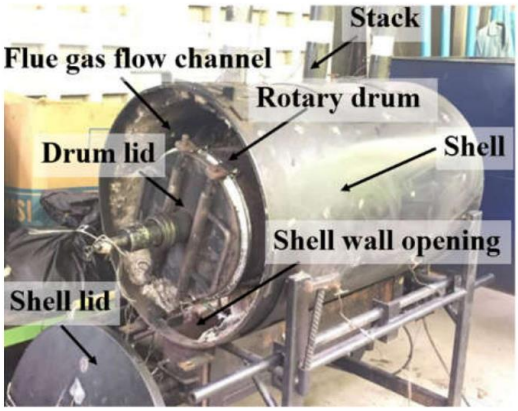
ลดขนาดอนุภาคลงเหลือ 80 มม. ชีวมวลถูกส่งผ่านไปยังรูปแบบการเก็บขยะแบบเลสายพานยาง ขยะถูกถ่ายโอนไปยังเครื่องบดย่อยซึ่งทำให้ขนาดอนุภาคลดลงเป็น 60 มม. จากนั้นขนาดอนุภาคลดลงเหลือ 40 มม. อลูมิเนียมถูกแยกออกจากวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ (พลาสติก, กระดาษ, ยาง, ฯลฯ) โดยใช้กระแสไหลวน จากนั้นขนาดอนุภาคลดลงเหลือ 25 มม. MSW ถูกนำไปอบแห้งโดยเครื่องอบแบบโรตารี่ที่ใช้สายพานลำเลียง ซึ่งขยะมีความชื้นลดลงจาก 50% เหลือ 15 % โดยน้ำหนัก ต้องการพลังงานความร้อนเท่ากับ 186 kWh จากการประเมินพบว่า RDF มีประสิทธิภาพในการแปลงขยะเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถใช้การออกแบบและการสร้างต้นแบบอุตสาหกรรม SWPL ที่มีความสามารถในการประมวลผล 55 ton day^{-1} MSW ที่มีความชื้นสูงถึง 50 wt.% นอกจากนี้ยังสามารถผลิต RDF ได้ประมาณ 30 ตันต่อวัน โดยมีค่าความชื้น 17 ± 8 wt.% และ LHV เฉลี่ย 14.6 ± 1.3 $MJkg^{-1}$ จากผลการวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า RDF ที่ผลิตได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งหรือฟอสซิลเพิ่มเติม โดยสายการผลิต RDF แสดงดังภาพที่ 1 นอกจากนี้งานวิจัยของ Tan et. Al., 2015 [4] ประเทศมาเลเซียใช้หลักการวิเคราะห์ด้านพลังงานเสรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (3E) ในการจัดการขยะเพื่อเป็นพลังงาน (WTE) เทคโนโลยีที่ใช้ได้แก่ LFGRS, incineration, anaerobic digestion (AD) และ gasification ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศมาเลเซีย คือ incineration งานวิจัยจำนวนมากใช้เทคโนโลยี torrefaction เป็นเทคโนโลยีในการปรับสภาพชีวมวลหรือขยะอินทรีย์ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงถ่าน โดยใช้ความร้อนช่วงอุณหภูมิ 200-300°C ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งสามารถออกแบบระบบให้ความร้อนได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม การให้ความร้อนโดยตรงมีหลายรูปแบบ ได้แก่ เตาไฟ (Hearth Furnace) ไมโครเวฟ แบบเคลื่อนที่ (moving bed) แบบสั่น (vibrating belt) แบบดรัมหมุนได้ (rotating drum) แบบสว่าน และแบบ thermosiphon เกิดเป็นถ่านชีวภาพ biochar [5-29] ตัวอย่างเครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดนิ่งแบบพ่นความร้อน (thermosyphon-fixed bed reacter) และถังปฏิกรณ์แบบ rotating drum (small-scale rotaing drum, SS0RDR) ขนาดเล็กโดยไม่พ่นอากาศเข้าระบบเพื่อสามารถใช้ได้ในบ้านเรือน แสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิต RDF



ภาพที่ 2 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดนิ่งแบบพ่นความร้อน (thermosyphon-fixed bed reacter) (Soponpongpipat et al., 2020)



ภาพที่ 3 ถังปฏิกรณ์แบบ rotating drum (small-scale rotaing drum, SS0RDR) [11]

2. ชนิดวัตถุดิบ

เหง้ามันสำปะหลัง (cassava rhizome) [11] ชายอ้อย ไม้ป๊อบล่า (ไม้ทิวลิป) และ เส้นใย (xylan cellulose lignin) มูลช้าง ขยะอินทรีย์ 8 ชนิด (ไม้ ขยะจากครัวเรือน) ชีวมวลเหลือทิ้งจากพืช [13] ของเสียชีวภาพจากกระบวนการผลิตอาหาร กากแบลคเคอเรน แอปเปิ้ล เปลือกส้ม เปลือก วอลนัท และเมล็ดฟักทอง [14] ของเสียจากการเกษตร 4 ชนิด ที่มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสแตกต่างกัน ได้แก่ แกลบ กะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด [16] ชานอ้อย [17] pitch pine sawdust (PSD) และ ปอแก้ว (kenaf) ซึ่งเป็นพืชยืนต้นและพืชล้มลุก [19] ของเสียที่เป็นอาหารแห้ง [22] ขยะอินทรีย์แข็ง 9 ชนิด (กระดาษหนังสือพิมพ์, ขยะชุมชนแห้ง, ขยะชุมชนเพื่อทำปุ๋ย น้ำชะขยะ และสาหร่ายเพื่อทำปุ๋ย ฟางข้าวบาร์เล่) ซังข้าวและซังข้าวโพด

3. การประยุกต์ใช้ด้านพลังงานชุมชน

เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายในด้านทรัพยากรส่งผลให้สิ่งที่ไม่ใช้แล้วหรือขยะที่ทิ้งสู่ชุมชนมีความหลากหลาย อีกทั้งที่ดินสำหรับทิ้งขยะที่เกิดขึ้นมีจำนวนจำกัด การตระหนักถึงการใช้เทคโนโลยีในการกำจัดหรือเพิ่มมูลค่าของขยะให้สามารถใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดในแง่ความยั่งยืน การลดต้นทุนนั้นสามารถทำได้โดยพิจารณาเทียบเคียงกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น และอีกหลายประเทศในโลก ขั้นตอนเริ่มต้นต้องสร้างความตระหนักรู้ให้กับประชาชนเพื่อให้

เห็นคุณค่าของขยะและให้ความรู้ด้านเทคโนโลยที่ชุมชนสามารุนำไปประยุกต์ได้ โดยมากขยะอินทรีย์เป็นขยะที่ย่อยสลายง่ายและมีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมานานแล้ว โดยนำไปหมักแล้วทำให้เกิดเชื้อเพลิงในรูปก๊าซซึ่งสามารถต่อกับเตาแก๊สตามบ้านเรือนได้โดยตรง สำหรับการที่จะนำขยะอินทรีย์มาทำให้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของแข็งนั้นก็สามารถทำได้ ซึ่งในอดีตมีงานวิจัยและการนำไปใช้งานจริงโดยนำไปเผาโดยตรง ได้แก่ ชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรก็สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้แต่ควรกำจัดน้ำที่มีอยู่แล้วก่อน โดยการตากแดดหรือเผาไล่ความชื้น เพื่อความสะดวกในการขนย้ายจึงทำการอัดแท่งเพื่อลดพื้นที่และสามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน การเพิ่มค่าทำความร้อนของชีวมวลอินทรีย์สามารถทำได้โดยเทคโนโลยี torrefaction หรือ/คือ pyrolysis ในช่วงอุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีประชาชนในชุมชนตั้งแต่อดีตได้ใช้วิธีนี้ในรูปการเผาถ่านแต่อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี torrefaction และ/หรือ pyrolysis ควรดำเนินการในระบบปิดที่มีการควบคุมอย่างดีเพื่อป้องกันก๊าซหรือสารพิษที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ระบบดังกล่าวค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายดังนั้นควรรวมกลุ่มกันในชุมชนเพื่อสร้างและควบคุมการดำเนินงานของระบบซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ในแง่เศรษฐศาสตร์แล้วยังมีประโยชน์ในแง่การรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย

สรุปผลการวิจัย

ในการนำวัตถุดิบใดมาเป็นพลังงานต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติชีวมวลว่าสามารถเป็นเชื้อเพลิงได้หรือไม่ ถ้าสามารถเป็นเชื้อเพลิงได้ ขั้นตอนต่อไปต้องนำไปเข้ากระบวนการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาความต้องการจัดการขยะของชุมชน การมีส่วนได้ส่วนเสียของผู้มีส่วนร่วมในมิติต่างๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาไฟฟ้า เพื่อการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่ใช้ในการประกอบกิจการไฟฟ้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย (มาตรา 97(4)) และ ห้องวิจัยนวัตกรรม เชื้อเพลิงและพลังงาน ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบสารสนเทศ **การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน** สืบค้นเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2565, จาก https://thaimsw.pcd.go.th/report1.php?year=2564

[2] Srisaeng, N., Tippayawong, N. and Tippayawong, K.Y. (2017). Energetic and Economic Feasibility of RDF to Energy Plant for a Local Thai Municipality. **Energy Procedia**. 110, 115-120.

[3] Infiesta, L.R., Ferreira, C.R.N., Trovó, A.G., Borges, V.L. and Carvalho, S.R. (2019). Design of an industrial solid waste processing line to produce refuse-derived fuel. **Journal of Environmental Management.** 236, 715-719.

[4] Tan, S.T., Ho, W.S., Hashim, H., Lee, C.T., Taib, M.R. and Ho, C.S. (2015). Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia. **Energy Conversion and Management.** 102, 111-120.

[5] Chinnathan A., Dachao, M., Patrick, P., and Kunio, Y. (2016). A Review on Pilot-Scale Applications of Hydrothermal Treatment for Upgrading Waste Materials, **International Journal of Environmental Science and Development**, 7(6), June 2016.

[6] Mamvura, T.A. and Danha G. (2020). Review article Biomass torrefaction as an emerging technology to aid in energy production. **Heliyon**. 6, e03531.

[7] Barskov, S., Zappi, M., Buchireddy, P., Dufreche, S., Guillory J., Gang, D., Hernandez, R., Bajpai, R., Baudier, J., Cooper, R., Sharp, R. (2019). Review Torrefaction of biomass: A review of production methods for biocoal from cultured and waste lignocellulosic feedstocks. **Renewable Energy**. 142, 624-642.

[8] Stępień, P., Pulka, J. and Białowiec, A. (2017). **Chapter 2 Organic Waste Torrefaction – A Review: Reactor Systems, and the Biochar Properties** สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2565 http://dx.doi.org/10.5772/67644.

[9] Pulka J., Manczarski P., Koziel A.J. and Białowiec A. (2019). Torrefaction of Sewage Sludge: Kinetics and Fuel Properties of Biochars. **Energies**. 12, 565, doi:10.3390/en12030565.

[10] Pulka J., Manczarski P., Stępień P., **Styczyńska** M., Koziel A.J. and Białowiec A. (2020). Waste-to-Carbon: Is the Torrefied Sewage Sludge with High Ash Content a Better Fuel or Fertilizer?. **Materials (Basel)**. 13(4), 954 doi:10.3390/ma13040954.

[11] Soponpongpipat N., Nanetoe S. and Comsawang P. (2020). Thermal Degradation of Cassava Rhizome in Thermosyphon-Fixed Bed Torrefaction Reactor. **Processes**. 8, 267; doi:10.3390/pr8030267.

[12] Soponpongpipat N., Nanetoe S. and Comsawang P. (2020. Thermal and Torrefaction Characteristics of a SmallScale Rotating Drum Reactor. **Processes**. 8, 489, doi:10.3390/pr8040489.

[13] Bajcar M., Zaguła G., Saletnik B., Tarapatskyy M. and Puchalski C. (2018). Relationship between Torrefaction Parameters and Physicochemical Properties of Torrefied Products Obtained from Selected Plant Biomass. **Energies**. 11, 2919; doi:10.3390/en11112919.

[14] Dyjakon A., Noszczyk T. and Smędzik M. (2019). The Influence of Torrefaction Temperature on Hydrophobic Properties of Waste Biomass from Food Processing. **Energies**. 12, 4609, doi:10.3390/en12244609.

[15] Dyjakon A. and Noszczyk T. (2020). Alternative Fuels from Forestry Biomass Residue: Torrefaction Process of Horse Chestnuts, Oak Acorns, and Spruce Cones. **Energies**. 13, 2468, doi:10.3390/en13102468.

[16] Nakason K., Pathomrotsakun J., Kraithong W., Khemthong P. and Panyapinyopol B. (2019). Torrefaction of agricultural wastes: Influence of lignocellulosic types and treatment temperature on fuel properties of biochar. **International Energy Journal**. 19, 253 – 266.

[17] Sirijuncheun S., Seithtanabutara V. and Wongwuttanasatian T. (2020). **Upgrading Bagasse Quality by Torrefaction for a Biomass Power Plant. Key Engineering Materials**, ISSN: 1662-9795, 846, 267-273.

[18] Dyjakon A. and Noszczyk T. (2019). The Influence of Freezing Temperature Storage on the Mechanical Durability of Commercial Pellets from Biomass. **Energies**. 12, 2627, doi:10.3390/en12132627.

[19] Lkhagvadorj Sh, Byoung-Hwa L., Young-Joo L. and Chung-Hwan J. (2019). Comparing the Physicochemical Properties of Upgraded Biomass Fuel by Torrefaction and the Ashless Technique. **Appl. Sci.**. 9, 5519, doi:10.3390/app9245519.

[20] Gilvari H., Cutz L., Tiringer U., Mol A., de Jong W. and Schott L. D. (2020.) The Effect of Environmental Conditions on the Degradation Behavior of Biomass Pellets. **Polymers**. 12, 970, doi:10.3390/polym12040970.

[21] Wickramasinghe D.G.C., Narayana M. and Witharana S. (2020). **Optimization of Process Parameters for Organic Municipal Solid Waste Torrefaction**. Downloaded from IEEE Xplore.

[22] Singh D. and Yadav S. (2019). Evaluation of the physico-chemical development of kitchen food wastes through torrefaction - a biodiversity case study. **Biomass conversion and Biorefinery**. https://doi.org/10.1007/s13399-019-00526-x.

[23] Jeeban P., Tae-In and Sea Cheon Oh (2015.) A study on torrefaction of food waste. **Fuel**. 140, 275–281.

[24] Matsakas L., Gao Q., Jansson S., Rova U., Christakopoulos P. (2017). Review Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. Electronic. **Journal of Biotechnology**. 26, 69–83.

[25] Pahla G., Ntuli F., Muzenda E. (2018). Torrefaction of landfill food waste for possible application in biomass co-firing. **Waste Management**. 71, 2018, 512-520.

[26] Nhuchhen D. R., Basu P. and Acharya B. (2014). A Comprehensive Review on Biomass Torrefaction. IBIMA Publishing, **International Journal of Renewable Energy & Biofuels**. DOI: 10.5171/2014.506376.

[27] Prawisudha P., Azka R. G., Triyono B., Pasek D. A.(2018). Multi-production of Solid Fuel and Liquid Fertilizer from Organic Waste by Employing Wet Torrefaction Process. **AIP Conference Proceedings**. 1984, 030008; https://doi.org/10.1063/1.5046629
Published Online: 25 July 2018.

[28] Prawisudha P., Triyono B., Rorimpandey K., Irhamna R.A., Hardianto T., and Pasek D.A. (2018). Development of torre-briquetting process to convert mixed MSW into high energy density solid fuel. **AIP Conference Proceedings**. 1984, 020028; https://doi.org/10.1063/1.5046612 Published Online: 25 July 2018.

การศึกษาเปรียบเทียบการล้างทำความสะอาดฝุ่นเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต : กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ

A comparative study power generation of cleaning dust over solar panels : A case study of a floating solar power plant

บัณฑิตย์ รู้หลัก[1] และ ชานนท์ บุญมีพิพิธ[1*]
[1] สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
E mail : Chanon.bun@rmutr.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินผลกระทบจากฝุ่นละอองที่ส่งผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ขนาดการติดตั้ง 1,927.8 kWp แบ่งเป็น 2 โซน โซนละ 963.9 kWp ในสภาวะแวดลอมเดียวกัน โดยทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสงหรือรังสีตกกระทบของแสงอาทิตย์และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บันทึกค่าได้โดยเครื่อง Inverter ซึ่งเครื่องสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยจากการศึกษาสามารถอ่านค่าได้จากระบบ monitoring ของเครื่อง Inverter เอง การตั้งเกณฑ์เข้าล้างแผงโซนที่ 1 เมื่อค่าประสิทธิภาพลดลงมากกว่า 5% ทำให้ทั้ง 3 เดือนค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพอยู่ที่ 78.01% และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้สูงถึง 391,698.46 kWh โซนที่ 2 ที่ไม่มีการล้างแผงเลยนับจากครั้งแรกที่เริ่มเก็บข้อมูลค่าพลังงานซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพทั้ง 3 เดือน อยู่ที่ 74.27% และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้คือ 373,141.69 kWh มีค่าน้อยกว่าโซนที่ 1 ถึง 18,556.77 kWh และเมื่อคิดรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการล้างแผงเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นในการล้างแผง พบว่าในช่วงระยะเวลาทั้ง 3 เดือนได้ส่วนต่างค่าไฟถึง 43,694.92 บาท

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง, ประสิทธิภาพของระบบ, กรณีติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังจะเห็นได้จากโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นมากมาย ตามข้อมูลที่แสดงในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน กำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ส่วนเพิ่มนโยบายภาครัฐมีเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ณ สิ้นปี 2580 จำนวน 8,740 เมกะวัตต์

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายปัจจัย เช่น การเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ การบดบังเงา สภาพแดล้อมและภูมิอากาศ เป็นต้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นในทุกๆสถานที่คือฝุ่นละอองที่ตกสะสมอยู่บนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การส่องผ่านของแสงลดลง ส่งผลกระทบทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ลดลงด้วย ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจนมองเห็นด้วยตาเปล่าอย่างเช่น ควันดำจากท่อไอเสียรถยนต์ หรือฝุ่นบนถนนลูกรัง แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช หรือเกิด

ความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อผู้คน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรค์ในการคมนาคมขนส่ง หลายประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย US.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) PM10 ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5-10ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจร บนผิวถนนที่ไม่ได้ลาดยางจากการขนส่ง หรือฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อยหิน และ PM2.5 หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5ไมครอน ฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน เป็นต้น [1]

จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนและหลังล้างทำความสะอาดเปรียบเทียบกันจะพบว่า โซนที่มีฝุ่นละอองสะสมเยอะจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลง เนื่องจากเมื่อมีฝุ่นละอองสะสมบริเวณผิวกระจกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หนา จะทำให้แสงส่องผ่านได้น้อยลงและทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ลดน้อยลง ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการประเมินผลกระทบจากฝุ่นละอองและประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานด้วยแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ เปรียบเทียบกันระหว่างพื้นที่ติดตั้งที่ได้รับการล้างทำความสะอาดและพื้นที่ติดตั้งที่ปล่อยให้มีฝุ่นละอองสะสมที่ผิวกระจกเป็นระยะเวลาที่เท่ากัน โดยทั้ง 2 พื้นที่ติดตั้งอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกัน ดังนั้นองค์ประกอบต่างๆเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม การออกแบบหรือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จะเหมือนกัน และจากการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ทำความสะอาดพบว่าฝุ่นที่สะสมหน้าแผงส่งผลต่อสมรรถนะการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณ 10% โดยใช้เวลาในการศึกษาอยู่ 3 เดือน ถ้าคิดเป็นรายได้พื้นที่ติดตั้งที่ไม่ได้ล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสูญเสียรายได้ไปประมาณ 51,985.98 บาท หรือลดลงประมาณ 12% จากรายได้ที่ควรได้รับ

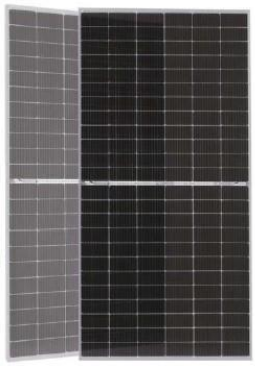
วิธีการทดลอง

การดำเนินงานครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 รูปแบบ โดยมีกำลังการผลิต 963.9 kW จำนวน 2 แหล่งที่ติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ โดยมีรายละเอียดการติดตั้งดังนี้

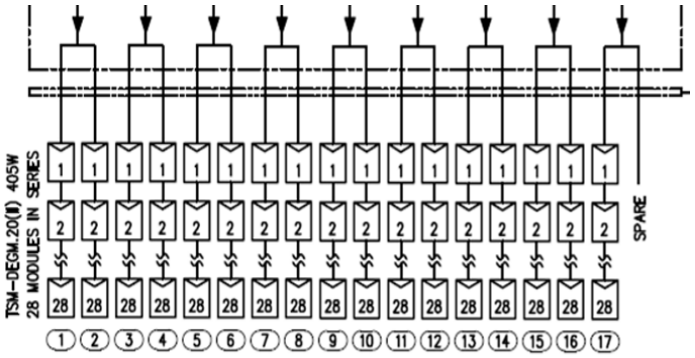
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Monocrystalline (Bi-facial) ขนาด 405 W
- ต่ออนุกรมจำนวน 28 แผงต่อวงจร (String)
- มี 2 วงจร (string) ต่อขนานกันใน 1 MPPT (Maximum Power Point Tracker)
- 17 วงจร(string) ต่อ 1 Inverter(185 kW)

ตารางที่ 1 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และ Inverter

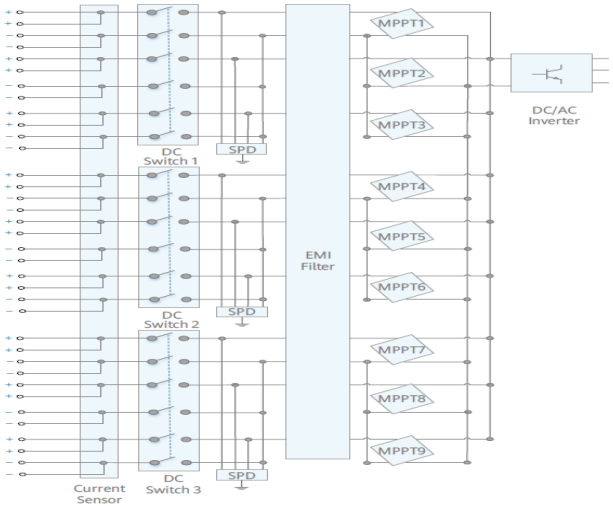
	จำนวนแผงเซลล์ฯ(แผง)	Inverter(เครื่อง)	กำลังติดตั้ง (kWp)
โซนที่1	2,380	5	963.90
โซนที่2	2,380	5	963.90



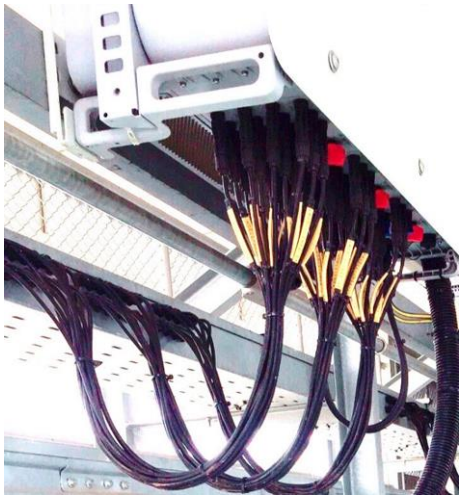
ก. แผงเซลล์แสงอาทิตย์



ข. การต่ออนุกรมระบบ



ค. Maximum Power Point Tracker



ง. การต่อเข้ากับ Inverter

ภาพที่ 1 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ก. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ข. การต่ออนุกรม ค. Maximum Power Point Tracker และ ง. การต่อเข้ากับ Inverter

ระบบที่กรณีศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของกำลังการผลิตรวม 4.3 เมกกะวัตต์ ที่ทั้งระบบติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ในพื้นที่บ่อเก็บขนาดใหญ่ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะการติดตั้งในพื้นที่กรณีศึกษา

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จากองค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตของระบบประกอบด้วย ตัวแปรความร้อน (Temperature factor) ที่แผง สายไฟหรือที่อุปกรณ์ไฟฟ้าล้วนทำให้

ประสิทธิภาพของระบบลดลงซึ่งตัวแปรนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ 0.89 ความสูญเสียที่เกิดจากความสกปกรกที่หน้าแผง (Dirt and dust factor) ค่าสัมประสิทธิ์ 0.93 Conversion loss from direct current to alternating flow (DC-AC) ค่าสัมประสิทธิ์ 0.90 ความสูญเสียที่เกิดจากมุมของแผ่นที่รับแสงที่แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ (Sun angle factor) ระหว่างวันซึ่งจะพิจารณาจากการใช้โปรแกรม PVsyst ในการ Simulation การติดตั้งในมุมที่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น และการสูญเสียในสายไฟฟ้า (Wiring and incompatibility losses) ค่าสัมประสิทธิ์ประมาณ 0.95 [2]

การประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ วิธีการประเมินประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นจะต้องอ้างอิงตามมาตรฐาน International Electrotechnical Commission หรือ IEC 61724

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Yf) หรือผลผลิตสุดท้าย เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับต่อการติดตั้งระบบ 1 kWp ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 [3]

โดยที่

$$Y_f = \frac{E_{PV(AC)}}{P_o} \quad (1)$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบต่อกำลังการติดตั้งสูงสุด (kWh/kWp)

$E_{PV(AC)}$ คือ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า (kWh)

Po คือ ขนาดของระบบ PV ที่ติดตั้ง (kWp)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดทางทฤษฎี (Y_r) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2, [3]

โดยที่

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (2)$$

Yr คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุด (kWh/kWp)

Hi คือ ค่ารังสีอาทิตย์ (kWh/m^2)

G_{STC} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มาตรฐาน STC (1 kW/m^2)

สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio หรือ PR) เป็นค่าที่บอกถึงคุณลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 [3]

โดยที่

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

PR คือ ประสิทธิภาพของระบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio)

การบันทึกค่าพลังงานและประสิทธิภาพของระบบ

โดยการระบุโซนของเครื่อง Inverter เพื่อทำการวัดค่าประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio) โซนที่ 1 จะมีการวางแผนกำหนดช่วงเวลาเพื่อเข้าทำการล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมโดยทำการล้างทันทีด้วยน้ำสะอาดเมื่อค่าประสิทธิภาพของระบบ (PR) นั้นลดลงเกิน 5% และโซนที่ 2 ปล่อยให้มีการสะสมของฝุ่นละอองตามธรรมชาติเป็นระยะเวลา 3 เดือนเท่ากัน เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วผู้ประกอบการจะมีแผนล้างประมาณ 3 ถึง 4 ครั้งต่อปี หรือ 3 ถึง 4 เดือนต่อการล้าง 1 ครั้ง

การบันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้(kWh) ค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบ (W/m^2) และประสิทธิภาพของระบบจากเครื่อง Inverter แต่ละเครื่องทั้งโซน 1 และโซน 2

ประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจาก Inverter แต่ละเครื่อง

รวมค่าใช้จ่ายการล้างทำความสะอาดเพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบในโซนที่ 1

วิเคราะห์ด้านเศษฐศาสตร์ เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการล้างแผงรายปีและผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นหลังจากการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าหลังจากที่ทำการล้างและเริ่มบันทึกค่าพลังงานเพียงแค่วันเดียวจะเริ่มมีมูลของนก (ตามภาพที่ 3 ก.) และจะเริ่มมีละอองฝุ่นบางๆ จากถนนที่อยู่ใกล้พื้นที่โรงไฟฟ้าและจากในพื้นที่โรงงานฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ถูกพัดพามากับสายลมและในตอนเช้าที่มีความชื้นหรือหมอกจะทำให้ฝุ่นละอองเหล่านี้จับตัวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แน่นขึ้นเกิดเป็นคราบหนาสะสม กรณีหน้าฝนแม้จะมีฝนตกคราบจากมูลนกก็ยังคงไม่หลุดออกหรือถ้าฝุ่นละอองจับตัวกันหนาแล้วก็จะถูกน้ำฝนล้างออกได้ไม่หมดอยู่ดียังคงมีคราบอยู่หน้าแผ่นกระจกเหมือนเดิม



ก. มูลของนกหลังการล้างเพียง 1 วัน ข. ลักษณะฝุ่นบนแผงที่ไม่ได้ล้าง 3 เดือน

ภาพที่ 3 ลักษณะของฝุ่นละอองที่จับตัวบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก. มูลของนกหลังการล้างเพียง 1 วัน และ ข. ลักษณะฝุ่นบนแผงที่ไม่ได้ล้าง 3 เดือน

ตารางที่ 2 ผลการบันทึกข้อมูลโซนที่ 1 เดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2565

เดือน ปี	กำลังติดตั้ง (kWp)	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต (kWh)	ค่ารังสีอาทิตย (kWh/m^2)	ประสิทธิภาพของระบบ (PR)
มีนาคม	963.9	138,410.49	183.72	78.16%
เมษายน	963.9	136,509.69	181.54	78.01%
พฤษภาคม	963.9	116,778.28	155.94	77.84%
รวม		391,698.46	521.20	78.01%

จากตารางที่ 2 ก่อนบันทึกค่าได้ดำเนินการล้างแผงก่อนและมีค่าประสิทธิภาพของระบบประมาณ 80% และจะทำการล้างแผงเมื่อค่าประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่า 75% ซึ่งจะเป็นช่วงกลางเดือนเมษายน นั่นหมายความว่าระยะเวลา 45 วัน หลังจากการล้างแผงค่าประสิทธิภาพของระบบจะลดลงประมาณ 5% และเมื่อล้างแผงเสร็จค่าประสิทธิภาพของระบบจะกลับมามีค่าประมาณ 80% อีกครั้งทำให้ทั้ง 3 เดือนนี้มีค่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 78.01% ด้วยกำลังติดตั้งที่ 963.9 kWp ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 391,698.46 kWh โดยมีค่าสะสมของรังสีอาทิตย์อยู่ 521.20 kWh/m^2

ตารางที่ 3 ผลการบันทึกข้อมูลโซนที่ 2 เดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2565

เดือน	กำลังติดตั้ง (kWp)	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต (kWh)	ค่ารังสีอาทิตย์ (kWh/m^2)	ประสิทธิภาพของระบบ (PR)
มีนาคม	963.9	138,600.93	183.72	78.27%
เมษายน	963.9	132,054.98	181.54	75.46%
พฤษภาคม	963.9	102,485.78	155.94	68.18%
รวม		373,141.69	521.20	74.27%

จากตารางที่ 3 ก่อนบันทึกค่าได้ดำเนินการล้างแผงก่อนและมีค่าประสิทธิภาพของระบบประมาณ 80% เช่นเดียวกับโซนที่ 1 แต่จะไม่มีการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลยจนเวลาผ่านไป 3 เดือนพบว่าค่าประสิทธิภาพของระบบลดลงไปประมาณ 12% ทั้ง 3 เดือนมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 74.27% ด้วยกำลังติดตั้งที่ 963.9 kWp ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 373,141.69 kWh น้อยกว่าโซนที่ 1 อยู่ 18,556.77 kWh โดยมีค่าสะสมของรังสีอาทิตย์อยู่ 521.20 kWh/m^2 เท่ากัน

ตารางที่ 4 รายได้ค่าไฟฟ้าส่วนที่เพิ่มขึ้นจากการล้างแผง

เดือน	ค่าไฟฟ้าโซน 1 (บาท)	ค่าไฟฟ้าโซน 2 (บาท)	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า (บาท)
มีนาคม 2565	512,185.20	511,389.70	795.50
เมษายน 2565	469,425.29	454,226.33	15,198.96
พฤษภาคม 2565	427,306.26	375,320.28	51,985.98
รวมส่วนต่างค่าไฟฟ้า			67,980.44

หมายเหตุ: ค่าไฟฟ้าคิดหน่วยค่าไฟตามอัตรา TOU 4.2.2 โดยแยก peak, off-peak, holiday

จากตารางที่ 4 สรุปค่าไฟฟ้าที่ได้จากทั้ง 2 โซน จะเห็นว่าเดือนมีนาคมค่าไฟทั้ง 2 โซนจะใกล้เคียงกันมากแต่เดือนเมษายนโซนที่ 1 ผ่านการล้างแผงทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้ายังมีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ซึ่งโซนที่ 2 ได้รับค่าไฟฟ้าน้อยกว่าถึง 15,198.96 บาท และเดือนพฤษภาคมโซนที่ 2 ได้รับค่าไฟฟ้าน้อยกว่าถึง 51,985.98 บาท หรือลดลงประมาณ 12% จากรายได้ที่ควรได้รับ

ตารางที่ 5 ต้นทุนในการล้างแผงรายเดือน

	จำนวนแผงเซลล์ฯ (แผง)	ต้นทุนล้างเดือนมีนาคม(บาท)	ต้นทุนล้างเดือนเมษายน(บาท)	ต้นทุนล้างเดือนพฤษภาคม(บาท)	ต้นทุนรวม 3 เดือน (บาท)
โซนที่1	2,380	12,142.76	12,142.76	12,142.76	36,428.28
โซนที่2	2,380	12,142.76	0	0	12,142.76

จากตารางที่ 5 จะแสดงต้นทุนในการล้างแผงแต่ละเดือนเพื่อใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยมีต้นทุนคือค่าจ้างเหมาล้างแผงราคา 5 บาทต่อแผง โดยราคารวมอุปกรณ์ในการล้างแล้วคิดเป็นเงิน 11,900บาท/ครั้ง เนื่องจากโรงไฟฟ้ามีระบบน้ำสะอาดเพื่อล้างแผงอยู่แล้วทำให้มีต้นทุนน้ำที่ต่ำจึงใช้อัตราค่าน้ำเท่ากับอัตราค่าน้ำประปาส่วนภูมิภาคสำหรับที่อยู่อาศัย คือ 10.2บาท/ลบ.ม. และการล้างแผงจะใช้น้ำประมาณ 10 ลิตร/แผง ดังนั้นแต่ละครั้งในการล้างจะใช้น้ำประมาณ 23.8

ลบ.ม. คิดเป็นค่าน้ำล้างแผงประมาณ 242.76 บาท/ครั้ง รวมทั้ง 3 เดือนโซนที่1 จะมีต้นทุนในการล้างแผงสูงกว่าโซนที่2 เป็นเงิน 24,285.52บาท สรุปแล้วรายได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการล้างแผงทั้ง 3 เดือนคือ 43,694.92 บาท

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ทำการล้างแผงโดยการใช้ค่าประสิทธิภาพของระบบเป็นตัวกำหนดในการล้างแผงโดยที่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ขนาดการติดตั้ง 1,927.8 kWp แบ่งเป็น 2 โซน โซนละ 963.9 kWp อยู่ในสภาวะแวดลอมเดียวกัน ทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสงหรือรังสีตกกระทบของแสงอาทิตย์และค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่อง Inverter และตัวเครื่องสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพของระบบให้ดูได้ เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้พบว่า ตามตารางที่ 2 โซนที่ 1 ที่มีการล้างแผงเมื่อค่าประสิทธิภาพลดลงมากกว่า 5% ทำให้ทั้ง 3 เดือนค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพอยู่ที่ 78.01% และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้สูงถึง 391,698.46 kWh ตามตารางที่3 โซนที่ 2 ที่ไม่มีการล้างแผงเลยในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพอยู่ที่ 74.27% และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้คือ 373,141.69 kWh ต่างกันถึง 18,556.77 kWh ในตารางที่4 แสดงให้เห็นรายรับค่าไฟที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการล้างแผงเมื่อค่าประสิทธิภาพของระบบตกกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่าได้รับส่วนต่างค่าไฟถึง 67,980.44 บาท หากหักค่าใช้จ่ายในการล้างแผงตามตารางที่5 ก็ยังได้ส่วนต่างค่าไฟที่เพิ่มขึ้นถึง 43,694.92 บาท ดังนั้นถ้าวิเคราะห์เป็นรายปีแล้วจะยิ่งทำให้เห็นว่าแค่การล้างแผงอย่างเดียวก็ทำให้ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นได้และเมื่อเปรียบเทียบรายได้กับต้นทุนการล้างก็ยิ่งทำให้เห็นว่าการล้างแผงโดยการใช้เกณฑ์จากค่าประสิทธิภาพของระบบ(PR) ทำให้เพิ่มรายรับค่าไฟที่คุ้มค่า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบริษัททีเอฟเทคจำกัดที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนรู้และทำการทดสอบและทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. (2558), มลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก, กระทรวงสาธารณสุข.

[2] Ozcan, O. and F. Ersoz. (2019), Project and cost-based evaluation of solar energy performance in three different geographical regions of Turkey: Investment analysis application. Engineering Science and Technology, an International Journal.: p.1098-1106.

[3] เอกพันธ์ ผัดศรี. (2018), การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์.

[4] เกตุวดี วงศ์ปน, อัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2019). ผลของการท้าความสะอาดโดยใช้น้าที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.

[5] นิพนธ์ เกตุจ้อย, (2012). การศึกษาผลกระทบของฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อการผลิตไฟฟ้า

[6] ไอรดา, ส. ช. (2016). ผลกระทบของฝุ่นที่กระทบต่อประสิทธิภาพของ Solar system. Renewable Energy.

[7] Zhao, W., Lv, Y., Zhou, Q., & Yan, W. (2021). Investigation on particle deposition criterion and dust accumulation impact on solar PV module performance. Energy, 233.

[8] Benghanem, M. (2011). Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia. Applied Energy, 88(4), 1427-1433.

[9] Dhimish, M. (2020). Thermal impact on the performance ratio of photovoltaic systems: A case study of 8000 photovoltaic installations. Case Studies in Thermal Engineering, 21.

[10] Hernández-Callejo, L., Gallardo-Saavedra, S., & Alonso-Gómez, V. (2019). A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance. Solar Energy, 188, 426-440.

[11] Isaifan, R. J., Samara, A., Suwaileh, W., Johnson, D., Yiming, W., Abdallah, A. A., & Aissa, B. (2017). [16] Improved Self-cleaning Properties of an Efficient and Easy to Scale up TiO2 Thin Films Prepared by Adsorptive Self-Assembly. Sci Rep, 7(1), 9466.

[12] Isaifan., R. J. (2019). Evaluation of the adhesion forces between dust particles and photovotaic module surfaces. Solar Energy Materials and Solar Cells.

[13] Jiang, C. S., Moutinho, H. R., To, B., Xiao, C., Simpson, L. J., & Al-Jassim, M. M. (2020). Long-lasting strong electrostatic attraction and adhesion forces of dust particles on photovoltaic modules. Solar Energy Materials and Solar Cells, 204.

[14] Kazem, H. A., Chaichan, M. T., Al-Waeli, A. H. A., & Sopian, K. (2020). A review of dust accumulation and cleaning methods for solar photovoltaic systems. Journal of Cleaner Production, 276.

[15] Luis Hernández-Callejoa, Sara Gallardo-Saavedraa, Víctor Alonso-Gómezb. (2019). A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance. Solar Energy.

[16] Mani, M., & Pillai, R. (2010). Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 3124-3131.

[17] PEA, G. C. (2016). PEA Connection_code_2016.pdf>.

[18] Tongsopit, S., Junlakarn, S., Wibulpolprasert, W., Chaianong, A., Kokchang, P., & Hoang, N. V. (2019). The economics of solar PV self-consumption in Thailand. Renewable Energy, 138, 395-408.

การเปรียบเทียบการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของหลังคาเหล็กเคลือบสีที่แตกต่างกัน เพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร

The solar reflectance comparison of roof steel in difference colors for building energy saving

เจนจิรา อยู่เจริญ[1] และ ชานนท์ บุญมีพิพิธ[1*]
[1] สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Email : Chanon.bun@rmutr.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ (1) ทดสอบและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของสีหลังคาเหล็ก และ (2) ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการเลือกใช้สีหลังคาเหล็ก

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ ศึกษาความร้อนที่เกิดขึ้นจากหลังคาที่ผลิตจากเหล็กที่ใช้ในครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย เพื่อทดลองและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของสีหลังคาเหล็กอย่างน้อย จำนวน 10 ประกอบด้วย สีแดง สีน้ำตาล สีเทา สีเขียวอมฟ้า สีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ สีส้ม สีฟ้า สีน้ำเงิน และไม่มีสี วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 300 – 2,500 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ คือ Ultraviolet-Visible-Near Infrared spectrophotometer, UV-Vis Near IR และประเมินความคุ้มค่าในการเลือกใช้สีหลังคาเหล็กจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากสีที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อการใช้พลังงานรูปแบบอื่น ๆ ในการระบายอากาศหรือลดความร้อนนั้น

ผลการวิจัยพบว่าแผ่นหลังคาเหล็กที่ดูดกลืนรังสีอาทิตย์มากที่สุดคือ สีไม่มีสี มีการดูดกลืนของรังสีอาทิตย์มากที่สุด รองลงมาเป็นสีส้ม สีแดง สีเขียวอมฟ้า สีเขียวอ่อน สีฟ้า สีน้ำเงิน สีเขียวแก่ สีน้ำตาล และสีเทาดำ ตามลำดับ

คำสำคัญ : การซึมซับรังสีอาทิตย์, คุณสมบัติเชิงแสง, หลังคาเหล็ก

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานของอาคารและบ้านเรือนเพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ภาครัฐและภาคเอกชนจึงให้ความสนใจมากขึ้นในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและบ้านเรือนจึงเป็นหนทางในการลดการใช้พลังงานลงได้ที่จะทำให้ สามารถลดต้นทุนและภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ ประเทศไทยได้ออกกฎหมายเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้นในประเทศโดยสำหรับอาคารก่อสร้างใหม่ หรือดัดแปลง พื้นที่อาคารตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ขึ้นไป ในอาคาร 9 ประเภท (สถานศึกษา สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า สถานบริการ อาคารชุมนุมคน โรงมหรสพ สถานพยาบาล โรงแรม และอาคารชุด) ต้องมีการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน และตรวจประเมินแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน ก่อนทำการขออนุญาตก่อสร้าง หรือขออนุญาตเปิดใช้งานอาคาร โดยกฎหมายบังคับใช้กับทั้งอาคารภาครัฐ และภาคเอกชน [1-3]

การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและบ้านเรือนมีหลากหลายวิธีการที่นิยมใช้และค่าใช้จ่ายไม่สูง เช่น การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (คอนกรีตมวลเบา [4-5] กระจกเขียวตัดแสง [6-7] ติดฉนวนกันความร้อน [8] เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง (เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ตามมาตรฐานของ กฟผ.) ระบบปรับอากาศประหยัดพลังงาน

ประสิทธิภาพสูง [1], [9] หรืออุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนประหยัดพลังงานประสิทธิภาพสูงตามมาตรฐานของ พพ. การเลือกใช้พลังงานหมุนเวียนเข้ามาช่วยเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร (Solar Cell หรือ Solar Collector) [10-11] หรือกระทั้งการเลือกใช้หลังคาที่มีสีสันที่แตกต่างกันไปนั้น แสดงในภาพที่ 1 จะมีผลต่อความร้อนที่เกิดขึ้น โดยเฉลี่ยหลังคาจะได้รับพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร [12-13] และจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน [14] ที่ส่งผลกระทบต่อการปรับอากาศภายในพื้นที่นั้น ๆ [15]

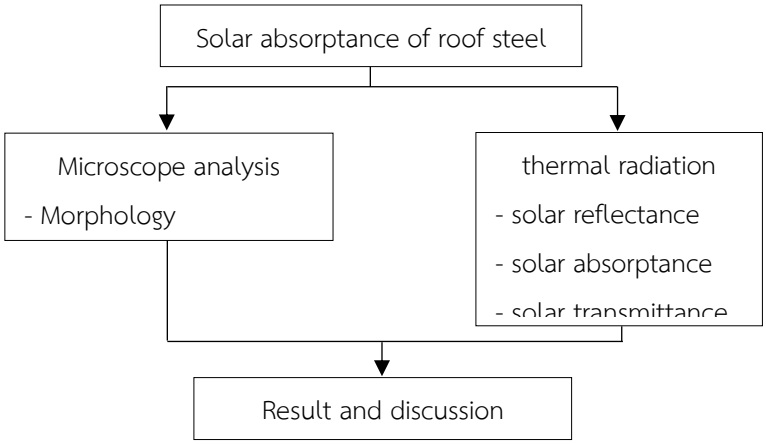


ภาพที่ 1 ลักษณะการใช้งานของแผ่นหลังคาเหล็ก
ที่มา www.ksgroup-metalsheet.com

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการประเมินประสิทธิภาพเชิงแสงของหลังคาเหล็กที่เคลือบสีต่างกันที่จะส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectro photometer เพื่อหาปริมาณการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-2,500 นาโนเมตร และหาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorptance; α) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการซึมซับแสงอาทิตย์ของสีหลังคาเหล็กแต่ละสี เพื่อเสนอแนวทางในการเลือกใช้สีที่เหมาะสมต่อการลดค่าการใช้พลังงานในระบบระบายอากาศในโรงงานหรืออาคารบ้านเรือน

วิธีการวิจัย

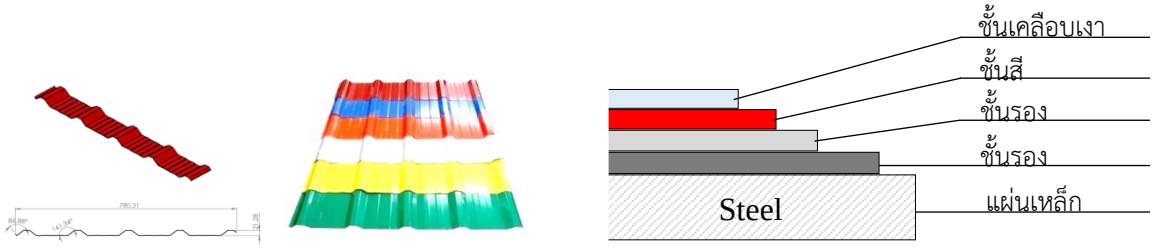
ขั้นตอนดำเนินงาน



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

แผ่นหลังคาเหล็กก่อนการรีดขึ้นลอนนั้นจะมีลักษณะเรียบเป็นม้วนยาว โดยเมื่อรีดลอนแล้วหลังคาเหล็กจะมีลอนจำนวน 5 สันลอน รูปลอนมาตรฐาน 760 ความกว้าง 760 มิลลิเมตร (วัดจากขอบซ้ายและขวา) ความสูงของลอน 24 มิลลิเมตร โดยมีระยะเอียงของมุมพับอยู่ที่ 15 องศา ความยาวแล้วแต่ลักษณะการนำไปใช้ โดยอลูซิงค์นี้คือสารป้องกันสนิมทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ทำให้ลดการผุกร่อนที่เกิดจากน้ำฝน และจะช่วยลดการขีดข่วนต่อแผ่นหลังคาเหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 3 ก. และการเคลือบสีของแผ่นหลังคาเหล็กแสดงในภาพที่ 3 ข. เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและการผุกร่อน ประกอบด้วยสีทั้งหมด 4 ชั้น

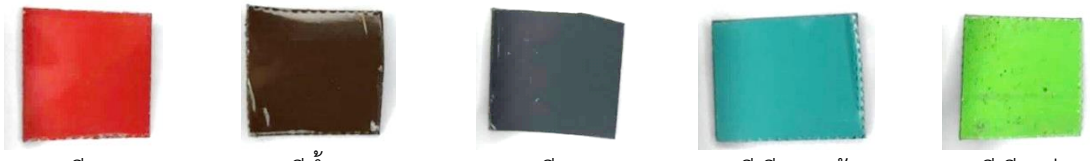
ประกอบด้วย ชั้นสีรองพื้น 2 ชั้น ชั้นสี 1 ชั้น และชั้นสีเคลือบเงา โดยทั้งหมดนั้นจะเป็นไปตามลักษณะของแต่ละผู้ผลิตโดยทั้งหมดจะถูกเตรียมด้วยระบบอัตโนมัติทั้งสิ้น



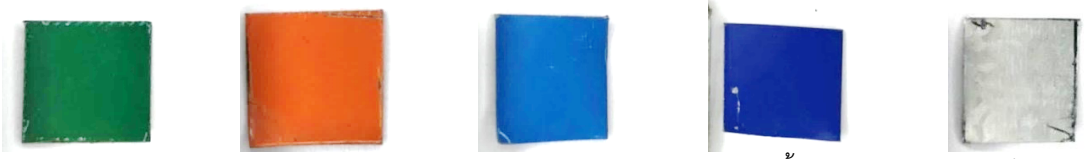
ก. ข.

ภาพที่ 3 ก. ลักษณะการพับลอนหลังคาเหล็ก และ ข. ลักษณะของชั้นการเคลือบสีหลังคาเหล็ก

การเตรียมตัวอย่างแผ่นหลังคาเหล็กเป็นแผ่นหลังคาเหล็กที่ใช้ในบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ตัดชิ้นตัวอย่างออกมาลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม จำนวน 10 สี ซึ่งมีประกอบด้วย สีแดงมีความหนา 0.51 มิลลิเมตร สีน้ำตาลมีความหนา 0.53 มิลลิเมตร สีเทามีความหนา 0.47 มิลลิเมตร สีเขียวอมฟ้ามีความหนา 0.56 มิลลิเมตร สีเขียวอ่อนมีความหนา 0.49 มิลลิเมตร สีเขียวแก่มีความหนา 0.54 มิลลิเมตร สีส้มมีความหนา 0.51 มิลลิเมตร สีฟ้ามีความหนา 0.55 มิลลิเมตร สีน้ำเงินมีความหนา 0.49 มิลลิเมตร และไม่มีสีมีความหนา 0.43 มิลลิเมตร ดังแสดงใน**ภาพที่ 4**



1. สีแดง 2. สีน้ำตาล 3. สีเทา 4. สีเขียวอมฟ้า 5. สีเขียวอ่อน



6. สีเขียวแก่ 7. สีส้ม 8. สีฟ้า 9. สีน้ำเงิน 10. ไม่มีสี

ภาพที่ 4 สีของแผ่นหลังคาเหล็กที่ใช้ในการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงแสง

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบนั้นนำแผ่นหลังคาเหล็กนำมาตัดขนาด 1×1 เซนติเมตร นำไปทดสอบโดยใช้เครื่อง UV-3101PC Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrophotometer เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectance) ของคุณสมบัติตัวอย่างสีแต่ละชิ้น แสดงดังภาพที่ 5



ก. ลักษณะตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ ข. เครื่อง UV-3101PC Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrophotometer

ภาพที่ 5 การเตรียมตัวอย่าง ก. ลักษณะตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ ข. เครื่อง UV-3101PC Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrophotometer

เมื่อพิจารณารังสีที่ตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุ จะเกิดปรากฏการณ์สะท้อน การดูดกลืนและการส่งผ่านไปยังพื้นผิวของตัวดูดซับนั้นๆ คุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตกกระทบของลำแสงนี้เรียกว่าการสะท้อนแสง (R) การดูดซับแสงอาทิตย์ (α) และการส่งผ่าน เรียกว่า transmissivity (τ) ปริมาณทั้งสามมีความสัมพันธ์กันโดยสมการต่อไปนี้

$$R + \alpha + \tau = 1 \qquad 1$$

แต่ด้วยคุณสมบัติของแผ่นหลังคาเหล็กนั้นเป็นวัสดุทึบแสง จึงไม่อาจให้แสงส่องผ่านตัวแผ่นหลังคาเหล็กได้ จึงทำให้ค่าการส่งผ่านของแผ่นหลังคาเหล็ก (transmissivity = 0) ดังสมการต่อไปนี้

$$R + \alpha = 1 \qquad 2$$

ดังนั้นการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของแผ่นหลังคาเหล็กจึงพิจารณาตามค่ามาตรฐานรังสีอาทิตย์ ASTM G173-03 Air Mass ตามสมาการความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

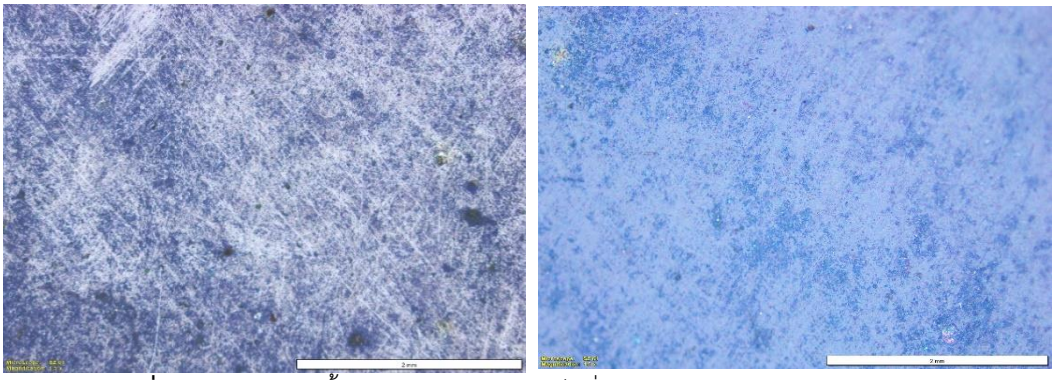
$$\text{Solar absorptance}, \alpha = \frac{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_{sol}(\lambda)(1-R(\lambda))d\lambda}{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_{sol}(\lambda)d\lambda} \qquad 3$$

โดยที่ λ = ความยาวคลื่น (nm)

I_{sol} = The normal spectral irradiance, ($W.m^{-2}.nm^{-1}$)

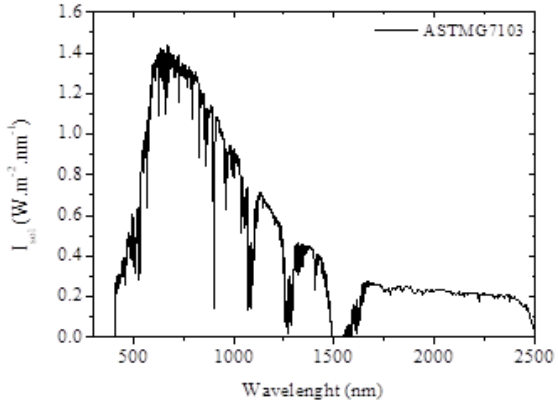
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของแผ่นหลังคาเหล็กที่เคลือบสีนั้นแสดงดังภาพที่ 6 (ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้งหมด) กรณีในภาพที่ 6 นั้นเป็นลักษณะพื้นผิวของแผ่นหลังคาที่เคลือบด้วยสีน้ำเงินมีขนาดกำลังขยายจากกล้องจุลทรรศน์ 1.5 เท่า พบว่าลักษณะของสีนั้นกระจายสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น แต่จะพบรอยขีดเป็นลักษณะเส้นตรงจำนวนมากลักษณะนี้อาจเกิดขึ้นระหว่างการรีบขึ้นรอนด้วยเครื่องจักรที่ต้องเสียดสีและกดลงแผ่นเหล็กนี้ จึงทำให้ไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่าแต่เมื่อใช้กล้องที่มีกำลังขยายจะสามารถมองเห็นร่องรอยเหล่านั้นได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะพื้นผิวของแผ่นหลังคาเหล็กที่กำลังขยาย 1.5X ด้วยกล้องจุลทรรศน์

พลังงานจากรังสีอาทิตย์เมื่อพิจารณาตามแต่ละช่วงความยาวคลื่นแล้วนั้นพบว่า ในช่วงรังสี UV (200-400nm) ช่วงรังสี VIS (400-800 nm) และช่วง NIR (800-2500) ค่าพลังงานของรังสีอาทิตย์ในช่วงรังสี VIS นั้นมีค่าพลังงานสูงสุด ซึ่งแสดงดังภาพที่ 7 ปัจจุบันในกระบวนการการอบแห้งได้นำเอาปัจจัยนี้ไปออกแบบระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ในทางกลับกันโครงสร้างหลังคาในประเทศไทยนั้นเปลี่ยนไปใช้วัสดุจำพวกแผ่นหลังคาเหล็กซึ่งมักนิยมออกแบบให้มีลักษณะสี่เหลี่ยม เป็นโดมทรงโค้ง แต่ทุกการออกแบบก็จะมีลักษณะคล้ายเตาอบขนาดใหญ่ที่ด้านบนหลังคานั้นจะรับเอาปริมาณรังสีอาทิตย์จำนวนมากมาและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเคลื่อนที่ผ่านตัวหลังคาลงมาสะสมไว้ภายในอาคารนั้นๆ



ภาพที่ 7 ค่ามาตรฐานรังสีอาทิตย์ ASTM G173-03 Air Mass

แผ่นหลังคาเหล็กที่นำมาศึกษาทั้งหมดนี้ มีคุณสมบัติเป็นวัสดุทึบแสงหรือไม่สามารถยอมให้แสงส่องผ่านตัวมันได้จึงทำให้มีค่าการส่องผ่าน หรือ การส่งผ่าน เรียกว่า transmissivity (τ) เท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นตามไปตามสมการที่ 2 จึงทำให้ปรากฏการณ์นี้จะร่วมพิจารณาเฉพาะค่าการสะท้อนแสง (R) การดูดซับแสงอาทิตย์ (α) เท่านั้น ที่จะเป็นปัจจัยต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้ลักษณะของสีที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของสีของแผ่นหลังคาเหล็ก

จากการวิเคราะห์การสะท้อนแสง (R) ในช่วงความยาวคลื่น 300-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-3101PC Ultraviolet-Visible-Near Infrared spectrophotometer แสดงค่าเฉลี่ยตลอดความยาวคลื่นดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่า สีที่เคลือบผิวนั้นจะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนใกล้เคียงกันประกอบด้วย สีเขียวอมฟ้า เขียวอ่อน แดง น้ำเงิน น้ำตาล ฟ้า และส้มที่มีค่าเฉลี่ยการสะท้อน 0.45-0.55 และสีเขียวแก่ 0.66 น้ำตาล 0.84 และสีเทาดำ 0.92 และไม่มีสี 0.18 นั้น และเมื่อพิจารณาผลจากการทดลองกับความสัมพันธ์สมการที่ 3 และค่ามาตรฐานรังสีอาทิตย์ ASTM G173-03 Air Mass แล้วนั้น ค่าการซึมซับรังสีอาทิตย์ของสีทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.0108 วัตต์ต่อตารางเมตร และจะลดลงเมื่อค่าการสะท้อนสูง ผลการสะท้อนสูงยังแสดงถึงการป้องกันปริมาณความร้อนจากการรังสีอาทิตย์ด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าแผ่นหลังคาเหล็กที่เคลือบสีนั้นมีค่าสัมประสิทธิการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำ มีค่าการสะท้อนค่อนข่างสูง อาจจะเป็นผลจากกระบวนการผลิตและการผสมสีให้มีค่าการป้องกันความร้อน โดยสีที่มีความคุ้มค่าต่อการนำไปใช้งานเพื่อการประหยัดพลังงานคือสีเทาดำ สีน้ำตาล และสีเขียวแก่ เนื่องจากมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงสูงสุดในกรณีกลุ่มตัวอย่างสีทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่มอบโอกาสในการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้และการสร้างเสริมประสบการณ์ด้านพลังงานทดแทน เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิต การปฏิบัติงาน สังคมและประเทศชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Sangin., A. (2007). **Energy conservation in air conditioning system**. Bangkok, Thailand.

[2] Siri., S. (2012). **Energy conservation in building : a case study of Peninsula Plaza shopping center**. Master of Science, Dhurakij Pundit University.

[3] Yongijaroen., D. H. a. W. (2012**). "Construction of energy conservation evaluation form for resisdential buildings."** Energy Research Institute 2012/1: 47-58.

[4] Puthipiroj, P. (2010). **"The Comparative Study of Cooling Loads for the Rooms with Single-pane and Double-pane Aerated Concrete Block Walls."** Veridian E-Journal 3(1): 36-47.

[5] Suangka., K. (2014). **The Evaluation of Energy Saving for Home Design and Constructions Materials**. Thailand. SUT7-704-55-24-37.

[6] Kongchairt, T. (2011). **A selection of high efficiency windows glass for energy conservation building AHP methode**. Master of Science, Srinakharinwirot university.

[7] Thongsamut., S. D. a. C. (2017). **An influencw of building's materials and shading devices on cooling energy in office building**: Khon Kaen Province. BTAC4th Building Technology.

[8] Putivisutisak., R. T. a. S. (2013). **"Thermal insulation coating for surface-finishing chemical-vapor-deposition (CVD) machine**." ERI Journal 10(2): 45-56.

[9] Chotigorn., K. (2019). **Energy conservation in Air-conditioning Systems and Assessment of Overall Thermal Transfer Value of Building Envelop : A case study of Department of Agricultural Extension (Building 1)**. Master of Engineering Management, Dhurakij Pundit University.

[10] Jiravusvong, P. (2013). **A Study of Using Electricity Cost from Solar System for Household Appliance**. Master of Engineering, Dhurakij Pundit University.

[11] Charenkit., S. Y. a. S. (2018). **"The prototype solar house for tropical of Thailand."** Art and Architecture journal naresuan univetsity 9(1): 25-41.

[12] Janjai., A. P. D. S. (2014). **Solar Radiation**. Silpakorn University.

[13] Beikircher, T., M. Möckl, P. Osgyan and G. Streib (2015). **"Advanced solar flat plate collectors with full area absorber, front side film and rear side vacuum super insulation.**" Solar Energy Materials and Solar Cells 141: 398-406.

[14] AlShamaileh (2010). “Testing of a new solar coating for solar water heating applications.”Solar Energy 84(9):1637–1643.

[15] Puraprom., W. (2019). **"The study of temperature from heat transfer through building envelopes to design guidelines and renovation high-performance wall for thai lanna vernacular houses in hot-humid climate."** Arch Journal 29: 47-59.

ผลของแคลเซียมต่อการผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ
Effect of calcium on the methane production from palm oil mill effluent treatment

นุชนาฏ ช่วยศรีนวล[1,2] มณีรัตน์ เข็มขาว[2,3*] และ วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์[1,2*]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2]ศูนย์วิจัยสารสนเทศจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของจุลินทรีย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
E-mail: vichai.d@sci.kmutnb.ac.th, maneerat.khe@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมต่อการผลิตมีเทน จากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ทำการทดลองในขวดซีรัมปริมาตร 120 มิลลิลิตร แต่ละขวดมีปริมาตรการทำงานเท่ากับ 90 มิลลิลิตร ประกอบด้วยน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบและหัวเชื้อในอัตราส่วน 0.25 g COD/ g VSS เติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมไนเตรท และแคลเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 2 g/L และใช้หัวเชื้อที่ไม่เติมแคลเซียมเป็นกลุ่มควบคุม บ่มขวดซีรัมที่อุณหภูมิ 37 ± 2 °C เมื่อเวลาในการหมักแบบไร้อากาศผ่านไป 18 วัน ผลการทดลองพบว่า การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้สัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 59.13 เป็น 63.89 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และให้ปริมาตรมีเทนสะสมสูงที่สุด เท่ากับ 111.45±1.46 mL ($p < 0.05$) ในขณะที่การเติมแคลเซียมคลอไรด์ ให้ปริมาตรมีเทนสะสมเท่ากับ 107.69±1.72 mL ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) การเติมแคลเซียมไนเตรทและแคลเซียมคาร์บอเนต ให้ปริมาตรมีเทนสะสมเท่ากับ 88.99±1.67 mL และ 100.56±3.08 mL น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่มีปริมาตรเท่ากับ 103.66±3.71 mL ($p < 0.05$) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทน จากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มสูงขึ้น

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ มีเทน แคลเซียม การหมักแบบไร้อากาศ น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

บทนำ

อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปาล์มมีความสำคัญในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อย่างมาก มีการผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งในระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม จะมีน้ำเสียจำนวนมากที่เรียกว่า น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ หรือ Palm oil mill effluent (POME) ออกมาด้วย ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวจัดอยู่ในน้ำเสียประเภทที่มีความสกปรกในรูปซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD) และบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) สูง อีกทั้งยังประกอบได้ ไขมันและน้ำมัน (Oil and grease, O&G) สูง ดังนั้น กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion, AD) จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งชนิดนี้ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับอุตสาหกรรม [1-3]

การย่อยสลายแบบไร้อากาศ เป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการแปลงอินทรียวัตถุในน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ให้เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งสามารถนำก๊าซไปใช้เพื่อผลิตความร้อนและไฟฟ้า ผ่านทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปและเซลล์เชื้อเพลิง [4] การเติมแร่ธาตุในอาหารสำหรับการหมัก สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นมีเทนโดยจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมีเทน ต้องการแร่ธาตุที่จำเป็นต่างๆ เพื่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมเอนไซม์ของจุลินทรีย์ [5] ซึ่งแคลเซียม (Ca^{2+}) จัดเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน หรือที่เรียกว่า Methanogens (Methanogenic archaea) และช่วยในการเกิดเม็ดตะกอนเชื้อ (Granule) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าแคลเซียมความเข้มข้น 2,500 – 4,000 mg/L ซึ่งมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ถ้าความ

เข้มข้นของแคลเซียมมากกว่า 8,000 mg/L [6] งานวิจัยนี้ จึงสนใจศึกษาผลของการเติมแคลเซียมชนิดต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมไนเตรท ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพและมีเทน จากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศน้ำทิ้งโรงงานน้ำมันปาล์มดิบ

วิธีการวิจัย

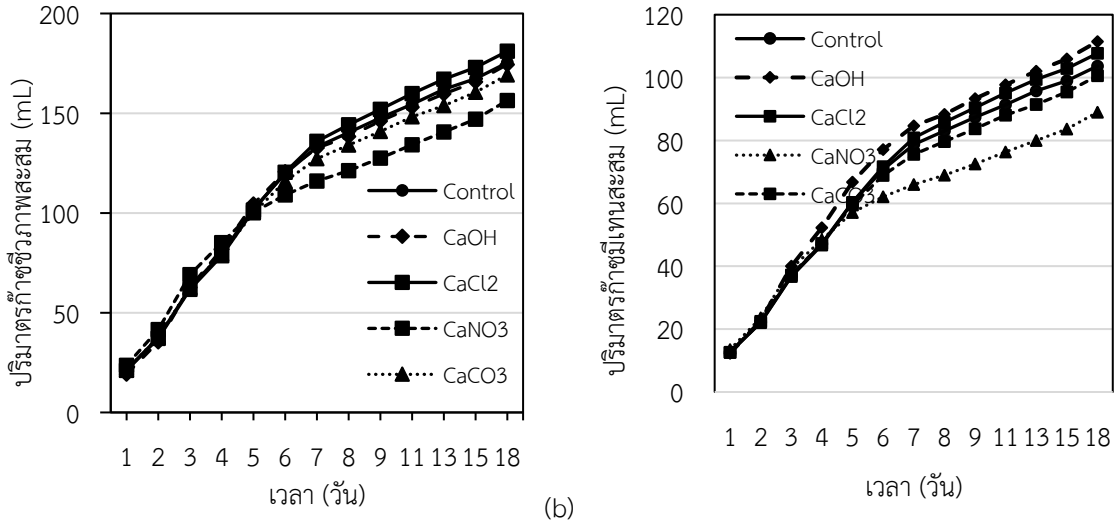
การศึกษาผลของการเติมแคลเซียมต่อการผลิตก๊าซมีเทนจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ใช้ตะกอนหัวเชื้อจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม สังกัดกรุงเทพมหานคร และน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากบริษัทสุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด ทำการทดลองในขวดซีรัมปริมาตร 120 mL โดยมีปริมาตรการทำงานเท่ากับ 90 mL ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบและหัวเชื้อ 0.25 gCOD/gVSS ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมไนเตรท และแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ความเข้มข้น 2 g/L และใช้หัวเชื้อที่ไม่เติมแคลเซียมเป็นกลุ่มควบคุม ทำให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศด้วยการเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนภายในขวดซีรัม ปิดฝาขวดด้วยจุกยางและฝาอลูมิเนียมให้แน่น ทำการบ่มขวดซีรัมที่อุณหภูมิ 37 ± 2 °C (ทำการทดลองจำนวน 6 ซ้ำ) วัดปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ด้วยเครื่องวัดแบบแทนที่น้ำ และวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) (Shimadzu, GC-2014, Japan) ชนิด thermal conductivity detector (TCD)

การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำการทดสอบในขวดซีรัมปริมาตร 60 mL แต่ละขวดมีปริมาตรการทำงานเท่ากับ 45 mL ประกอบด้วยหัวเชื้อที่มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเท่ากับ 6 g/L เตรียมแร่ธาตุพื้นฐานสำหรับอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์แบบไร้อากาศ ตาม Karri และคณะ [7] และ Gonzalez-Estrella และคณะ [8] ส่วนเกลือแร่ที่จำเป็นตาม Karri และคณะ [7] และ Tanner [9] ใช้เซลลูโลส 2 g/L เป็นสารตั้งต้นสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ย่อยสลาย (Hydrolytic activity) และใช้กลูโคส 2 g/L เป็นสารตั้งต้นสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ผลิตกรด (Acidogenic activity) บ่มขวดซีรัมที่อุณหภูมิ 37 ± 2 °C (ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ) วัดปริมาณเซลลูโลสที่ถูกใช้ไปด้วยวิธี Congo Red Analysis of Cellulose Concentration (CRACC) โดยใช้ carboxymethyl cellulose เป็นสารมาตรฐาน [10] วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ถูกใช้ไปด้วยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) [11] ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติ paired t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง ด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการเติมแคลเซียมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ภาพที่ 1a แสดงปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สะสม พบว่า ในช่วง 5 วันแรกของการหมักแบบไร้อากาศ การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแคลเซียมเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาในการหมักแบบไร้อากาศผ่านไป 18 วัน ผลการทดลองพบว่า การเติมแคลเซียมคลอไรด์ ให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมสูงที่สุด เท่ากับ 181.03 ± 2.90 mL โดยสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) ส่วนการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนต ให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพใกล้เคียงกันกับกลุ่มควบคุม ($p> 0.05$) โดยมีปริมาตรเท่ากับ 174.45 ± 2.29, 169.23 ± 5.19 และ 175.32 ± 6.27 mL ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมแคลเซียมไนเตรท ให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพต่ำที่สุด เท่ากับ 156.37 ± 2.94 mL ($p<0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Ahn และคณะ [12] พบว่า การเติมแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 g/L ให้ผลการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงเลี้ยงหมูดีที่สุด และการเติมแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 - 7 g/L มีผลในการยับยั้งการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วน Zhou และคณะ [13] พบว่า การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 60 - 800 mg/L มีผลทำให้ได้ปริมาตรก๊าซชีวภาพในการหมักน้ำเสียจากชานอ้อยเพิ่มขึ้นจาก 2.4 เป็น 2.66 $m^3/m^3 \cdot d$ แต่ถ้าเติมแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้นมากกว่า 800 mg/L มีผลทำให้เกิดการยับยั้งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลาย (Hydrolysis process) ได้



ภาพที่ 1 ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสม (a) และปริมาณมีเทนสะสม (b) ที่ผลิตจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยหัวเชื้อที่เติมแคลเซียมชนิดต่างๆ

2. ผลของการเติมแคลเซียมต่อองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

เมื่อเวลาในการหมักแบบไร้อากาศผ่านไป 18 วัน กลุ่มที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้สัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 63.89 ($p<0.05$) กลุ่มควบคุม การเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และการเติมแคลเซียมคลอไรด์ มีสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 59.13, 59.42 และ 59.49 ตามลำดับ ($p>0.05$) ส่วนการเติมแคลเซียมไนเตรทมีสัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 56.91 ($p<0.05$) (ตารางที่ 1) มีสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพทุกการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 34.99-39.99

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบที่เติมแคลเซียมชนิดต่างๆ

Sample	Biogas composition (%)		
	Nitrogen (N_2)	Methane (CH_4)	Carbondioxide (CO_2)
Control	4.23	59.13	38.76
$CaCO_3$	1.21	59.42	39.36
$Ca(NO_3)_2$	3.1	56.91	39.99
$CaCl_2$	1.143	59.49	39.94
$Ca(OH)_2$	1.13	63.89	34.99

3. ผลของการเติมแคลเซียมต่อการผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ภาพที่ 1b แสดงปริมาตรมีเทนสะสมที่ผลิตจากการหมักน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบไร้อากาศ ด้วยหัวเชื้อที่เติมแคลเซียมชนิดต่างๆ เมื่อทำการหมักแบบไร้อากาศเป็นเวลา 18 วัน พบว่า การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้สัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 59.13 เป็น 63.89 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และให้ปริมาตรมีเทนที่ผลิตได้สะสมสูงที่สุด เท่ากับ 111.45±1.46 mL ($p < 0.05$) ในขณะที่การเติมแคลเซียมคลอไรด์ ให้ปริมาตรมีเทนสะสมเท่ากับ 107.69±1.72 mL ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) การเติมแคลเซียมไนเตรทและแคลเซียมคาร์บอเนต ให้ปริมาตรมีเทนสะสมเท่ากับ 88.99±1.67 mL และ 100.56±3.08 mL ซึ่งมีปริมาตรต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีปริมาตรเท่ากับ 103.66±3.71 mL ($p < 0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lar และคณะ [14] ซึ่งศึกษาการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการหมักน้ำเสียโรงนม ซึ่งพบว่า การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1,500 mg/L ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและมีเทน โดยมีผลได้ของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 286 L/Kg Vs มีสัดส่วนมีเทนเท่ากับร้อยละ 65 และมีผลได้ของมีเทนเท่ากับ 186

L/Kg Vs ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลได้ของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 274 L/Kg Vs มีสัดส่วนมีเทนเท่ากับร้อยละ 58 และมีผลได้ของมีเทนเท่ากับ 159 L/Kg Vs

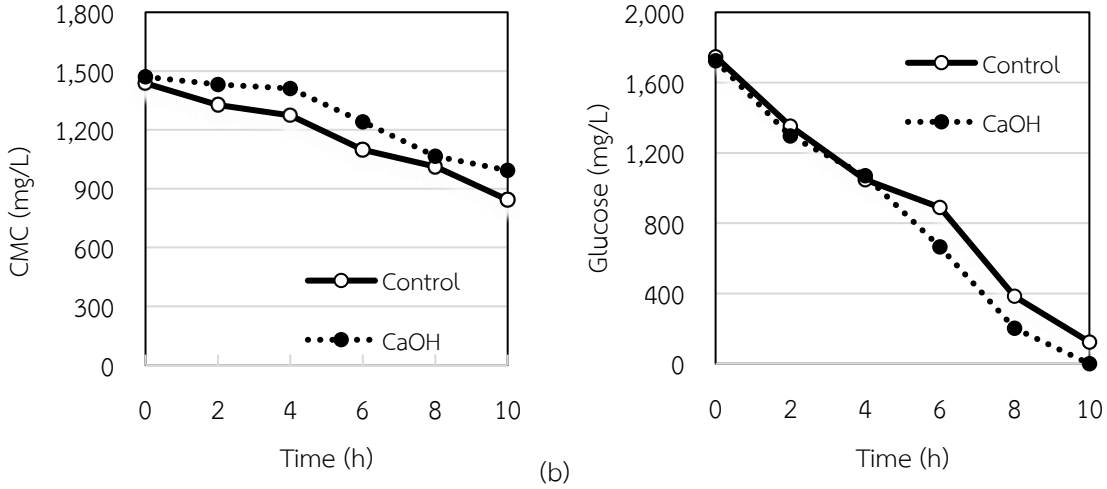
การเติมแคลเซียมช่วยให้การผลิตก๊าซชีวภาพดีขึ้น เนื่องมาจาก แคลเซียมซึ่งมีประจุบวกจะช่วยเพิ่มการยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ผ่านโพลิเมอร์ภายนอกเซลล์ที่มีประจุลบ [15] ซึ่งโพลิเมอร์ภายนอกเซลล์เหล่านี้ประกอบด้วยสารโพลีแซคคาไรด์และโปรตีน สามารถช่วยในการส่งผ่าน (mass transfer) สารต่างๆ ได้มากขึ้น [16] นอกจากนี้แคลเซียมยังช่วยในการจับกับสารอาหารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลและหมู่ฟอสเฟต ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายสารต่างๆเหล่านั้น [17]

ค่าพีเอชก่อนและหลังจากทำการหมักแบบไร้อากาศเป็นเวลา 18 วัน ในช่วงก่อนการหมักค่าพีเอชของน้ำหมักของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมแคลเซียมมีค่าเป็นกลาง โดยมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.07–7.46 ยกเว้นกลุ่มที่เติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าค่อนข้างไปทางด่าง โดยมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 8.18 ซึ่งหลังจากทำการหมักแบบไร้อากาศเป็นเวลา 18 วัน พบว่าทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง โดยมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.74-6.91 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการหมักก๊าซชีวภาพและมีเทนที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.6-7.8 [18] หากค่าพีเอชเป็นกรด หรือด่างจะส่งผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเฉพาะจะส่งผลต่อกิจกรรมจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช

4. กิจกรรมของจุลินทรีย์

การย่อยสลายเซลลูโลส ผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายของหัวเชื้อกลุ่มควบคุม และหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แสดงดังภาพที่ 2a หัวเชื้อกลุ่มควบคุม สามารถใช้เซลลูโลสได้ดีกว่าหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยหัวเชื้อกลุ่มควบคุมใช้เซลลูโลสจาก 1,437.91 mg/L เหลือ 843.14 mg/L ส่วนหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ใช้เซลลูโลสจาก 1,470.59 mg/L เหลือ 993.46 mg/L ในเวลา 10 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า กากตะกอนหัวเชื้อจากหนองแขมมีกลุ่มเชื้อที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเซลลูโลสในสัดส่วนที่ต่ำ มีเอนไซม์เซลลูเลสน้อยทำให้ย่อยเซลลูโลสไปเป็นกลูโคสได้ช้า หรืออาจต้องอาศัยเวลาในการย่อยมากกว่า 10 ชั่วโมง และการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่ได้ช่วยกิจกรมมการย่อยสลายเซลลูโลสเลย

การหมักน้ำตาลกลูโคสผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์ผลิตกรดของหัวเชื้อกลุ่มควบคุมและหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แสดงดังภาพที่ 2b พบว่า ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก หัวเชื้อกลุ่มควบคุม และหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีความสามารถในการหมักน้ำตาลกลูโคสใกล้เคียงกัน แต่หลังจากนั้นหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารใช้น้ำตาลกลูโคสได้เร็วกว่าหัวเชื้อกลุ่มควบคุม โดยหัวเชื้อกลุ่มควบคุมใช้น้ำตาลกลูโคสในการหมักจาก 1,746.48 mg/L เหลือ 123.94 mg/L ในขณะที่หัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถใช้น้ำตาลกลูโคสในการหมักจาก 1,723.94 mg/L จนหมดในเวลา 10 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า กากตะกอนหัวเชื้อจากหนองแขมมีกลุ่มเชื้อที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกรดในสัดส่วนที่สูง ทำให้สามารถใช้กลูโคสให้หมดภายใน 10 ชั่วโมง และการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วยให้กิจกรรมการใช้น้ำตาลกลูโคสเพื่อผลิตกรดไขมันระเหยได้ดีกว่าการไม่เติม



ภาพที่ 2 ความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส (a) และการใช้น้ำตาลกลูโคส (b) ของหัวเชื้อกลุ่มควบคุม และหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์

เมื่อคำนวณเป็นอัตราการใช้เซลลูโลสและกลูโคสเปรียบเทียบระหว่างหัวเชื้อกลุ่มควบคุม และหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่า หัวเชื้อกลุ่มควบคุมมีอัตราการใช้เซลลูโลสสูงกว่าหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.476 และ 0.358 g cellulose/g VSS·day ตามลำดับ ในทางตรงข้ามหัวเชื้อที่มีการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีอัตราการใช้น้ำตาลกลูโคสสูงกว่าหัวเชื้อกลุ่มควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 1.378 และ 1.298 g glucose/g VSS·day ตามลำดับ

ค่าพีเอชในช่วงก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าเป็นกลาง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.21 – 7.24 หลังจากสิ้นสุดการทดลอง 10 ชั่วโมง ค่าพีเอชลดลงเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 7.08 – 7.11 ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากการเปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นกลูโคสไม่ทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลง แต่อาจมีการใช้กลูโคสเพื่อผลิตกรด ทำให้ค่าพีเอชลดลงเล็กน้อย ส่วนการวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ผลิตกรด ค่าพีเอชในช่วงก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าเป็นกลาง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.21 – 7.25 แต่หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ค่าพีเอชลดลงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.87 – 6.92 เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ ทำให้ค่าพีเอชลดลง

สรุปผลการวิจัย

ชนิดของแคลเซียมมีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและสัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพ การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดของกากตะกอนหัวเชื้อเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ KMUTNB-64-DRIVE-1 และได้รับความอนุเคราะห์สถานที่ดำเนินการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Poh, P.E. and Chong, M.F. (2010). Biomethanation of palm oil mill effluent (POME) with a thermophilic mixed culture cultivated using POME as a substrate. **Chemical Engineering Journal.** 164(1), 146–154.

[2] Khemkhao, M., Domrongpokkaphan, V., Techkarnjanaruk, S. and Phalakornkule, C. (2020). Microbial selection and enhanced population of hydrogenotrophic methanogen in a high-rate thermophilic UASB reactor treating decanted palm oil mill effluent. **Waste and Biomass Valorization.** 11(10), 5523–5537.

[3] Domrongpokkaphan, V., Khemkhao, M. and Phalakornkule, C. (2021). In-situ methane enrichment of biogas from anaerobic digestion of palm oil mill effluent by addition of zero valent iron (ZVI). **International Journal of Hydrogen Energy.**

[4] Thiruselvia, D., Kumar, P.S., Kumar, M.A., Lay, C.H., Aathika, S., Mani, Y., Jagadiswary, D., Dhanasekaran, A., Shanmugam, P., Sivanesan, S. and Show, P.L. (2020). A critical review on global trends in biogas scenario with its up-gradation techniques for fuel cell and future perspectives. **International Journal of Hydrogen Energy.**

[5] Basiko, N., and Yavitt, J. B. (2001). Influence of Ni, Co, Fe, and Na addition on methane production in sphagnum-dominated Northern American peatlands. **Biogeochemistry.** 52, 133–153.

[6] Jackson-Moss, C.A., Duncan, J.R. and Cooper, D.R. The effect of calcium on anaerobic digestion. **Biotechnology Letters.** 11, 219–224.

[7] Karri, S., Sierra-Alvarez, R. and Field, J.A. (2006). Toxicity of copper to acetoclastic and hydrogenotrophic activities of methanogens and sulfate reducers in anaerobic sludge. **Chemosphere.** 62, 121-127.

[8] Gonzalez-Estrella, J., Sierra-Alvarez, R. and Field, J.A. (2013). Toxicity assessment of inorganic nanoparticles to acetoclastic and hydrogenotrophic methanogenic activity in anaerobic granular sludge. **Journal of Hazardous Materials.** 260, 278-285.

[9] Tanner, R.S. (1989). Monitoring sulfate-reducing bacteria: comparison of enumeration media. **Journal of Microbiological Methods.** 10, 83-90.

[10] Haft, R.J, Gardner, J.G. and Keating, D.H. (2012). Quantitative colorimetric measurement of cellulose degradation under microbial culture conditions. **Applied Microbiology and Biotechnology.** 94, 223-229.

[11] Nwogwugwu, N.U., Abu, G.O. and Akaranta, O. (2016). Reducing sugars from agro-waste biomass suitable for industrial applications. **Archives of Applied Science Research.** 8(8), 37-40.

[12] Ahn, J.H., Do, T.H., Kim, S.D. and Hwang, S. (2006). The effect of calcium on the anaerobic digestion treating swine wastewater. **Biochemical Engineering Journal.** 30(1), 33–38.

[13] Zhou, J., Shang, X., Wang, Z., Zhu, C., and Wang, S. (2019). Effects of calcium concentration on up-flow multistage anaerobic reactor performance in treating bagasse spraying wastewater. **BioResources.** 14(2), 4254-4269.

[14] Lar, J., Saifullah, Li, R. and Li, X. (2010). The Influence of Calcium and Iron Supplementation on the Methane Yield of Biogas Treating Dairy Manure. **Energy Sources,** Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 32(17), 1651–1658.

[15] Rudd, T., Sterritt, R. M., and Lester, J. N. (1984). Complexation of heavy metals by extracellular polymers in the activated sludge process. **Journal of the Water Pollution Control Federation.** 56, 1260–1268.

[16] Morgan, J. W., Evison, L. M., and Forster, C. F. (1991). Change to the microbial ecology in anaerobic digesters treating ice cream wastewater during start up. **Water Research.** 25, 639–653.

[17] Shen, C. F., Kosaric, N., and Blaszczyk, R. (1993). The effect of selected heavy metals (Ni, Co, Fe) on anaerobic granules and their extracellular polymeric substances (EPS). **Water Research.** 27, 25–33.

[18] Lay, J.-J., Li, Y.-Y., amd Noike, T. (1997). Influences of pH and moisture content on the methane production in high-solids sludge digestion. **Water Research**. 31(6), 1518–1524.

การศึกษาคุณภาพถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่โดยเตาเผาถ่านรุ่นมังกรขาว

Quality study of bamboo activated carbon by White Dragon Model Charcoal Kiln

ซุลกีฟลี กะดอง[1],ฮากีม ยาตี[1], อีลีหย๊ะ สนิโซ[1], และพิสิษฏ์ มณีโชติ[2*]

[1] สาขา/ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[2]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

*Corresponding author, email: Renewaboy999@gmail.com

บทคัดย่อ

วิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่โดยใช้เตาเผาถ่านรุ่นมังกรขาวที่มีความสูง 68 เซนติเมตร กว้าง 40เซนติเมตร มีช่องระบายอากาศอยู่ช่วงบนของเตาและมีช่องเติมเชื้อเพลิงอยู่ช่วงล่าง ลักษณะเตาถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักที่เบา เตาสามารถจุปริมาณไม้ไผ่ได้ 6-7 กิโลกรัม โดยการเผาจะมีการบันทึกอุณหภูมิภายในเตา นอกจากนี้ ใช้เวลาในกระบวนการเผาถ่านทั้งหมด 2 ชั่วโมงและใช้อุณหภูมิในการเผาถ่านสูงสุดที่ 800-900 องศาเซลเซียสและจะทำการเติมเชื้อเพลิงทุกๆ 30 นาที โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดการเติมเชื้อเพลิงโดยการเผาครั้งที่ 1 เติมเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม ครั้งที่ 2 เติมเชื้อเพลิง 1.2 กิโลกรัมและครั้งที่ 3 เติมเชื้อเพลิง 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่า การเติมเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม จะได้ถ่านกัมมันต์ 0.637 กิโลกรัม เชื้อเพลิง 1.2 กิโลกรัม จะได้ถ่านกัมมันต์ 1.118 กิโลกรัมและเชื้อเพลิง 1.5 กิโลกรัม จะได้ถ่านกัมมันต์ 1.308 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งกำหนดการเติมเชื้อเพลิงมีผลต่ออุณหภูมิ ปริมาณน้ำหนักและคุณภาพของถ่านกัมมันต์

คำสำคัญ: ไม้ไผ่, ถ่านกัมมันต์, เตาเผาถ่านรุ่นมังกรขาว

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคู

The study of physical and thermal properties of biomass fuel from sago (Metroxylon sagu) palm residue

พัชรี อินธนู[1] และ สิรินยา ใสเอ้ย[1]

Patcharee Intanoo[1*] and Saieay [1] Sanwasan

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์กากปาล์มสาคูระหว่าง 300-500 องศาเซลเซียส (°C) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลโดยมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานที่อัตราส่วนแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0 20 40 และ 60 จากการศึกษาพบว่าเมื่ออุณหภูมิการคาร์บอไนซ์เพิ่มขึ้นเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสีที่เข้มขึ้นจากสีน้ำตาลแดงเป็นสีดำ และเชื้อเพลิงชีวมวลที่เตรียมด้วยกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 400°C และมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานร้อยละ 60 โดยน้ำหนักให้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนดีที่สุด แสดงในรูปของค่าดัชนีการแตกร่วนสูง ค่าความทนทานสูงและมีค่าความร้อนสูงสุดจึงสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการให้ความร้อนต่ำที่สุด เนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีความหนืดที่ไปลดช่องว่างระหว่างอนุภาคคาร์บอน อีกทั้งกลีเซอรีนยังมีปริมาณคาร์บอนและค่าความร้อนสูงกว่ากากปาล์มสาคูคิดเป็นร้อยละ 20.02 และ 36.23 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อใช้กลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานแล้วจะทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย มากไปกว่านั้นสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันในการเปลี่ยนกากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล คือ สภาวะที่อุณหภูมิ 400 °C

คำสำคัญ: กากปาล์มสาคู กลีเซอรีน อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ คาร์บอนคงตัว

บทนำ

ในปัจจุบันมนุษย์มีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปีซึ่งตรงข้ามกับแหล่งพลังงานที่มีไม่เพียงพอต่ออัตราการใช้ เช่น ในปีพุทธศักราช 2550 พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหินและน้ำมัน มีอัตราการใช้คิดเป็นร้อยละ 27 และ 34.4 ตามลำดับ และมีการคาดการณ์ว่าในปีพุทธศักราช 2578 จะมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 และ 65 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่มีอัตราการใช้สูงสุด คือ ปีพุทธศักราช 2554 จากอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นจึงมีการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ รวมไปถึงพลังงานจากสารชีวมวล แหล่งพลังงานทดแทนจากสารชีวมวลถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีความยั่งยืน เนื่องจากประเทศหลายประเทศทั่วโลก ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ เกษตรกร [2] จึงทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์มสาคู กากมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด [2] โดยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้มักก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อการจัดการที่ดีจึงทำให้มีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าหรือเทียบเท่าพลังงานฟอสซิล อีกทั้งการใช้ประโยชน์

[1]Corresponding author: Tel.: 094-6197947. E-mail address: patchareeintanoo@gmail.com

รหัสบทความ D09-20220906001

จากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้านพลังงานยังถือเป็นการลดต้นทุนการผลิตและปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมของโลกอีกด้วย [2]

จากการสำรวจในงานวิจัยของ S.R. Teixeira และคณะ [3] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแท่งจากเถ้าลอยของกระบวนการเผาไหม้ชานอ้อยโดยมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสาน พบว่าเถ้าลอยจากชานอ้อยสามารถนำไปผลิตเชื้อเพลิงแท่งที่มีค่าความร้อนคือ 25,551 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (KJ/kg) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดถ่านหิน (คือ 26,366 กิโลจูลต่อกิโลกรัม [3]) มีความหนาแน่น 1.12 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ความต้านทานเชิงกลต่อแรงอัดที่ความดันมากกว่า 7 เมกะปาสคาล (MPa) และปริมาณเถ้าร้อยละ 13.2 ซึ่งน้อยกว่าเถ้าจากการเผาถ่านหิน (โดยเถ้าจากการเผาถ่านหินคิดเป็นร้อยละ 20 [3])

ปาล์มสาคูสายพันธุ์ Metroxylon sagus Rottb จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภูมิภาคทางตอนใต้ของประเทศไทย [4] ปาล์มสาคูสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ส่วนใหญ่จะนำส่วนของลำต้นไปใช้ประโยชน์เนื่องจากในลำต้นของปาล์มสาคูมีองค์ประกอบของแป้งสูง [4] และเมื่อทำการแยกแป้งออกจากลำต้นแล้วจะเหลือกากและเปลือกนอกอยู่เป็นจำนวนมาก (โดยปาล์มสาคู 100 กิโลกรัม จะผลิตแป้งได้ 62 กิโลกรัม และมีกากปาล์มสาคู 38 กิโลกรัม [5]) กากและเปลือกนอกของปาล์มสาคูถือเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมจึงทำให้นักวิจัยให้ความสนใจในการนำกากปาล์มสาคูเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน [6] โดยการศึกษาผลของอุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่มีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ ร้อยละ 0 20 40 และ60 โดยน้ำหนักของตัวเชื่อมประสาน

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูนี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนหลักดังนี้ การเตรียมสารชีวมวล (biomass preparation) การเปลี่ยนกากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (briquette fuel production) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล (physical and thermal properties analysis)

1. การเตรียมสารชีวมวล

สารชีวมวลสำหรับผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลในงานวิจัยนี้ คือ กากปาล์มสาคูจากสวนยายฉุย ตำบลควนขนุน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง นำกากปาล์มสาคูตากภายใต้แสงแดดเพื่อกำจัดน้ำและความชื้นเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำกากปาล์มสาคูแห้งมาลดขนาดด้วยการปั่นที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที (round per minute, rpm) นาน 3 นาที และคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช เก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำไปใช้งาน

กากปาล์มสาคูที่ผ่านการคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช จะถูกเผาภายใต้สภาวะจำกัดอากาศ ณ อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคาร์บอไนซ์เซชัน [7] จะได้ผงเชื้อเพลิงของกากปาล์มสาคูหรือผงเชื้อเพลิงชีวมวลมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีดำ นำผงเชื้อเพลิงของกากปาล์มสาคูวิเคราะห์แบบปริมาณเพื่อหาสัดส่วนขององค์ประกอบที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ตามขั้นตอนที่ระบุในงานวิจัยก่อนหน้า [8]

2. กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

นำกากปาล์มสาคูที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์มาผสมกับกลีเซอรีนในอัตราส่วนร้อยละ 0 20 30 และ60 โดยน้ำหนักของกลีเซอรีน เมื่อเตรียมส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวมวลและกลีเซอรีนทุกอัตราส่วนแล้วนำไปอัดขึ้นรูปเพื่อให้มีลักษณะเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดไฮดรอริกที่ความดัน 20 Mpa (4.5x105 lbf/ft^2) โดยใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร (mm) และหนา 5 มิลลิเมตร (mm)

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

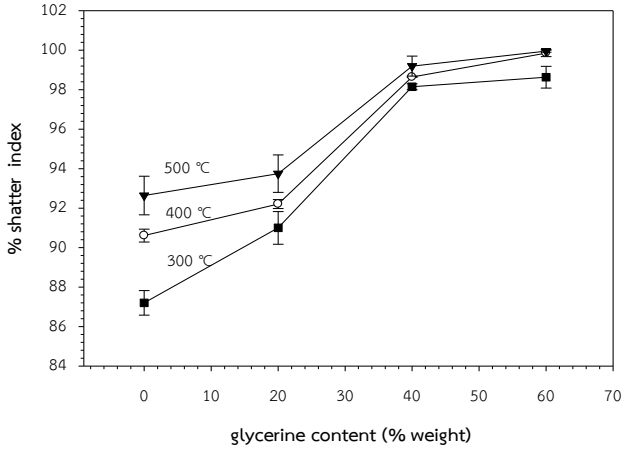
การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเป็นการนำแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เตรียมได้ ทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วน (shatter index) ค่าความทนทาน (durability) และอัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล (mass yield ratio) ส่วนสมบัติทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลงชีวมวลนั้นจะนำมาวิเคราะห์ค่าความร้อนทางทฤษฎี (theoretical heating value) อัตราส่วนผลได้ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวล (energy yield ratio) และประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (thermal efficiency) ซึ่งวิธีและขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนได้ระบุไว้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [8-9]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

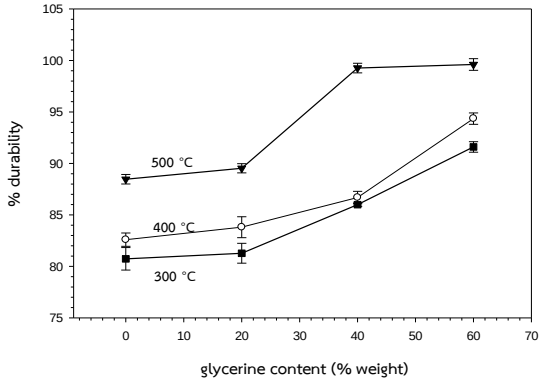
1. สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล

สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลแสดงในรูปค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทานซึ่งค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทาน คือ ค่าที่แสดงถึงน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหลือเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวลเริ่มต้นหลังจากการปล่อยตามแรงโน้มถ่วงโลกลงบนพื้นคอนกรีตด้วยระยะทาง 1 เมตร (m) และพื้นโลหะด้วยระยะทาง 1.5 เมตร [10] ตามลำดับ ค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทานเป็นตัวแปรที่บอกถึงความคงตัวของเชื้อเพลิงชีวมวลขณะทำการขนส่งรวมไปถึงความทนต่อแรงกระแทกที่เกิดจากการขนย้ายเพื่อการจัดเก็บ ผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทานของเชื้อเพลิงชีวมวลที่เตรียมในงานวิจัยนี้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรีนเพิ่มขึ้นและมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิคาร์บอไนซ์จาก 300 °C ถึง 500 °C ตามลำดับ (ภาพที่ 1–2) ค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทานของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ร้อยละของกลีเซอรีนที่มากกว่า 40 โดยน้ำหนัก มีค่ามากกว่าร้อยละ 98 ซึ่งถือเป็นค่าร้อยละที่ยอมรับได้สำหรับความแข็งแรงของเชื้อเพลิงแท่ง (ค่าดัชนีการแตกร่วนและค่าความทนทานของเชื้อเพลิงชีวมวลของถ่านอัดแท่งที่ขายตามท้องตลาด คือ ร้อยละ 90 และ 80 ตามลำดับ [11-12])

เมื่อพิจารณาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มที่มีการเติมและไม่เติมกลีเซอรีนพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลที่ไม่มีการเติมกลีเซอรีนจะมีค่าดัชนีการแตกร่วนต่ำ คือ มีลักษณะร่วนและแตกกระจายเมื่อถูกปล่อยในแนวดิ่งที่ระยะทาง 1 เมตรบนพื้นคอนกรีตและ 1.5 เมตรบนพื้นโลหะ แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงชีวมวลมีความแข็งแรงต่ำ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการเติมกลีเซอรีนลงไปในอัตราส่วนแตกต่างกันทำให้มีความแข็งแรงและมีความคงรูปมากขึ้น คือ ยังคงลักษณะความเป็นก้อนเมื่อถูกปล่อยลงมาในแนวดิ่งที่ระยะทาง 1 เมตรบนพื้นคอนกรีต และ 1.5 เมตรบนพื้นโลหะซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีการแตกร่วนและและค่าความทนทานเนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสสารที่มีความหนืดมากกว่าน้ำจึงทำให้กลีเซอรีนมีสมบัติด้านการหล่อลื่นและการเชื่อมประสาน ดังนั้นเมื่อนำมาผสมกับผงเชื้อเพลิงชีวมวลจะทำให้อนุภาคาร์บอนของเชื้อเพลิงชีวมวลยึดติดกันได้ดีและมีความแน่นขึ้น



ภาพที่ 1 ค่าดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่เตรียมผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 300 – 500 °C โดยมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสาน

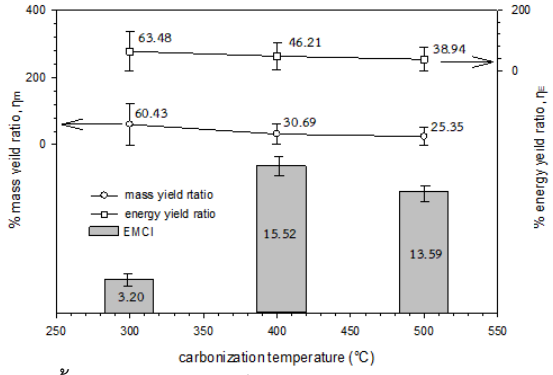


ภาพที่ 2 ความทนทานของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่เตรียมผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 300–500 °C โดยมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสาน

2. อัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล

ผลกระทบของอุณหภูมิคาร์บอไนซ์เซชันต่ออัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวลแสดงใน ภาพที่ 3 เมื่ออุณหภูมิการคาร์บอไนซ์สูงขึ้นอัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักมีค่าลดลง กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 300 400 และ 500 °C น้ำหนักของผงเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้หลังจากกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผงสารชีวมวลเริ่มต้นก่อนกระบวนการคาร์บอไนซ์คิดเป็นร้อยละ 7 และร้อยละ 17 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่ 300°C

วัสดุลิกโนเซลลูโลสรวมไปถึงกากปาล์มสาคูจะมีองค์ประกอบพื้นฐานคือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน [13] เมื่ออุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์กากปาล์มสาคูเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัตราการสลายตัวด้วยความร้อนของแต่ละองค์ประกอบเพื่อเปลี่ยนไปเป็นธาตุคาร์บอนมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น [10] ดังนั้นที่อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ต่ำอัตราการสลายตัวด้วยความร้อนขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบต่ำส่งผลให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีสีน้ำตาลแดง (ภาพที่ 4) แสดงให้เห็นว่ายังมีองค์ประกอบของเซลลูโลสและลิกนินบางส่วนหลงเหลืออยู่เป็นสาเหตุทำให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความแตกต่างจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่คาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 และ 500 °C (ภาพที่ 4) คือ มีสีที่เข้มขึ้นจนถึงดำเนื่อง จากอัตราการสลายตัวด้วยความร้อน



ภาพที่ 3 อัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักอัตราส่วนผลได้ของพลังงาน และ ค่า EMCI ของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ 300 –500 °C



ภาพที่ 4 (a) แท่งสารชีวมวลก่อนการคาร์บอไนซ์เซชันและแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลหลังผ่านการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ (b) 300 (c) 400 และ (d) 500 °C

3. อัตราส่วนผลได้ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวล

อัตราส่วนผลได้ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวล คือ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่มีอยู่ในแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลหลังกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันกับค่าความร้อนทางทฤษฎีของแท่งสารชีวมวลก่อนกระบวนการคาร์บอไนเซชัน (ภาพที่ 3) และอัตราส่วนผลได้ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล คือ มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิคาร์บอไนซ์เพิ่มสูงขึ้น ส่วนผลต่างระหว่างอัตราส่วนผลได้ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลกับอัตราส่วนผลได้ของน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวลจะบ่งบอกถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเปลี่ยนกากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันซึ่งให้นิยามด้วยค่า EMCI (energy-mass co-benefit index) [14] ในงานวิจัยนี้ค่า EMCI เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิคาร์บอไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 300 °C เป็น 400 °C และที่อุณหภูมิมากกว่า 400 °C ค่า EMCI ลดลง ค่า EMCI ที่มากที่สุดพบที่อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ 400 °C แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ 400 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนกากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและได้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีสมบัติทางความร้อนสูงสุดแสดงในรูปของค่าความร้อนสูงสุดและเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อนำไปใช้งานรวมทั้งได้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีความแข็งแรงอีกด้วย

ตารางที่ 1 องค์ประกอบแบบปริมาณ องค์ประกอบแบบละเอียดและค่าความร้อนของกลีเซอรีน เชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูกลุ่มที่มีการเติมกลีเซอรีนและไม่มีการเติมกลีเซอรีน

carbonized temperature (°C)	glycerin content (% weight)	proximate analysis				ultimate analysis					high heating value, HHV (MJ/kg)
		%MC	%VM	%ASH	%FC	%C	%O	%H	%N	%S	
	-*	3.24	87.07	3.85	5.84	37.53	55.53	6.83	0.11	0	15.61[a]
	-**	11.47	85.17	3.36	N/A	46.39	38.48	9.60	0	0	24.48[b]
300	0	4.66	76.24	5.86	13.24	47.79	32.85	4.14	0.566	0.104	22.16[b]
300	60	11.46	83.82	3.48	1.24	41.92	40.92	6.65	0.210	0	22.33[b]
400	60	3.18	62.14	8.44	26.24	56.39	23.93	5.05	0.390	0	25.46[b]
500	0	2.27	29.80	12.97	54.96	55.52	22.35	2.71	0.621	0.129	23.73[b]
500	60	3.98	79.91	11.04	5.07	53.89	23.39	4.72	0.390	0.07	24.74[b]

หมายเหตุ * กากปาล์มสาคูก่อนผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชัน

** กลีเซอรีน

[a] คำนวณจากองค์ประกอบแบบปริมาณ

[b] คำนวณจากองค์ประกอบแบบละเอียด

%MC คือ ร้อยละความชื้น %C คือ ร้อยละธาตุคาร์บอน

%VM คือ ร้อยละสารอินทรีย์ระเหยง่าย %H คือ ร้อยละธาตุไฮโดรเจน

%ASH คือ ร้อยละเถ้า %O คือ ร้อยละธาตุออกซิเจน

%FC คือ ร้อยละคาร์บอนคงตัว %N คือ ร้อยละธาตุไนโตรเจน

%S คือ ร้อยละธาตุซัลเฟอร์

4. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

ค่าความร้อนทางทฤษฎีของเชื้อเพลิงชีวมวล หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิงชีวมวล 1 หน่วยน้ำหนักโดยในตารางที่ 1 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่เตรียมผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 °C โดยเปรียบเทียบกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวลที่เติมและไม่เติมกลีเซอรีน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิคาร์บอไนซ์เซชันเดียวกัน คือ ที่ 300 และ 500 °C แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการเติมกลีเซอรีนมีค่าความร้อนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ไม่มีการเติมกลีเซอรีน เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการเติมกลีเซอรีนมีองค์ประกอบแบบปริมาณชนิดเถ้าต่ำ ซึ่งเถ้าเป็นสารอนินทรีย์ที่ไม่ให้พลังงานเมื่อเกิดการเผาไหม้ [9] อีกทั้งกลีเซอรีนเป็นองค์ประกอบที่ให้

พลังงาน [15] จึงส่งผลให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการเติมกลีเซอรีนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ไม่มีการเติมกลีเซอรีน เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการเติมกลีเซอรีนจะมีความสามารถในการจุดติดไฟสูง คือ ติดไฟได้ง่ายสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบปริมาณชนิดสารระเหยได้สูงโดยสารอินทรีย์ระเหยได้ คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเบา (เช่น มีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน [2] เป็นต้น) ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลทำหน้าที่เป็นตัวกลางทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลติดไฟก่อนเกิดการเผาไหม้คาร์บอนที่อยู่ในแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล [9]

เมื่อพิจารณาร้อยละการเติมกลีเซอรีนที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 60 จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ที่เพิ่มขึ้นจาก 300°C เป็น 400°C ค่าความร้อนสูงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิมากกว่า 400°C จะทำให้ค่าความร้อนสูงลดลง (ตารางที่ 2) โดยค่าความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นผลมาจากร้อยละของธาตุคาร์บอนและร้อยละของคาร์บอนคงตัวมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีระยะเวลาในการจุดติดไฟยาวนานสัมพันธ์กับการเก็บสะสมความร้อนไว้ในตัวเองได้นานและมากขึ้น [16]

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่เตรียมผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 °C ที่ร้อยละ 60 โดยน้ำหนักกลีเซอรีน

carbonized temperature (°C)	glycerin content (% wight)	high heating value*, HHV (MJ/kg)	high heating value*, HHV (kcal/kg)
300	60	17.13	4,099
400	60	22.15	5,295
500	60	21.00	5,020

หมายเหตุ * มาจากการทดสอบด้วยเครื่องมือ Bomb calorimeter

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคูที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 °C โดยมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานและใช้แรงดันในการกดอัดเพื่อขึ้นรูปที่ 20 MPa (4.5x105 lb_f/ft^2) สามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงชีวมวลที่เตรียมด้วยกระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 °C และมีกลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสานร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนดีที่สุดซึ่งแสดงในรูปของค่าดัชนีการแตกร่วนสูง ค่าความทนทานสูงและมีค่าความร้อนสูงสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการให้ความร้อนต่ำ เนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีความหนืดที่ไปลดช่องว่างระหว่างอนุภาคคาร์บอน อีกทั้งกลีเซอรีนยังมีปริมาณคาร์บอนและค่าความร้อนสูงกว่ากากปาล์มสาคูคิดเป็นร้อยละ 20.02 และ 36.23 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อใช้กลีเซอรีน เป็นตัวเชื่อมประสานแล้วจะทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย มากไปกว่านั้นสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันในการเปลี่ยนกากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล คือ สภาวะที่อุณหภูมิ 400 °C และกลีเซอรีนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ส่งผลทำให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลเพิ่มสูงขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สวนยายฉุย ตำบลควนขนุน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ที่ให้ความอนุเคราะห์กากปาล์มสาคูเพื่อใช้เป็นวัสดุในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์กลีเซอรีนเพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมประสานในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล มากไปกว่านั้นขอขอบคุณหลักสูตรเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อำนวยความสะดวกสำหรับสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] จรินทร์ ชลไพศาล. (2553). **สถานการณ์และแนวโน้มถ่านหินของโลกและของไทย.** กลุ่มเศรษฐกิจแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน สำนักบริหารยุทธศาตร์.

[2] ชมธิดา ชื่นนิยม. (2553). **การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพดโดยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] Teixeira, S.R., Pena, A.F.V and Miguel A.G. (2010). Briquetting of charcoal from sugar-cane bagasse fly ash (scbfa) as an alternative fuel. **Waste Management**, 30, 804–807.

[4] พนม อินทฤทธิ์. (2558). **คู่มือการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีการผลิตแป้งสาคูในจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรัง และพัทลุง**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[5] Jau, C.L., Wan, A.W.A.R. and Wen, Y.T. (2013). Characterization of sago pith waste and its composite. **Industrial Crops and Products**. 45, 319-326.

[6] Saravana, K., Abu, S. and Farid N. (2014). Bioethanol production from sago pith waste using micro-wave hydrothermal hydrolysis accelerated by carbon dioxide. **Applied Energy**, 128, 277-283.

[7] คู่มือสารชีวมวลเอเชีย. **แนวทางสำหรับการผลิตและการใช้สารชีวมวล** สืบค้นข้อมูล 19 พฤศจิกายน 2564, จาก http://www. jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Thai/AllT.pdf.

[8] Sengar, S.H., Mohod, A.G., Khandetod, Y.P., PatilS, S. and Chendake, A. D. (2012). Performance of Briquetting Machine for Briquette Fuel. **Energy Engineering**. 1, 28-34.

[9] Qian, W., Kuihua, H., Jie, G., Hui, L. and Chunmei L. (2017). Pyrolysis of biomass briquettes: Effect of pyrolysis temperature and phosphorus additives on the quality and combustion of bio-char briquettes. **Fuel**. 199, 488-496.

[10] พิชญพร กลับกลาย. (2560). **ผลของอุณหภูมิคาร์บอไนซ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากกากปาล์มสาคู**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[11] Antwi-Boasiako, C. and Acheampong B.B. (2016). Strength properties and calorific values of sawdust-briquettes as wood-residue energy generation source from tropical hardwoods of different densities. **Biomass and Bioenergy**, 85, 144-152.

[12] Colley, Z., Fasina, O.O., Bransby, D. and Lee, Y.Y. (2006). Moisture effect on the physical characteristics of switchgrass pellets. **Agricultural and Biological Engineers**. 49, 1845-1851.

[13] รัชพล พะวงศ์รัตน. (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส. **Veridian E-Journal. Science and Technology**. Silpakorn University. 2(1), 154-157.

[14] Ke-Miao, L., Wen-Jhy, L., Wei-Hsin, C., Shih-Hsien, L. and Ta-Chang L. (2012). Torrefaction and low temperature carbonization of oil palm fiber and eucalyptus in nitrogen and air atmospheres. **Bioresource Technology**. 123, 98–105.

[15] Channarong, A. and Malee, S. (2010). A Feasibility Study on Production of Solid Fuel from Glycerol and Agricultural Wastes. **International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies**. 1(1), 43-51.

[16] Janka, D., Liang, W. and Hailong, L. (2017). Heating Value and Ash Content of Downy Birch Forest Biomass. **Energy Procedia**. 105, 1302-1308.

การประเมินสมรรถนะเตาชีวมวลที่เหมาะสมสำหรับการใช้ถ่านอัดแท่งและเศษไม้เป็นเชื้อเพลิง

Performance evaluation of appropriate biomass stove for use charcoal briquette and firewood fueled

นิกราน หอมดวง[1,*] เจนจิรา อุตเรือน[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] สุรพล ริยะนา[1] และพันธวัฒน์ ไชยวรรณ[2]

Nigran Homdoung[1,*] Jenjira Uttaruean[1] Kittikorn Sasujit[1] Surapon Riyana[1] and Pantawat Chaiwan[2]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2] ฝ่ายบริหารจัดการพื้นที่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

[1] School of Renewable Energy, Maejo University

[2] Agricultural Technology and Innovation Management Institute, National Science and Technology Development Agency

E-mail: nigranghd@gmail.com

บทคัดย่อ

เตาชีวมวลเป็นอุปกรณ์ผลิตความร้อนสำหรับการประกอบอาหารที่สำคัญ และอยู่คู่คนไทยมาอย่างยาวนาน การพัฒนาและเลือกใช้เตาชีวมวลที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าใช้จ่าย และสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับชุมชนได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดสอบ วิเคราะห์สมรรถนะเตาชีวมวล และชี้แนะแนวทางการใช้เตาชีวมวลให้เหมาะสมกับประเภทชีวมวล โดยเตาชีวมวลที่นำมาทดสอบได้แก่ เตาชีวมวลทั่วไป เตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงและเตาชีวมวลซังข้าวโพด ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลได้แก่ เศษไม้ลำไยและถ่านไม้ไผ่อัดแท่ง โดยมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 15,940-27,010 kJ/kg ควบคุมการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 1-5 kg/รอบการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงให้สมรรถนะการทำงานรวมที่สุดในด้านความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพความร้อน ส่วนเตาชีวมวลทั่วไปมีจุดเด่นในด้านการทำให้น้ำเดือดได้เร็วสูงสุด การใช้เศษไม้ลำไยมีข้อดีในด้านการให้ความร้อนที่สูงและมีระยะเวลาน้ำเดือดได้รวดเร็ว การใช้ถ่านไม้ไผ่อัดแท่งมีข้อดีในด้านการให้ความร้อนที่ยาวนานและต่อเนื่อง เตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงให้ประสิทธิภาพความร้อนสูงสุด 59.22% และ 81.77% และให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลจำเพาะ 0.60 kg_{bi}/kg_{wa} และ 0.41 kg_{bi}/kg_{wa} กรณีการใช้เศษไม้ลำไยและถ่านไม้ไผ่อัดแท่งตามลำดับ เตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงและเตาชีวมวลทั่วไปมีความเหมาะสมสำหรับการส่งเสริมให้กับชุมชนที่มีศักยภาพด้านถ่านอัดแท่ง และเศษไม้เป็นเชื้อเพลิง

คำสำคัญ เตาชีวมวล ถ่านไม้ไผ่อัดแท่ง เศษไม้ลำไย ประสิทธิภาพความร้อน

การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่ไม่ใช้งาน เพื่อเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

A study of Environmental impact of Non-used Fiber Optic Cables for Fuel using Pyrolysis Process

นพดล พริ้งสกุล[1] ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ[1*] และ รัฐศักดิ์ พรหมมาศ[2*]
[1] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Email: prangtip.kae@rmutr.ac.th, ratthasak.pro@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่ไม่ใช้งาน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส โดยคำนึงถึงอุณหภูมิ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้ และการแปรสภาพของสายเคเบิลใยแก้วนำแสง ในการทดลองได้กำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสคือ 300°C , 350°C , 400°C และ 450°C ใช้สายเคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด ADSS 24C ใช้ความยาว 15 ซม. น้ำหนัก 5 กก. ป้อนเข้ากระบวนการไพโรไลซิส ใช้เวลาทดลอง 4 ชม. จากการทดลองอุณหภูมิที่ 450°C ให้ปริมาณก๊าซ H_2 ต่ำสุด , อุณหภูมิที่ 350°C ให้ปริมาณก๊าซ CO ต่ำสุด , อุณหภูมิที่ 350°C ให้ปริมาณก๊าซ NO_X และ NO_2 ต่ำสุด , อุณหภูมิที่ 300°C ให้ปริมาณก๊าซ CO_2IR ต่ำสุด และอุณหภูมิที่ 300°C ให้ปริมาณก๊าซ SO_2 ต่ำสุด จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าอุณหภูมิที่ 350°C มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบระบบการนำสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่ไม่ใช้งานเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิสในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการสร้างเครื่องผลิตเชื้อเพลิงมลพิษต่ำด้วยกระบวนการไพโรไลซิสจากสายเคเบิลใยแก้วนำแสงต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ : สายเคเบิลใยแก้วนำแสง ไพโรไลซิส น้ำมันไพโรไลซิส พลังงานทดแทน

การศึกษาและวิเคราะห์ระบบอัดอากาศเพื่อเติมออกซิเจนสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดทุ่นลอยน้ำ

Studying and Analyzing of oxygen air compress system for Aquaculture using Energy from PV Floating

สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์[1] วิรชัย โรยนรินทร์[2] วรเชษฐ์ แสงสีดา[1] นิมา อาซารี[1] และ สุเทพ สีมาลา[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

[2] ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบการผลิตอากาศอัดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโซล่าเซลล์ลอยน้ำ โดยระบบผลิตไฟฟ้าชนิดทุ่นลอยน้ำขนาด 3 กิโลวัตต์ ซึ่งทำการติดตั้งในการใช้งานในพื้นที่ทดสอบบริเวณคลองสี่ จังหวัดปทุมธานี โดยในบทความนี้จะแสดงให้เห็นกระบวนการตั้งแต่มีการออกแบบและวิเคราะพลังงานที่ได้จากการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทำการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเบื้องต้นและทำการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากโปรแกรม PVsyst - Simulation ในการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นนำผลการผลิตไฟฟ้าจริงที่ระบบผลิตได้นำมาเทียบกับการผลิตไฟฟ้า จากผลการติดตั้งใช้งานพบว่าในช่วงเวลาที่มีการติดตั้งและทดสอบระบบมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็นจำนวน 11 หน่วยไฟฟ้าต่อวันและเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมและการคำนวณพบว่า มีความแตกต่างกัน 10% เพียงพอต่อการขับเครื่องอัดอากาศเพื่อผลิตอากาศอัดขนาดกำลังอัด 8 บาร์ที่สามารถผลิตอากาศอัดได้ปริมาณ 500 ลิตรต่อนาที

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์ลอยน้ำ, เครื่องอัดอากาศ, โปรแกรมจำลองการคำนวณ

การพัฒนาระบบเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น
Development of Atmospheric Water Harvesting System by Direct Cooling

เสฏฐวุฒิ ปินตา[1] รณชาติ มั่นศิลป์[1*] นาวี นันต๊ะภาพ[1] ประชา ยืนยงกุล[1] สุรพิน พรมแดน[1] จิรศักดิ์ ปัญญา[1]
ธวัชชัย อุ่นใจจม[1] สมเกียรติ วงษ์พานิช[1] อัฐนันต์ วรรณชัย[2] นัฐพร ไชยญาติ[3] อบ นิลผาย[4] ประทาน ศรีชัย[5]
ธัชพล จุ้งเจริญ[6] และ ณัฐพงศ์ รัตนเดช[6]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[3]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[4]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
[5]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[6]ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
Email : ronnachart@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น เงื่อนไขการออกแบบอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น คือ สามารถทำงานที่อุณหภูมิบรรยากาศ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50 % และสามารถเก็บเกี่ยวน้ำ 10 ลิตรต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงใน 1 วัน จากการทดสอบอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น ที่ภายใต้สภาพแวดล้อมจริง พบว่าสามารถเก็บเกี่ยวน้ำได้เฉลี่ย 1.089 ลิตร/ชั่วโมง โดยมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย 1.171 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลิตร

คำสำคัญ: อุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศ ระบบการทำความเย็น อัตราการใช้พลังงาน

บทนำ

น้ำบนโลกมีปริมาณที่คงที่และมีการหมุนเวียน เคลื่อนที่ เปลี่ยนสภาพอยู่ภายในโลก โดยมีน้ำเพียง 3 % จากน้ำทั้งหมดในโลกเท่านั้น ที่เหมาะกับการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ เช่น ใช้ในภาคการเกษตร อุตสาหกรรม และการขนส่ง [1] แต่น้ำที่เหมาะกับการใช้ประโยชน์ของมนุษย์นั้นกลับเป็นส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ คิดเป็นปริมาณ 3/4 ดังนั้นจึงเหลือน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในศตวรรษที่ 21 ประชากรโลกเพิ่มขึ้น 300 % ในขณะที่ความต้องการน้ำมีเพิ่มขึ้น 600 % ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด จากดัชนีนี้ สหประชาชาติได้คาดการณ์ว่า 48 ประเทศจะประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำภายในปี ค.ศ. 2025 [2] ครึ่งหนึ่งของประชากรทั่วทุกภูมิภาคบนโลกจะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำภายในปี ค.ศ. 2040 [3,4] และจะเผชิญกับภาวะขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงอย่างน้อย 1 เดือนต่อปี และอาจนำไปสู่วิกฤตด้านน้ำและอาหาร [1,5] ในส่วนของประเทศไทย มีแนวโน้มการเกิดภัยแล้งยาวนานขึ้นทุกปี และขยายวงกว้างไปหลายจังหวัด ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและการพัฒนาประเทศ

ด้วยปริมาณน้ำที่หมุนเวียนในบรรยากาศประมาณ 12,800 ล้านล้านลิตร [1] ทำให้เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวความชื้นจากบรรยากาศ (Atmospheric moisture harvesting : AWH) หรือการผลิตน้ำจากอากาศ (Air water generation : AWG) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำสะอาดและสามารถเข้าถึงได้ในพื้นที่ห่างไกลและพื้นที่แห้งแล้ง ถ้าอากาศนั้นมีความชื้นตั้งแต่ 30 % ขึ้นไป

รหัสบทความ D13-202208150013

การงานวิจัยที่ผ่านมา Mirmanto et al. [6] ทำการศึกษาขนาดของแผงคอยล์เย็น ของเครื่องผลิตน้ำจากอากาศ โดยการเพิ่มจำนวนแผงซ้อนกันจำนวน 1 - 3 แผง เพื่อดูผลกระทบเครื่องผลิตน้ำจากอากาศ 170-W ทดลองภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมจริง ผลจากการทดลองพบว่า จำนวนแผงคอยล์เย็นจะมีผลต่อผลกระทบต่อค่า COP และค่าประสิทธิภาพของเครื่องที่ไม่ชัดเจน แต่อัตราการผลิตน้ำมากที่สุด คือ จำนวนแผงคอยล์เย็น 3 แผงซ้อนกัน สามารถผลิตน้ำได้มากสุด 0.51 ลิตร/วัน และ Runze et al. [7] ทำการสร้างเครื่องต้นแบบในการผลิตน้ำจากอากาศ (AWG) ที่ใช้สำหรับพื้นที่มหาสมุทรเขตร้อน โดยการสร้างเครื่องผลิตน้ำจากอากาศ ที่ลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำทะเลและใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ สามารถผลิตน้ำได้ 0.46 ลิตร/ชั่วโมง ภายใต้เงื่อนไข อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 92 % และอัตราการไหลของอากาศ 600 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จากงานวิจัยดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ในการติดตั้งที่เป็นทะเลเขตร้อน ทำให้ไม่ได้สามารถเข้าถึงได้ในพื้นที่ห่างไกลจากทะเล

นอกจากนี้ ยังมีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศที่มีขายอยู่ท้องตลาด โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ASHRAE และ ANSI/AHRI ระบบ AWH แสดงอัตราการใช้พลังงานที่ 1.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลิตร สำหรับอากาศร้อนและชื้นและ 6.23 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลิตร สำหรับอากาศเย็นและชื้น และสามารถใช้กระบวนการทดสอบของเทคโนโลยี AWH แบบเดิมเป็นแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนาระบบ AWH ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต งานวิจัยนี้สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพและข้อจำกัดของเทคโนโลยี AWH ที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบได้ [2] และจากการศึกษาศักยภาพการผลิตน้ำจากอากาศของประเทศไทยโดยใช้ระบบการทำความเย็นของ Munsin et al. [8] แสดงให้เห็นได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพและเหมาะกับการใช้เทคโนโลยีการผลิตน้ำจากอากาศ อย่างไรก็ตามยังไม่มี AWH ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศของประเทศไทย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาระบบการเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น ภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทย

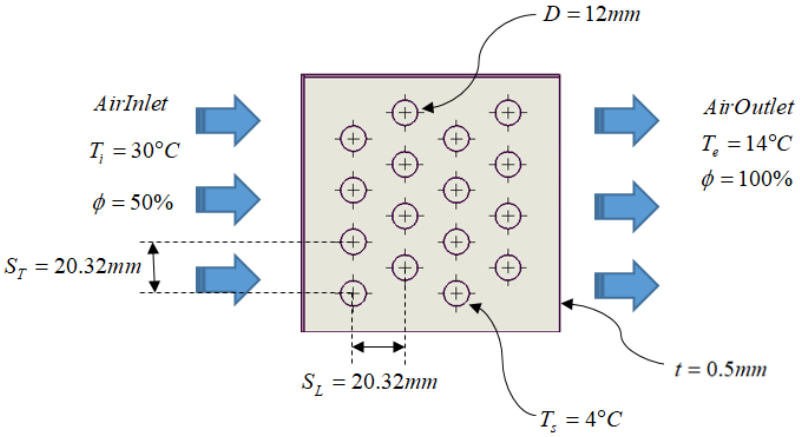
การดำเนินงาน

จากการศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวน้ำจะอากาศ สามารถกำหนดเงื่อนไขการออกแบบของอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น แสดงดังตารางที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงรายละเอียดการไหลของอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น โดยใช้ข้อมูลแผงคอยล์เย็นขนาดตามตลาด เพื่อที่ใช้ในการคำนวณสำหรับสมการที่ 1 โดยกำหนดให้การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศอยู่ที่ 10 ลิตรต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงใน 1 วัน และจากการคำนวณพบว่าต้องการพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 2.617 ตารางเมตร และใช้พลังงานในการแลกเปลี่ยนความร้อน 2.612 กิโลวัตต์ หรือ 8912.144 บีทียู/ชั่วโมง

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการออกแบบของอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น

รายการ	ค่าที่ใช้
อุณหภูมิทางเข้า ($T_i, °C$)	30
อุณหภูมิทางออก ($T_e, °C$)	14
ความชื้นสัมพัทธ์ทางเข้า ($\phi_i, \%$)	50
ความชื้นสัมพัทธ์ทางออก ($\phi_e, \%$)	100
อุณหภูมิผิวท่อสารทำความเย็น ($T_s, °C$)	4



ภาพที่ 1 รายละเอียดการไหลของอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น

$$A_s = \dot{Q}/h\eta_{fin}\Delta T_{lm} \quad (1)$$

เมื่อ A_s คือ พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2) $\dot{Q}$ คือ พลังงานที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อน (kW) h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$) η_{fin} คือ ประสิทธิภาพครีบระบายความร้อน และ ΔT_{lm} Log mean temperature difference ($°C$)

อัตราการเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศ อัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการที่ 2 สมการที่ 3 และสมการที่ 4 ตามลำดับ

$$\dot{V}_{Water} = V_{Water} \times 60/t \quad (2)$$

เมื่อ $\dot{V}_{Water}$ คือ อัตราการเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศ (L/h) V_{Water} คือ ปริมาตรน้ำที่เก็บเกี่ยวได้ (L) และ t คือ เวลาที่ใช้เก็บเกี่ยว (min)

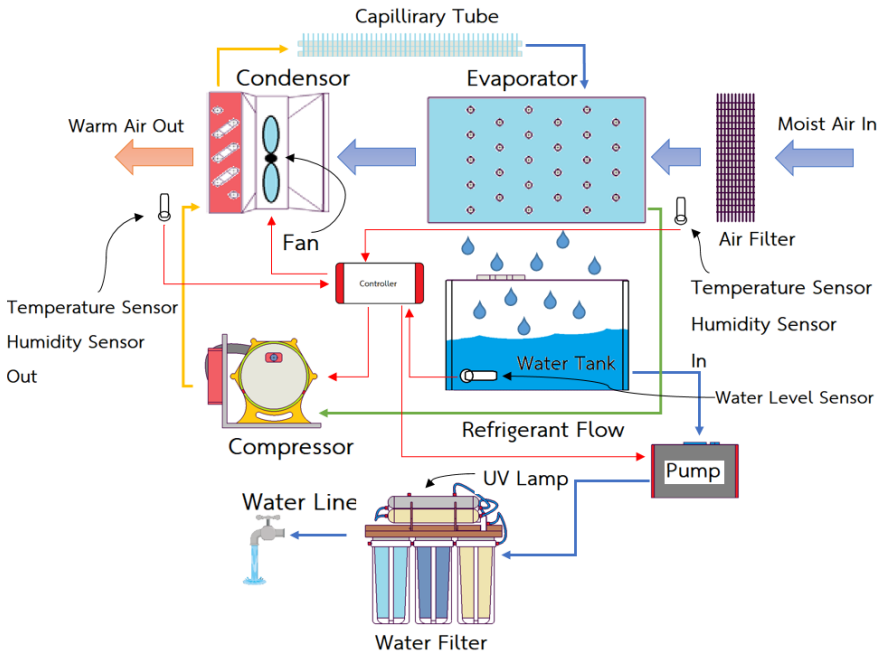
$$\dot{P} = P/\dot{V}_{Water} \quad (3)$$

เมื่อ $\dot{P}$ คือ อัตราการใช้พลังงาน (kWh/L) และ P คือ พลังงานที่ใช้ (kW) หาได้จาก $I \times V$ โดย I คือ กระแสไฟฟ้า (A) และ V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

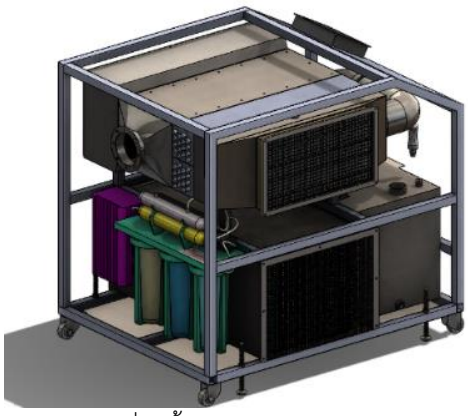
$$Electricity \ \text{cost} \ (Baht/L) = \dot{P} \times 4.2218 \, Baht/kWh \quad (4)$$

การออกแบบ

ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น มีการทำงานของระบบ คือ อากาศจะถูกดูดผ่านกรองอากาศไปยังคอยล์เย็นด้วยพัดลม ทำให้ไอน้ำในอากาศจะเกิดจากควบแน่นเป็นหยดไหลลงสู่ถังเก็บน้ำ จากนั้นน้ำในถังจะถูกกรองด้วยระบบ Reverse osmosis (R.O.) และผ่านการฆ่าเชื้อจากหลอด UV เพื่อนำไปใช้งานต่อไป และภาพที่ 3 แสดงลักษณะของอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็นที่ได้ออกแบบไว้ มีขนาด กว้าง 92 ซม. ยาว 72 ซม. และสูง 80 ซม.



ภาพที่ 2 แผนภาพอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น



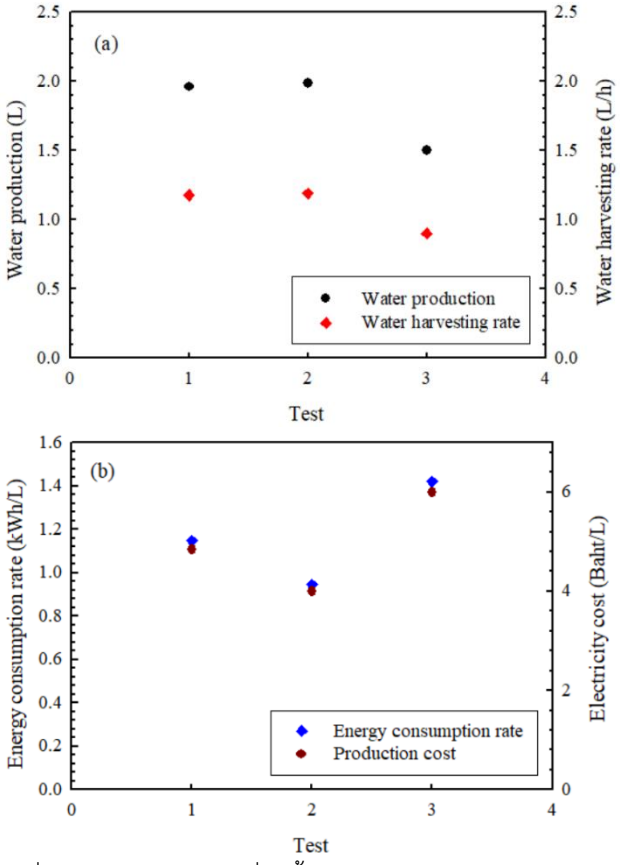
ภาพที่ 3 อุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น

จากการคำนวณพลังงานในการแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถเลือกขนาดของตัวอัดไอ (Compressor) คือ 1430 วัตต์ โดยระบบจะถูกทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ระหว่างการทดสอบอุณหภูมิกับความชื้นบริเวณทางเข้าและออกถูกวัดด้วยเซนเซอร์ DHT22 และใช้ ESP8266 รุ่น V3 ในการส่งข้อมูลไปยัง Google Sheet ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าทุก 15 นาที โดยใช้แคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ HIOKI รุ่น 3280-10F วัดความเร็วการไหลของอากาศโดย Hot-Wire Air Velocity Meter ยี่ห้อ KEPLER รุ่น KAM-13D และตรวจวัดการถ่ายเทความร้อนของระบบด้วยกล้องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Uni-T รุ่น UTi120S

หลังจากการออกแบบและสร้าง จะทำการทดสอบที่สภาวะจริงภายใต้อุณหภูมิ 29.9 – 33.2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 55 – 75 % เป็นเวลา 100 นาที ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

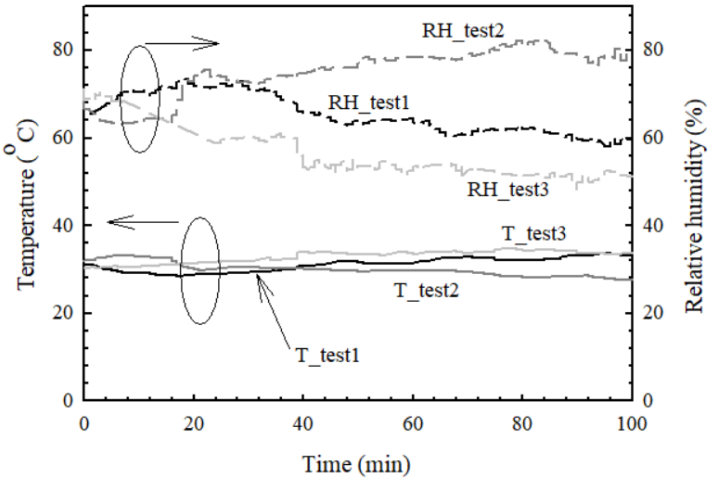
ผลการทดสอบและอภิปรายผลการทดสอบ

ภาพที่ 4 (a) แสดงน้ำที่ได้จากเก็บเกี่ยวและอัตราการเก็บเกี่ยวน้ำ และ (b) แสดงอัตราการใช้พลังงานและค่าฟ้าไฟที่ใช้ ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวน้ำ 100 นาที โดยคิดอัตราค่าฟ้าไฟที่ 4.2218 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามหลักเกณฑ์กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าในปี 2558 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [9] จากการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำที่ได้อยู่ระหว่าง 1.5 - 1.98 ลิตร ที่อัตราการเก็บเกี่ยวน้ำ 0.9 - 1.191 ลิตร/ชั่วโมง และ ใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 0.946 – 1.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลิตร คิดเป็นเงิน 4 - 6 บาท/ลิตร เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละการทดสอบไม่คงที่ แสดงดังภาพที่ 5 ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้ อัตราการเก็บเกี่ยวน้ำ และอัตราการใช้พลังงาน ของแต่ละวันไม่เท่ากัน โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดสอบในช่วง 29.9 – 33.2 องศาเซลเซียส และ 55 – 75 % ตามลำดับ

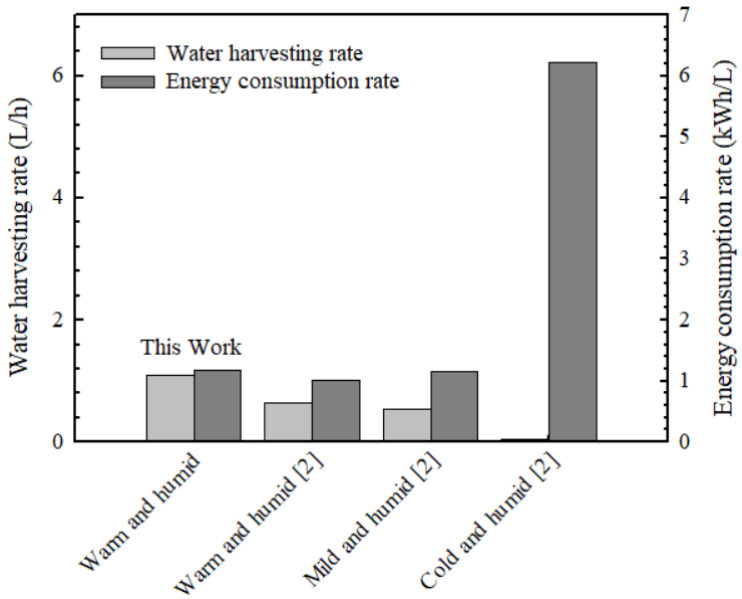


ภาพที่ 4 (a) น้ำที่ได้จากเก็บเกี่ยวและอัตราการเก็บเกี่ยวน้ำ และ (b) อัตราการใช้พลังงานและค่าฟ้าไฟที่ใช้

ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเก็บเกี่ยวน้ำและอัตราการใช้พลังงานสำหรับงานวิจัยนี้ ทดสอบภายใต้สภาพอากาศจริง (สภาวะอากาศร้อนและชื้น) มีอากาศอุณหภูมิเฉลี่ย 31.38 องศาเซลเซียส และความชื้นเฉลี่ย 65.38 % โดยใช้เครื่องผลิตน้ำจากอากาศขนาด 1430 วัตต์ เทียบกับงานวิจัยของ Bagheri [2] ที่ใช้เครื่องผลิตน้ำจากอากาศขนาด 1500 วัตต์ ในทดสอบที่สภาวะอากาศร้อนและชื้น (30 องศาเซลเซียส 62 % RH) อากาศอุณหภูมิปานกลางและชื้น (20 องศาเซลเซียส 75 % RH) และการทดสอบที่อากาศเย็นและชื้น (6 องศาเซลเซียส 80 % RH) จะเห็นได้ว่าที่สภาวะอากาศร้อนและชื้น งานวิจัยนี้สามารถเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศได้มากกว่าเล็กน้อย ที่ค่าอัตราการใช้พลังงานใกล้เคียงกัน และเมื่อเทียบกับการทดสอบที่อากาศอุณหภูมิปานกลางและชื้น และที่อากาศเย็นและชื้น พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำ มีจุดควบแน่นของน้ำต่ำกว่า จึงทำให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้นเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำลดลง



ภาพที่ 5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดสอบ



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบอัตราการเก็บเกี่ยวน้ำและอัตราการใช้พลังงาน

สรุปผลการทดสอบ

อุปกรณ์การเก็บเกี่ยวน้ำจากอากาศโดยใช้ระบบการทำความเย็น สามารถเก็บเกี่ยวน้ำได้ในอัตราเฉลี่ย 1.089 ลิตร/ชั่วโมง และอัตราสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย 1.171 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลิตร ที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 31.38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย 65.38 % โดยความสามารถในการผลิตน้ำจากอากาศจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สัญญาเลขที่ N25A650020 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา สำหรับการสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] F. G. Brière, *Drinking-Water Distribution, Sewage, and Rainfall Collection, Third Edition*. Presses inter Polytechnique, 2014.

[2] F. Bagheri, "Performance investigation of atmospheric water harvesting systems," *Water Resources and Industry*, vol. 20, pp. 23–28, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.wri.2018.08.001.

[3] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, "Four billion people facing severe water scarcity," *Science Advances*, vol. 2, no. 2, p. e1500323, Feb. 2016, doi: 10.1126/sciadv.1500323.

[4] A. Maddocks, R. S. Young, and P. Reig, "Ranking the World's Most Water-Stressed Countries in 2040," Aug. 2015, Accessed: Aug. 13, 2022. [Online]. Available: https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040

[5] A. du Plessis, "Water as a Source of Conflict and Global Risk," in *Water as an Inescapable Risk: Current Global Water Availability, Quality and Risks with a Specific Focus on South Africa*, A. du Plessis, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 115–143. doi: 10.1007/978-3-030-03186-2_6.

[6] M. Mirmanto, S. Syahrul, A. T. Wijayanta, A. Mulyanto, and L. A. Winata, "Effect of evaporator numbers on water production of a free convection air-water harvester," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 27, p. 101253, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.101253.

[7] D. Runze *et al.*, "Experimental investigations on a portable atmospheric water generator for maritime rescue," *Journal of Water Reuse and Desalination*, vol. 10, no. 1, pp. 30–44, Mar. 2020, doi: 10.2166/wrd.2020.048.

[8] R. Munsin *et al.*, "Feasibility Study of Atmospheric Water Harvesting by Direct Cooling in Thailand." 2022 6th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD) Nha Trang University, Nha Trang, Viet Nam, Jul. 29, 2022.

[9] "การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค - กฟภ - PEA > โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า." https://www.pea.co.th/electricity-tariffs (accessed Sep. 12, 2022).

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน

จารุมาศ รักทองหล่อ[1] สมมาตร สุบรรณวงศ์[2] และ วิทูรย์ ชิงถ้วยทอง[3*]
[1] สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2] สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Email: witoon.c@lawasri.tru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์แบบพาลา-โบลาโดมที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน 3 รูปแบบ คือ แผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนสี่เหลี่ยม แบบลอนครึ่งวงกลมใหญ่และลอนครึ่งวงกลมเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ และหาค่าความชื้นในวัสดุ (หมูแดดเดียว) จากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 71 มาตรฐานเปียก เป็นระยะเวลา 150 นาที จากการวิจัยพบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีอื่นเท่ากับ 16.8 % กรณีติดตั้งพัดลม 4 ตัว และส่งผลให้ความชื้นของหมูแดดเดียวลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีอื่น การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กจะให้ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (TR) ถึง 1.5 เท่า และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าถึง 14.5 %

คำสำคัญ: ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แผ่นดูดซับความร้อน ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในการใช้งานและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับการตากแดด ตู้อบแห้งสามารถช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการปนเปื้อนจากเชื้อโรคส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้นและยังช่วยลดระยะเวลาเมื่อเทียบกับการตากแห้งจากแสงอาทิตย์โดยตรง จากข้อมูลที่กล่าวข้างต้นการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีประโยชน์มากกว่าการนำอาหารไปตากแดดโดยตรงซึ่งเป็นผลทำให้อาหารได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ได้

กระบวนการทำแห้งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป เช่น การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศและการอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อนแต่มีการสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างสูง การอบแห้งระบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งเหมาะกับผลิตภัณฑ์จำพวกเนื้อสัตว์หรืออาหารทะเลเนื่องจากสามารถใช้ความร้อนสูงในการอบแห้งได้แต่ก็มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง เช่นกัน สำหรับการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบอบแห้งนั้นมีต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำและเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับเกษตรกรทั่วไป เนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น โกวิท ย่างสกุลกิจ และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา ผลการทดสอบพบว่า การทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาในช่วงเวลาระหว่าง 9.00 ถึง 15.00 น. มีค่าตัวแปรทางประสิทธิภาพของการทำงานคิดเป็น 12.4 % สามารถลดค่าความชื้นได้เร็วกว่าการตากแห้งด้วยวิธีดั้งเดิมเป็น

เวลา 3 ชั่วโมง ทวีเดช หมื่นภูเขียว [2] ศึกษาการพัฒนาระบบทำอากาศร้อนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนเสริมกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม ระบบทำอากาศร้อนดังกล่าว ประกอบด้วยห้องเผาไหม้ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ตัวป้อนเชื้อเพลิง และตัวนำเถ้าออก ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถนะของระบบดังกล่าวโดยใช้ผลิตอากาศร้อนให้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม ซึ่งทำการอบแห้งกล้วย 140 - 200 kg. ผลการทดสอบพบว่า ระบบดังกล่าวสามารถทำให้อากาศภายในเครื่องอบแห้งแบบพาราโบลาโดมมีอุณหภูมิตามที่กำหนดคือ 50 $^{\circ}$C ซึ่งช่วยให้การอบแห้งดำเนินต่อไปได้ในช่วงหน้าฝน โดยกล้วยที่อบแห้งในเครื่องอบแห้งใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ตากแดดตามธรรมชาติซึ่งใช้เวลา 5 วัน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณประสิทธิภาพของระบบทำอากาศร้อนที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีค่าประสิทธิภาพ 80 % Kamaruddin และ คณะ [5] ได้พัฒนาระบบอบแห้งแบบเรือนกระจกที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสงขึ้น 2 รูปแบบ คือ แบบที่มีแผงดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และแบบไม่มีแผงดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และได้ทำการศึกษาสมรรถนะระบบอบแห้งดังกล่าวโดยใช้อบแห้งผลผลิตต่าง ๆ เช่น กาแฟ โกโก้ เมล็ดวานิลา พบว่า ระบบอบแห้งดังกล่าวมีสมรรถนะเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐกิจอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยระบบอบแห้งใช้แผงดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จะมีราคาแพงกว่า เครื่องอบดังกล่าวมีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ 107 m^2 สามารถอบกาแฟได้ปริมาณมากถึง 1.1 ตัน จากความชื้นเริ่มต้น 63.2 % เมื่ออบเสร็จแล้วจะเหลือความชื้นสุดท้าย 11.3 % และมีอัตราการไหล 0.57 kg/s

จากการศึกษางานวิจัยการพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา พบว่า งานวิจัยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการอบแห้งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากมีความเข้มแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและลักษณะตู้อบแห้งแบบพาราโบลาโดมที่มีการใช้หลังคารับแสงแบบแผ่นโพลีคาร์บอเนตสามารถเพิ่มค่าความร้อนภายในตู้อบแห้งให้สูงขึ้นได้จากภาวะเรือนกระจก ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนรูปแบบต่าง ๆ

วิธีการวิจัย

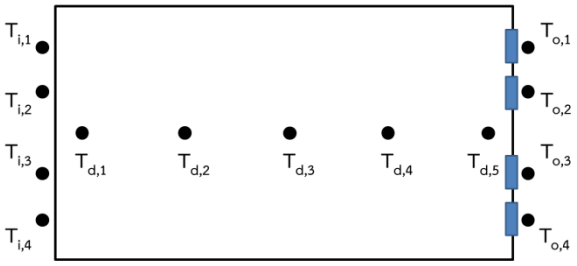
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาความต้องการของผู้ประกอบการและองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการสร้างตู้อบแห้งต้นแบบจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ขนาดของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมจะมีขนาดพื้นที่อบแห้งเท่ากับ 2 m x 1 m และเป็นตู้อบแห้งชนิดพาราโบลาโดมที่ใช้วัสดุเป็นโพลีคาบอเนตชนิดโปร่งใส ดังภาพที่ 1 (ก)

รูปแบบแผ่นดูดซับความร้อนสำหรับการทดสอบ

รูปแบบแผ่นดูดซับความร้อนสำหรับการทดสอบสำหรับศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบแผ่นเหล็กรูปแบบสี่เหลี่ยม (CASE 2) ลอนครึ่งวงกลมใหญ่ (CASE 3) และลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) มาพ่นสีดำด้านทั่วทั้งแผ่นเพื่อให้ค่าการแผ่รังสีของวัตถุดำ (ε)มีค่าสภาพการเปล่งรังสีเท่ากับ 1.0 โดยจะนำไปติดตั้งบริเวณด้านล่างของตู้อบแห้งต้นแบบดังภาพที่ 1 (ข)





(ก) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และตำแหน่งวัดอุณหภูมิ



CASE 2



CASE 3



CASE 4

(ข) แผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

การทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนรูปแบบต่าง ๆ กับกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน โดยกำหนดแหล่งกำเนิดความร้อนเทียมจากหลอดไฟ ฮาโดรเจนขนาด 1500 W จำนวน 2 หลอด ร่วมกับเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Variable Transformer) สำหรับปรับค่าไฟฟ้าให้มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับสภาพอากาศภายนอกที่อุณหภูมิ 38 °C ที่ให้กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 การทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน

กรณีศึกษาการเพิ่มพลังงานความร้อน	กรณีศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทดสอบ
1. เปิดแหล่งกำเนิดความร้อนเทียม โดยปรับค่ากำลังไฟฟ้าไปที่ 1400 W จำนวน 2 หลอด ให้เท่ากัน 2. รอให้อุณหภูมิภายในส่วนอบแห้งมีค่าเท่ากับ 35 °C 3. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นทุก 30 นาที จนถึง 150 นาที 4. ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบที่ 1 – 3 5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง 4	1. เปิดแหล่งกำเนิดความร้อนเทียม โดยปรับค่ากำลังกำลังไฟฟ้าไปที่ 1400 W จำนวน 2 หลอด ให้เท่ากัน 2. รอให้อุณหภูมิภายในส่วนอบแห้งมีค่าเท่ากับ 35 °C 3. นำหมูแดดเดียวใส่ในตู้อบแห้ง 4. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นทุก 30 นาที 5. นำหมูแดดเดียวมาชั่งเพื่อหาปริมาณน้ำที่หายไป (ความชื้น) ทุก 30 นาที 6. ทำขั้นตอนที่ 4 และ 5 ซ้ำ จนครบ 5 ครั้ง (150 นาที) 7. ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบที่ 1, 2, 3 8. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง 7

การหาความชื้นของผลิตภัณฑ์

การหาความชื้นของหมูแดดเดียวสามารถทำได้โดยนำหมูแดดเดียวไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งแล้วนำค่าได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (Moisture content) จากสมการที่ (1)

ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis): M_w

$$M_w = \frac{W-d}{W} \times 100 \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis): M_d

$$M_d = \frac{W-d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W คือ มวลของวัสดุ, *kg*

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, *kg*

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก ,*% w.b.*

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, *% db.*

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) คือ สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ยังเหลืออยู่ภายในวัสดุที่กำลังอบแห้งกับ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ในวัสดุก่อนอบแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3-4)

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_i - M_{eq}} \quad (3)$$

หรือ

$$MR = \frac{M_t}{M_i} \quad (4)$$

เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น

M_t คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ, *%d.b.*

M_i คือ ความชื้นเริ่มต้น ,*% d.b.*

M_{eq} คือ ความชื้นสมดุล, *% d.b.*

อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน (Heat ratio) คือ สัดส่วนของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน โดยเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5)

$$TR = \frac{T}{T_i} \quad (5)$$

เมื่อ TR คือ อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน

T คือ อุณหภูมิที่ได้จากกรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน, ^oC

T_0 คือ อุณหภูมิที่ได้จากกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน, ^oC

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_T) คือ ความสามารถการเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับอบแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6)

$$\eta_T = \frac{\dot{m} C_p (T_o - T_i)}{G_T A_c} \quad (6)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, J/kg.^{o}C

T_i คือ อุณหภูมิที่ทางเข้าตู้อบแห้ง, ^oC

T_0 คือ อุณหภูมิที่ทางออกตู้อบแห้ง, ^oC

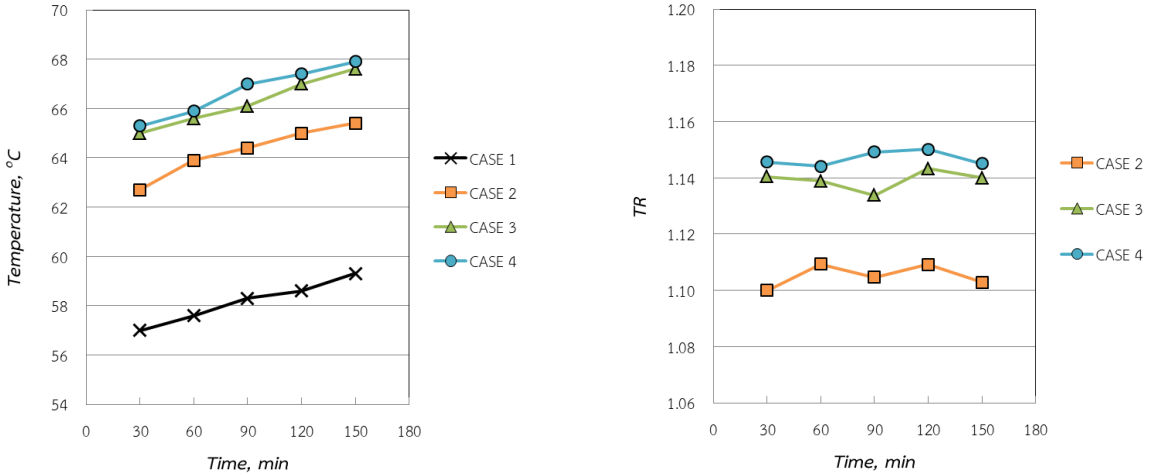
A_c คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m^2

G_T คือ รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบพื้นที่รับแสงอาทิตย์, W/m^2

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

อิทธิพลของแผ่นดูดซับความร้อนที่มีผลต่อความร้อนภายในตู้อบแห้ง

ภาพที่ 2 (ก) แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) จะช่วยเพิ่มความร้อน (อุณหภูมิ) ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดอยู่ที่ 68.4 °C และกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (CASE 1) จะมีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 59.3 °C ที่เวลา 150 นาที



(ก) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (ข) อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน

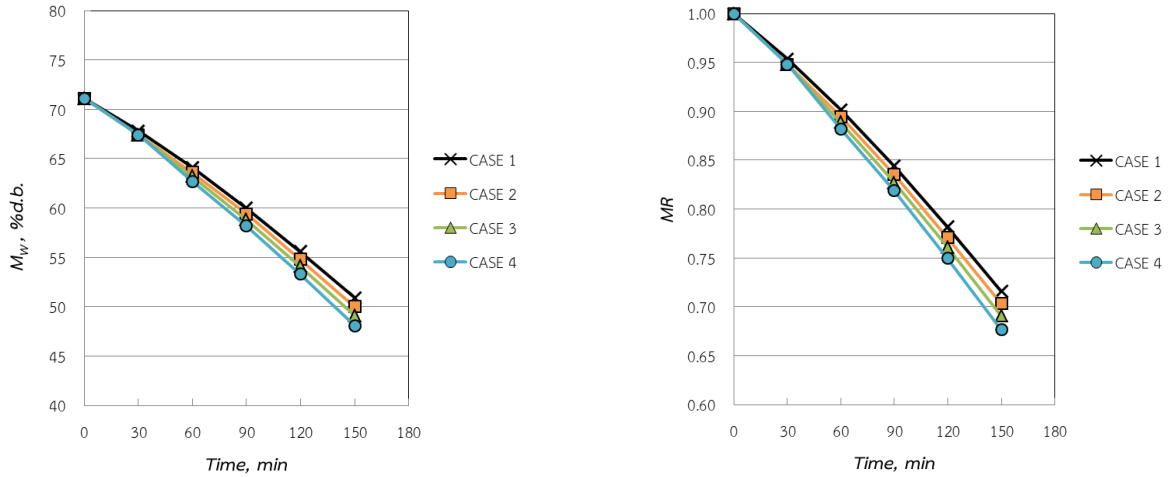
ภาพที่ 2 ค่าความร้อนและอัตราส่วนการเพิ่มความร้อนภายในตู้อบแห้งที่มีการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน

ภาพที่ 2 (ข) แสดงค่าอัตราส่วนการเพิ่มความร้อนเมื่อติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) จะช่วยเพิ่มความร้อน (TR) ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดอยู่ที่ 1.15 เท่า จากกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (CASE 1)

อิทธิพลของแผ่นดูดซับความร้อนที่มีผลต่อความชื้นในวัสดุ

ภาพที่ 3 (ก) แสดงค่าความชื้นที่ลดลงของหมูแดดเดียวในตู้อบแห้งที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ โดยใช้วัสดุทดสอบ คือ หมูแดดเดียวจำนวน 1 กิโลกรัม และเก็บตัวอย่างทดสอบที่น้ำหนัก 97 กรัม พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) สามารถลดความชื้นของหมูแดดเดียวได้สูงสุดและกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (CASE 1) ความชื้นของหมูแดดเดียวจะลดต่ำสุด โดยการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กสามารถลดปริมาณน้ำในหมูแดดเดียวได้เร็วกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนถึง 15 %

ภาพที่ 3 (ข) แสดงผลค่าอัตราส่วนความชื้นของหมูแดดเดียวในตู้อบแห้งที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) สามารถให้ค่าอัตราส่วนความชื้นต่ำสุด และกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (CASE 1) จะให้ค่าอัตราส่วนความชื้นสูงสุด โดยการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กจะให้ค่าอัตราส่วนความชื้นต่ำสุดอยู่ที่ 0.67 เท่า ที่เวลา 150 นาที

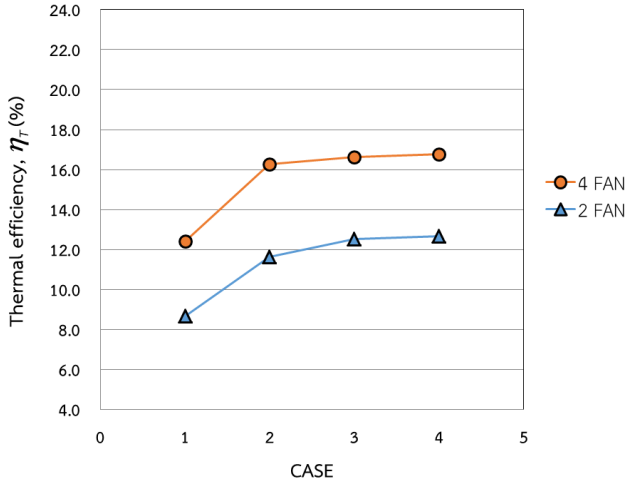


(ก) ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) (ข) อัตราส่วนความชื้น

ภาพที่ 3 ค่าความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของหมูแดดเดียวจากการอบแห้งที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_T)

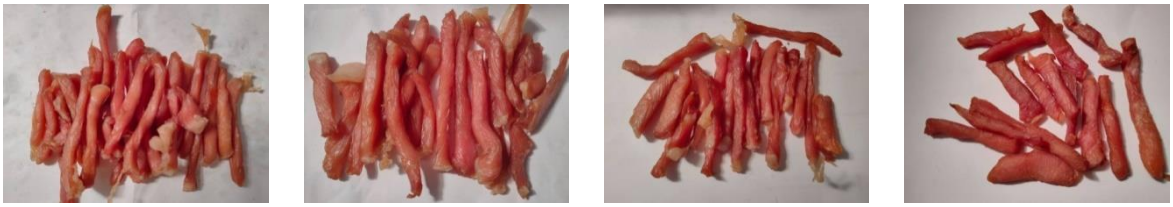
ภาพที่ 4 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) สามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงสุด เท่ากับ 16.8 % กรณีติดตั้งพัดลม 4 ตัว $(\dot{m} = 0.044 kg/s)$ และ 12.7 % กรณีติดตั้งพัดลม 2 ตัว $(\dot{m} = 0.022 kg/s)$



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน

ความร้อนที่ส่งผลต่อสีของหมูแดดเดียวจากเงื่อนไขการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 5 แสดงผลค่าสีของหมูแดดเดียวที่ผ่านการการอบแห้งในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 150 นาที พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็ก (CASE 4) จะส่งผลให้สีของหมูแดดเดียวมีสีเข้มกว่ากรณีอื่นเล็กน้อย เนื่องจากค่าความร้อนที่สูงกว่า เนื่องจากการทดลองจะทำการอบแห้งในระยะเวลาเท่ากันเพื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ



(ก) CASE 1 (ข) CASE 2 (ค) CASE 3 (ง) CASE 4

ภาพที่ 5 สีของหมูแดดเดียวที่ผ่านการอบแห้งระยะเวลา 150 นาที

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบต่าง ๆ โดยใช้วัตถุดิบทดสอบ คือ เนื้อหมูที่นำมาทำหมูแดดเดียว จำนวน 1 กิโลกรัม สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน (TR) ประมาณ 1.15 เท่า

2. การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดความชื้นของหมูแดดเดียวได้สูงสุดและมีค่าความชื้นลดลงเมื่อเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนถึง 14.5 %

3. การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนแบบลอนครึ่งวงกลมเล็กในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 16.8 % กรณีติดตั้งพัดลม 4 ตัว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] โกวิท ย่างสกุลกิจ และคณะ. (2554). **การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา**. สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตน่าน.

[2] ทวีเดช หมื่นภูเขียว. (2558). **การพัฒนาระบบทำอากาศร้อนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนเสริมกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม**. สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[3] ธีรเดช ใหญ่บก และคณะ. (2553). **การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า**. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 12 ฉบับที่ 3.

[4] เสริฐ เขียนนอก. (2550). **ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับครัวเรือน**. สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

[5] Kamaruddin A. (1997). **Drying of vanilla pods using greenhouse effect solar dryer**. Drying Technology 15, 685-698.

[6] K. Witinantakit, N. Uengkimbuan and S. Rungsawang. (2019). "**Mathematical modeling of shiitake mushroom drying using infraredvacuum technique**. "SWU Engineering Journal, vol. 14, no. 3, pp. 1-13.

ผลของรูปแบบท่อทางเข้าอากาศที่มีต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงของเตาฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์

The Effects of Air Inlet Configurations on Syngas Productions in a Fluidized Bed Gasifier

จตุพร อินสุวรรณโณ[1] วสุ สุขสุวรรณ[1] และ มักตาร์ แวหะยี[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Email : wmakatar@eng.psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ศึกษาผลของรูปแบบท่อทางเข้าอากาศของเตาฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์ เตามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตร และมีความสูง 1.5 เมตร โดยได้กำหนดรูปแบบท่อทางเข้าอากาศ 3 รูปแบบ คือ (1) ท่อทางเข้าอากาศแบบไหลขึ้น (แบบทั่วไป Updraft), (2) ท่อทางเข้าแบบไหลเข้าด้านข้างสองทาง และ (3) ท่อทางเข้าแบบไหลเข้าด้านข้างทางเดียว โดยสองแบบหลังสามารถสร้างกระแสไหลหมุนควง (Swirling) ภายในเตา ทุกรูปแบบการทดลองกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจากกากปาล์มน้ำมันให้คงที่ที่ 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และกำหนดการป้อนอัตราการไหลของอากาศที่อัตราส่วนสมมูล (Equivalent Ration) เท่ากับ 0.3 สำหรับแก๊สเชื้อเพลิง (Syngas) ที่ได้จากการกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นได้วิเคราะห์คุณสมบัติโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Syngas analyzer) ผลการศึกษาพบว่า โปรไฟล์อุณหภูมิภายในเตาฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์ของรูปแบบท่อทางเข้าอากาศแบบไหลเข้าด้านข้างสองทาง มีโปรไฟล์อุณหภูมิที่สูงกว่ากรณีอื่นๆ ซึ่งเป็นผลที่แสดงให้เห็นว่ามีขนาดของโซนเผาไหม้ใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับรูปแบบท่อทางเข้าอื่นๆ สอดคล้องกับปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงของรูปแบบท่อทางเข้าสองทางที่มีความเข้มข้นของแก๊สเชื้อเพลิงมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีความเข้มข้นเฉลี่ยที่ 20.40 % ตามมาด้วย แก๊สไฮโดรเจน (H_2) มีความเข้มข้นเฉลี่ย 8.66 % และแก๊สมีเทน (CH_4) ที่มีความเข้มเฉลี่ย 2.70 % และเมื่อพิจารณาถึงค่าความร้อนต่ำเฉลี่ย (Average Low Heating Value) พบว่า รูปแบบท่อทางเข้าอากาศแบบสองทางมีค่าความร้อนเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 4,786kJ/m^3 ตามมาด้วยรูปแบบท่อทางเข้าอากาศแบบทางเดียวที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 3,437 kJ/m^3 และกรณีรูปแบบท่อทางเข้าอากาศแบบไหลขึ้นที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยต่ำสุดคือ 2,721 kJ/m^3 จากการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่ารูปแบบท่อทางเข้าอากาศแบบไหลเข้าด้านข้างสองทาง มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับสร้างระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนสมมูลดังกล่าว

คำสำคัญ: แก๊สซิไฟเออร์ ฟลูอิไดซ์เบดแก๊สซิไฟเออร์ เชื้อเพลิง แก๊สเชื้อเพลิง

การอบแห้งผัดกะเพราปลาด้วยเครื่องอบแห้งจากการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก

Drying of Phad Kaprao pla by a Far-infrared Radiation Dryer From Ceramic

ซาฟีรา หะยียูนุ[1],นุรฮีซาตีย์ โฉมอุภัย[1],อีลีหย๊ะ สนิโซ[1] และพิสิษฏ์ มณีโชติ[2*]

[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา 95000

[2] วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

*Corresponding author, email: renewaboy999@gmail.com.

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและอัตราการอบแห้งผัดกะเพราปลาด้วยเครื่องอบแห้งที่อาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก ขนาดเครื่อง 120x75x60 เซนติเมตร โดยการอบแห้งผัดกะเพราปลาซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นในช่วง 160-190 % มาตรฐานแห้ง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 100 องศาเซลเซียสและ 110 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นสุดท้ายในช่วง 8.8-6.4 % มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งผัดกะเพราปลาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาอบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 240 นาที และได้ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 6.4% มาตรฐานแห้ง ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาอบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 360 นาที จึงจะเหลือความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 8.8% มาตรฐานแห้ง โดยผัดกะเพราปลาแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลปานกลาง มีกลิ่นของใบกะเพรา มีรสชาติเค็มและเผ็ด ทั้งนี้อัตราการอบแห้งจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งมากขึ้น เนื่องจากอัตราการระเหยน้ำที่สูงขึ้นจากการได้รับพลังงานจากรังสีอินฟราเรดเข้าไปในเนื้อผัดกะเพราปลา จึงส่งผลให้ผัดกะเพราปลาที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลปานกลาง มีรสชาติและกลิ่นของผัดกะเพราปลาอยู่ครบถ้วนและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

คำสำคัญ: การอบแห้ง, ผัดกะเพราปลาผง, รังสีอินฟราเรดระยะไกล

การนำชีวมวลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ด เผาไหม้ร่วมเชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ (Biomass Co-Firing) โรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 12-13

เกษศิรินทร์ แปงเสน[1] ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง[1] และ**ฐิติพร สุภาษี**[1*]
Ketsirin Paengsen[1] Pradit Moomuangsong[1] and Thitiporn Supasri[1*]

[1] โครงการแม่เมาะเมืองน่าอยู่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ลำปาง 52220
[1] Mae Moh Smart City, Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT), Lampang 52220

บทคัดย่อ

พื้นที่ทางการเกษตร อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ร้อยละ 45 ปลูกพืชไร่ประเภทข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื้อที่ประมาณ 25,293 ไร่ เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตข้าวโพดเป็นหลัก เศษวัสดุเหลือใช้เปลือกซังข้าวโพดจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงแก่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่จังหวัดลำปางและจังหวัดใกล้เคียง นับตั้งแต่ตุลาคมปี 2564 เป็นต้นมา โรงไฟฟ้าแม่เมาะ กฟผ. ภายใต้โครงการ Biomass Co-Firing ได้ศึกษากระบวนการนำชีวมวลทางการเกษตรเปลือกซังข้าวโพดมาบดและอัดเม็ดให้เป็นชีวมวลอัดแท่ง (Biomass Pellet) เผาไหม้ร่วมกับลิกไนต์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12-13 (ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 300 เมกกะวัตต์ต่อหน่วย) สัดส่วนผสมไม่เกินร้อยละ 2 ของปริมาณความร้อนรวม พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตไฟฟ้า และความเข้มข้นมลสารที่ปลดปล่อยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กฟผ. แม่เมาะ ได้ขับเคลื่อนโครงการมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปริมาณการรับซื้อชีวมวลสะสมรวม 642 ตัน สร้างรายได้แก่เกษตรกรชุมชนแม่เมาะโดยตรง อีกทั้งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 546 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า นอกจากนี้ กฟผ. แม่เมาะ มุ่งมั่นที่จะนำต้น/ตอ/ใบข้าวโพด ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่เผาทิ้งระหว่างเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดฤดูเก็บเกี่ยวถัดไป มาอัดก้อนป้อนเข้าสู่โครงการ Biomass Co-Firing หรืออีกนัยหนึ่งคือการสนับสนุนให้ชุมชนสามารถทำ Biomass Pellet ด้วยตนเอง เพื่อเกษตรกรในพื้นที่อำเภอแม่เมาะจะมีรายได้ที่ยั่งยืน ลดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อม ขับเคลื่อนพัฒนาพื้นที่แม่อำเภอเมาะเป็นเมืองอัจฉริยะ (Mae Moh Smart City) มุ่งสู่เมืองเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ขานรับนโยบายประเทศก้าวไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality)

คำสำคัญ: ชีวมวลทางการเกษตร ชีวมวลอัดแท่ง ก๊าซเรือนกระจก Smart City Carbon neutrality

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำชะผสมจากมูลช้างผสมมูลวัว โดยการใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการหมักแบบกะ

Appropriation condition for Biogas Production from Elephant and Cow Manure mixed Leachate by using Anaerobic Digestion Process in Batch Fermentation

อัญชลี มาสะอาด[1], พันธ์ลพ สินธุยา[2], ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท[1] และหทัยทิพย์ สินธุยา[1*]

[1] สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

[2] สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

Email : hathaithip_nin@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลช้างผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ โดยได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยประเมินศักยภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ที่สภาวะมาตรฐาน ซึ่งการทดลองนี้ใช้มูลช้างเป็นสารตั้งต้นและใช้มูลวัวเป็นเชื้อจุลินทรีย์ กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร ในขวดหมักปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร หมักแบบการเติมครั้งเดียว (Batch Fermentation) ในระบบหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 45 วัน ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส วัดปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมและก๊าซมีเทนสะสม และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการหมักจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การกำจัดซีโอดี (COD) การกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด (VS) จากผลการทดลอง พบว่า มูลช้างสามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้เท่ากับ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ (mL/g VS_{added}) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ได้ก๊าซมีเทนร้อยละ 35.6 แสดงให้เห็นว่ามูลช้างสามารถผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในชุมชนปางช้างได้

คำสำคัญ: มูลช้าง ก๊าซชีวภาพ กระบวนการหมักแบบแบตช์

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไป และลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ จึงส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรมและชุมชน โดยการกำจัดของเสียที่มีอยู่จำนวนมาก เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขยะจากเศษผัก ผลไม้ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพ [1] ก๊าซชีวภาพ เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่เกิดจากกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้สารตั้งต้นจากของเสียดังกล่าว เมื่อเกิดการย่อยสลายแล้วจะได้ก๊าซชีวภาพที่ประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 ร้อยละ 15-60) ก๊าซมีเทน (CH_4 ร้อยละ 40-75) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2 ร้อยละ 5-10) และก๊าซไนโตรเจน (N_2 ร้อยละ 2) ซึ่งก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติสามารถติดไฟได้ จึงสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงได้ ทั้งนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เกิดก๊าซชีวภาพนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นนั้น ๆ ด้วย เช่น การย่อยสลายพืชสดจะให้เกิดก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการย่อยสลายมูลสัตว์ เนื่องจากในมูลสัตว์มีจุลินทรีย์ที่ทำให้

รหัสบทความ D18-202208150003

เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น [2] จากการศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีธุรกิจสถานประกอบการปางช้างหลายแห่ง โดยในปัจจุบันมีจำนวนช้างประมาณ 882 เชือก [3] ทำให้เกิดของเสียจากมูลช้างเฉลี่ย 100–150 กิโลกรัมต่อวัน [4] โดยวิธีกำจัดของเสียมูลช้างในชุมชน คือ นำไปทิ้งในแม่น้ำ นำไปเผา และนำไปทิ้งไว้กลางแจ้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชุมชนทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรค [5]

งานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวของชุมชนในสถานประกอบการปางช้างที่จะแก้ไขปัญหาการกำจัดของเสียจากมูลช้าง จึงได้มีแนวคิดที่จะนำมูลช้างมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ เพื่อศึกษาและประเมินปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลช้าง ทั้งนี้เพื่อให้ชุมชนได้มีแนวทางในการกำจัดของเสียในชุมชนให้เป็นพลังงานทดแทนโดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถลดปัญหาสุขภาวะในชุมชนได้

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยศึกษาจากการประเมินศักยภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ที่สภาวะมาตรฐาน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมูลช้างที่ใช้ในการวิจัย โดยมีวิธีการวิจัย ดังนี้

1. การเตรียมสารตั้งต้นและเชื้อจุลินทรีย์

สารตั้งต้นที่ใช้ คือ มูลช้างสด จากปางช้างในจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำมูลช้างสดมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นและกรองด้วยตะแกรงขนาด 20 เมช

สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ คือ มูลวัว โดยทำการล้างด้วยน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1:2 ของมูลวัวต่อน้ำ และนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

2. วิธีการทดสอบการหมักก๊าซชีวภาพแบบแบตช์ [6]

การทดลองหมักก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการแบบแบตช์ด้วยวิธีการทดสอบ BMP อ้างอิงวิธีทดสอบจากมาตรฐาน VDI 4630 โดยทำการหมักในขวดแก้วปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร จากนั้นปรับค่ากรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 7.0-7.3 แล้วปิดฝาด้วยจุกยางนำไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน ระหว่างการหมักจะทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันด้วยกระบอกฉีดยาแบบแก้ว และวัดองค์ประกอบก๊าซด้วยเครื่องมือแบบพกพารุ่น GFM406

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลช้าง

วิเคราะห์การกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด และการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด ด้วยวิธี Gravimetric Method และวิเคราะห์ซีโอดีตามมาตรฐาน APHA AWWA และ WPCF โดยทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการหมักย่อย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

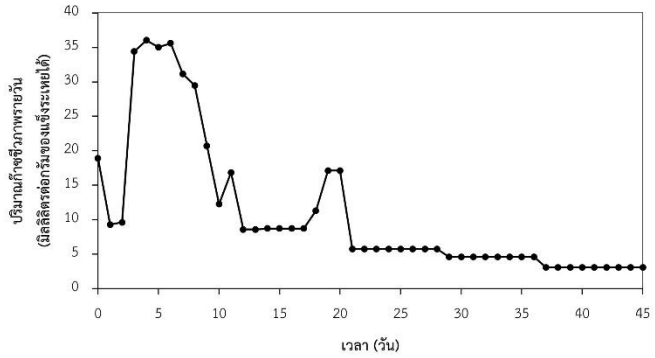
ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมูลช้าง ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-7.30 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถผลิตมีเทนได้ดี ทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 64.19 เนื่องจากค่าการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด และการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าในระบบเกิดการย่อยสลายสารตั้งต้นในกระบวนการ

ไฮโดรไลซีส ซึ่งเป็นขั้นตอนการย่อยสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง แต่เนื่องจากมูลช้างเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีโครงสร้างโมเลกุลค่อนข้างซับซ้อน ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 35.60 ทั้งนี้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการย่อยสลายของสารตั้งต้นด้วย [7]

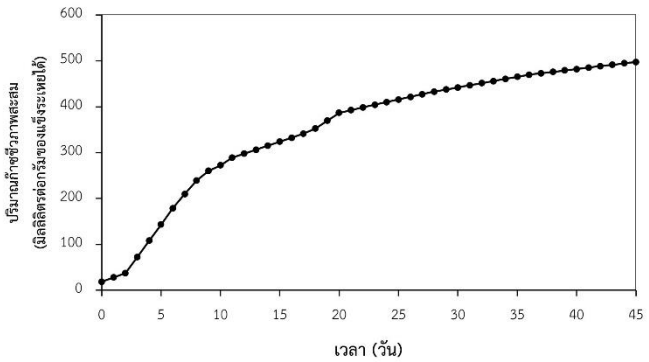
ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของมูลช้าง ก่อนและหลังการหมักแบบแบตช์

พารามิเตอร์	ก่อนการหมัก	หลังการหมัก
กรด-ด่าง	7.01	7.05
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	19,385.00	16,760.00
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	13,710.00	10,810.00
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	24,976.53	8,944.10
ปริมาณร้อยละการกำจัดซีโอดี	64.19	
ปริมาณร้อยละของมีเทน	35.60	

การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ คือ การเติมสารตั้งต้นไปเพียงครั้งเดียวและให้ระบบดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นเวลา 45 วัน จากภาพที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มช่วงวันที่ 1-5 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในแต่ละวันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพลดลงในช่วงวันที่ 6-13 และเพิ่มขึ้นอีกในช่วงวันที่ 16-20 ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มาจากสภาพแวดล้อม เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงทำให้แรงดันภายในระบบการหมักสูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดการดันโมเลกุลของก๊าซมีเทนขึ้น [8] จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ต่ำกว่า 5 มิลลิลิตร การที่ก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-5 เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยง่ายในระบบการหมักย่อย เพื่อสร้างมวลเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ให้กลับมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในระบบได้อีก ทำให้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้เท่ากับ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ และเมื่อเวลาผ่านไปสารอินทรีย์ในระบบลดลง ส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือเรียกว่าเกิดการขาดธาตุอาหาร ทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจึงลดลงและเข้าสู่สภาวะคงที่ [9]



ภาพที่ 1 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพรายวัน



ภาพที่ 2 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพสะสม

จากการศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลช้างผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ พบว่า มูลช้างสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่จากการศึกษางานวิจัยของ Muhammad, Abdulsalam & Yusuf [10] ทำให้ทราบว่า การนำมูลช้างมาหมักย่อยแบบแบตช์ร่วมกับมูลวัว จะสามารถทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าการที่นำมูลช้างมาผลิตก๊าซชีวภาพเพียงอย่างเดียวดังนั้นในอนาคต ผู้วิจัยจะศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับของเสียประเภทอื่น ๆ หรือศึกษาวิธีการปรับสภาพมูลช้างด้วยวิธีทางกายภาพ ทางชีวภาพ ทางเคมีหรือทางกายภาพร่วมกับเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ โดยใช้มูลช้างเป็นสารตั้งต้นและใช้มูลวัวเป็นเชื้อจุลินทรีย์ กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร ในขวดหมักปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมัก 45 วัน ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส พบว่า ในระบบการหมักแบบแบตช์มีค่า pH เท่ากับ 7.05 มูลช้างมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 64.19 ผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพได้ก๊าซมีเทนร้อยละ 35.6 จะเห็นได้ว่ามูลช้างสามารถผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในชุมชนปางช้างได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ภายใต้โครงการการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สัญญาเลขที่ มรชม. 66/63 และขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย (adiCET) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตสะลวงที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Damrongsak, D. and Chaichana, C. (2020). Biogas initiative from municipal solid waste in northern Thailand. **Energy Reports**. 6, 428-433.

[2] Andriani, D., Rajani, A., Santosa, A., Saepudin, A., Wresta, A., and Atmaja, T. D. (2020). A review on biogas purification through hydrogen sulphide removal. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 23-24 October 2019 at Indonesia.

[3] Bansiddhi, P., Nganvongpanit, K., Brown, J. L., Punyapornwithaya, V., Pongsopawijit, P., and Thitaram, C. (2019). Management factors affecting physical health and welfare of tourist camp elephants in Thailand. **PeerJ**. 7, 1-22.

[4] Stepien, P., Swiechowski, K., Hnat, M., Kugler, S., Stegenta-Dabrowska, S., Koziel, J. A., Manczarski, P., and Białowiec, A. (2019). Waste to carbon: Biocoal from elephant dung as new cooking fuel. **Energies**, 12 (22). 4344.

[5] Burg, V., Bowman, G., Haubensak, M., Baier, U., and Thees, O. (2018). Valorization of an untapped resource: Energy and greenhouse gas emissions benefits of converting manure to biogas through anaerobic digestion. **Resources, Conservation & Recycling**. 136, 53-62.

[6] VDI 4630. (2016). VDI 4630 - Fermentation of organic materials – Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. VDI- Handbuch Energietechnik. **Verein Deutscher Ingenieure**. 132.

[7] Bajpai, P. (2022). Anaerobic Technology in Pulp and Paper Industry. **Springer Briefs in Applied Sciences and Technology**. 99.

[8] Bozorgian, A. (2020). Investigation of the History of Formation of Gas Hydrates. **Origional Research Journal of Engineering in Industrial Research.** 1-11.

[9] Kelly Orhorhoro, E., Sadjere, G., Okechukwu Ebunilo, P., and Ejuvwedia Sadjere, G. (2017). Experimental Determination of Effect of Total Solid (TS) and Volatile Solid (VS) on Biogas Yield. **American Journal of Modern Energy.** 3 (6), 131-135.

[10] Muhammad, J., Abdulsalam, S., and Yusuf, M. (2015). A Kinetic Study of Biogas Produced from Cow and Elephant Dungs Using the Residual Substrate Concentration Approach. **Chemical Engineering and Science.** 3. 7-11.

การวิเคราะห์สูญเสียความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวที่หุ้มฉนวนความร้อนด้วยอากาศโดยใช้โปรแกรมแบบจำลอง 2 มิติ

Analysis of heat loss air insulated noodle pot using simulation 2D model

กิตติธัช ยินเยื้อน* และ วิกร ธนรัตฉัตร[1]
สาขาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี[1]
Email: kittitat.y@ptu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสูญเสียความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดสูญเสียพลังงานความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในปัจจุบัน โดยใช้การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ 2 มิติ สมมาตรรอบแกนกลาง ในการวิเคราะห์ได้เลือกใช้หม้อก๋วยเตี๋ยวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร และกำหนดให้ภายในหม้อบรรจุน้ำปริมาตร 0.038 ลูกบาศก์เมตร โดยวิเคราะห์แบบจำลองทั้งหมด 4 รูปแบบ คือ หม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวน และแบบมีฉนวนที่ความหนา 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยกำหนดให้น้ำภายในและผนังของหม้อก๋วยเตี๋ยวมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 100 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาหม้อก๋วยเตี๋ยวให้มีการถ่ายเทความร้อนจากน้ำสู่อากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ 2 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อเคลวิน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่บริเวณผนังด้านข้างและก้นของหม้อก๋วยเตี๋ยวกำหนดให้มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นตามสมการการพาความร้อนในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ โดยกำหนดเงื่อนไขให้มีการถ่ายเทความร้อนแบบอิสระ(ปล่อยให้อุณหภูมิลดลงโดยการพาความร้อน) เป็นระยะเวลา 60 นาที ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวน และแบบมีฉนวนที่ความหนา 2, 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 43.25, 48.85, 56.81 และ 58.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หม้อก๋วยเตี๋ยวที่มีความหนาของฉนวนอากาศมากกว่าความร้อนจะมีอุณหภูมิลดลงน้อยตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความหนาของฉนวนความร้อนแบบอากาศแบบ 4 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพทำให้รักษาอุณหภูมิได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: หม้อก๋วยเตี๋ยว ฉนวนความร้อน หม้อต้ม

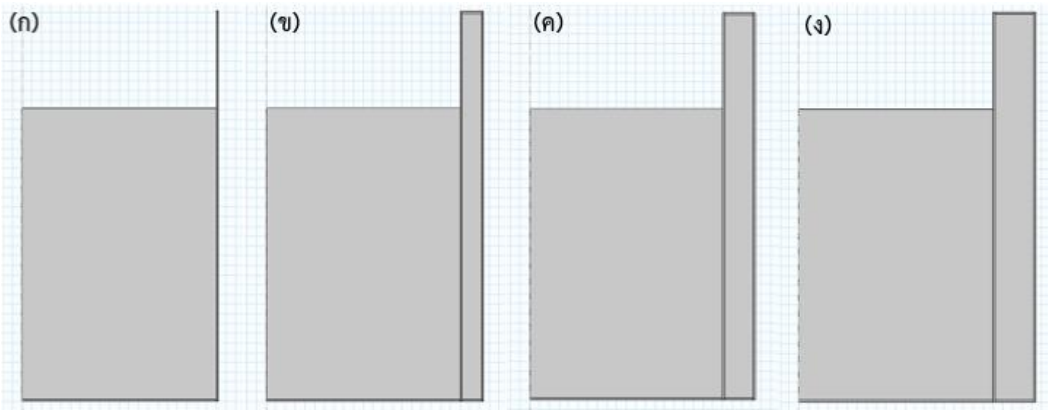
บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น รวมถึงความต้องการในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงก็สูงขึ้นเช่นกัน จึงทำให้ต้องมีมาตรการในการประหยัดพลังงาน โดยหนึ่งในนั่นจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอุปกรณ์ เพื่อลดการสูญเสียและใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว และพบว่าหม้อก๋วยเตี๋ยวเป็นอุปกรณ์ครัวที่มีใช้อย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เป็นภาชนะที่ทำหน้าที่อุ่น ต้มน้ำซุป ต้มน้ำลวกเส้น และอื่น ๆ ซึ่งภายในหม้อมีการบรรจุน้ำปริมาณมากและการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นนั้นจะต้องใช้ค่าพลังงานความร้อนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากค่าความจุความร้อนของน้ำประมาณ 4.187 กิโลจูลต่อกิโลกรัมต่อเซลเซียส ซึ่งหมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 กิโลกรัม (ประมาณ1 ลิตร) มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะต้องใช้พลังงาน 4.187 กิโลจูล ดังนั้นการจะทำให้น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) ถึงจุดเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะต้องใช้พลังงานความร้อนเท่ากับ 314.025 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และถ้าน้ำในหม้อก๋วยเตี๋ยวมีปริมาณเท่ากับ 38 ลิตร จะต้องใช้พลังงานความร้อนมากถึง 11,932.95 กิโลจูล ซึ่งทั้งหมดถือเป็นราคาต้นทุนเนื่องจากความร้อนที่ได้เหล่านั้นล้วนมากจากค่าพลังงานที่เสียไป แต่การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำไปถึงอุณหภูมิเดือด 100 องศาเซลเซียส ถือเป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบอาหารอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และการใช้พลังงานความร้อนให้น้อยลงเพื่อทำให้น้ำเดือดในอุณหภูมิบรรยากาศเป็นเรื่องที่ขัดต่อหลักการทางฟิสิกส์ ในเมื่อลดค่าพลังงานความร้อนที่เพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำ

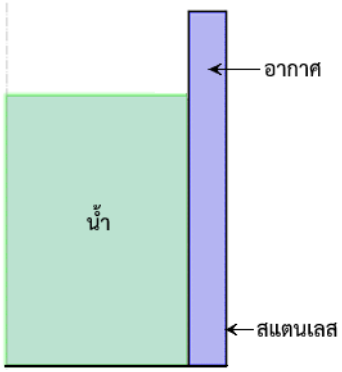
ไม่ได้ ทำให้งานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะศึกษาวิธีลดการสูญเสียของพลังงานความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวให้ได้มากที่สุด ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาฉนวนหุ้มความร้อนหม้อก๋วยเตี๋ยว เช่น หม้อก๋วยเตี๋ยวฉนวนแบบสุญญากาศ สามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลงได้ [1] การให้ความร้อนบริเวณด้านข้างหม้อก๋วยเตี๋ยวและใช้เทอร์โมสตัท ในการควบคุมการใช้แก๊สสำหรับการให้ความร้อน [2] การศึกษากระทะฉนวนสุญญากาศใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่ามีประสิทธิภาพป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น [3] หม้อต้มก๋วยเตี๋ยวประสิทธิภาพสูง โดยใส่ฉนวนความร้อนด้านข้าง ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการต้มได้ [4] ใช้หม้อก๋วยเตี๋ยวทั่วไปครอบด้วยฉนวนทรงกระบอกเหล็กกลวง 2 ชั้น [5] ชุดประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับหม้อต้มก๋วยเตี๋ยว โดยเพิ่มฉนวนด้านข้างและฝาปิดหม้อ [6] และฉนวนแบบสุญญากาศมีค่าความเป็นฉนวนที่ต่ำกว่าฉนวนแบบใยหิน ใยแก้ว [7-8] และการใช้ฉนวนอากาศในการเก็บรักษาอุณหภูมิของภาชนะใส่น้ำ [9] โดยในงานวิจัยนี้ได้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวโดยใช้ฉนวนความร้อนแบบช่องว่างอากาศ รวมถึงลดการสูญเสียพลังงานความร้อนบริเวณด้านข้างของหม้อก๋วยเตี๋ยว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบ 2 มิติ

ขอบเขตและเงื่อนไขการวิจัย

การวิเคราะห์หม้อก๋วยเตี๋ยวแบบหุ้มฉนวนความร้อนแบบอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ 2 มิติ โดยสร้างแบบจำลอง 2 มิติ แบบสมมาตรรอบแกนกลาง และเลือกใช้สแตนเลสสตีล (STAINLESS STEEL) เกรด 304 เป็นวัสดุผิวนอกของหม้อก๋วยเตี๋ยวซึ่งความหนาเท่ากับ 2 มิลลิเมตร โดยที่หม้อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 40 เซนติเมตร (ไม่รวมความหนาของชั้นฉนวน) และมีความสูงเท่ากับ 40 เซนติเมตร โดยวิเคราะห์แบบจำลองทั้งหมด 4 รูปแบบ คือ หม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวน และแบบมีฉนวนที่ความหนา 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 1 ซึ่งกำหนดให้ภายในหม้อบรรจุน้ำปริมาตร 0.038 ลูกบาศก์เมตร โดยผิวด้านข้างของหม้อก๋วยเตี๋ยวจะใช้วัสดุเป็นสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งในกรณีของหม้อก๋วยเตี๋ยวที่มีฉนวน จะเลือกใช้อากาศในการทำหน้าที่เป็นฉนวน ดังภาพที่ 2 โดยสร้างเป็นโดเมนของอากาศที่ความหนาต่าง ๆ และปิดด้วยผิวของสแตนเลสในทุกด้าน และในส่วนของผิวด้านล่างของหม้อก๋วยเตี๋ยวจะเป็น สแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร และไม่มีฉนวนในทุกกรณีของการวิเคราะห์



ภาพที่ 1 แบบจำลองหม้อก๋วยเตี๋ยวสแตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร (ก) แบบไม่มีฉนวน (ข) แบบมีฉนวนหนา 2 เซนติเมตร (ค) แบบมีฉนวนหนา 3 เซนติเมตร และ (ง) แบบมีฉนวนหนา 4 เซนติเมตร



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของโดเมนต่าง ๆ ของแบบจำลองหม้อก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในการวิเคราะห์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีการไหลแบบราบเรียบในน้ำ

$$\rho\frac{\partial u}{\partial t}+\rho(u\cdot\nabla)u=\nabla\cdot[-pI+K]+F+\rho g \quad (1)$$

$$\rho\nabla\cdot u=0 \quad (2)$$

ทฤษฎีการพาความร้อนของน้ำสู่อากาศ

$$q_0=h(T_{ext}-T) \quad (3)$$

$$\text{โดยกำหนดให้ } h=\begin{cases}\frac{k}{L}0.54{Ra_L}^{1/4} \text{ ถ้า } T\le T_{ext} \text{ และ } 10^4\le Ra_L\le 10^7\\ \frac{k}{L}0.15{Ra_L}^{1/3} \text{ ถ้า } T\le T_{ext} \text{ และ } 10^7\le Ra_L\le 10^{11}\\ \frac{k}{L}0.27{Ra_L}^{1/4} \text{ ถ้า } T\le T_{ext} \text{ และ } 10^5\le Ra_L\le 10^{10}\end{cases}$$

ทฤษฎีการพาความร้อนของผนังห้อก๋วยเตี๋ยวสู่อากาศ

$$q_0=h(T_{ext}-T) \quad (4)$$

$$\text{โดยกำหนดให้} h=\begin{cases}\frac{k}{L}\left(0.68+\frac{0.67Ra_L^{1/4}}{\left(1+(\frac{0.492k}{\mu c_p})^{9/16}\right)^{4/9}}\right) & if\ Ra_L\le 10^9\\ \frac{k}{L}\left(0.825+\frac{0.387Ra_L^{1/6}}{\left(1+(\frac{0.492k}{\mu c_p})^{9/16}\right)^{8/27}}\right)^2 & if\ Ra_L>10^9\end{cases}$$

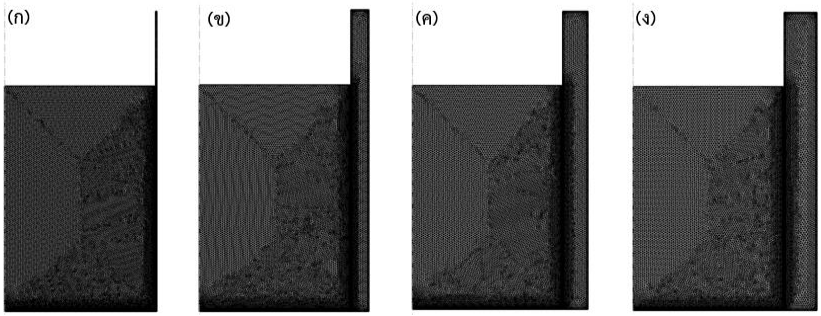
ทฤษฎีการนำความร้อน

$$\rho c_p\frac{\partial T}{\partial t}+\rho c_p u\cdot\nabla T+\nabla\cdot q=Q \quad (5)$$

$$q=-k\nabla T \quad (6)$$

วิธีการวิจัย

ในการวิเคราะห์จะใช้โมเดลแบบจำลองที่ขึ้นกับเวลา (transien), การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) และการถ่ายเทความร้อนในของไหล โดยกำหนดให้ของไหลภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวเป็นน้ำ และของไหลภายในฉนวนเป็นอากาศ โดยที่หม้อก๋วยเตี๋ยวทำจากสแตนเลส โดยกำหนดให้มีเงื่อนไขเริ่มต้น คือ น้ำและตัวหม้อพร้อมฉนวนมีอุณหภูมิเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส เปิดฝาหม้อก๋วยเตี๋ยวให้มีการถ่ายเทความร้อนจากน้ำสู่อากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ 2 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อเคลวิน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ผนังด้านข้างและก้นหม้อก๋วยเตี๋ยว หม้อก๋วยเตี๋ยวให้มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นตามสมการการพาความร้อนในแนวตั้ง และแนวนอนตามลำดับ ใช้ระยะเวลา 60 นาที และสร้างตาข่ายของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยว ดังภาพที่ 3

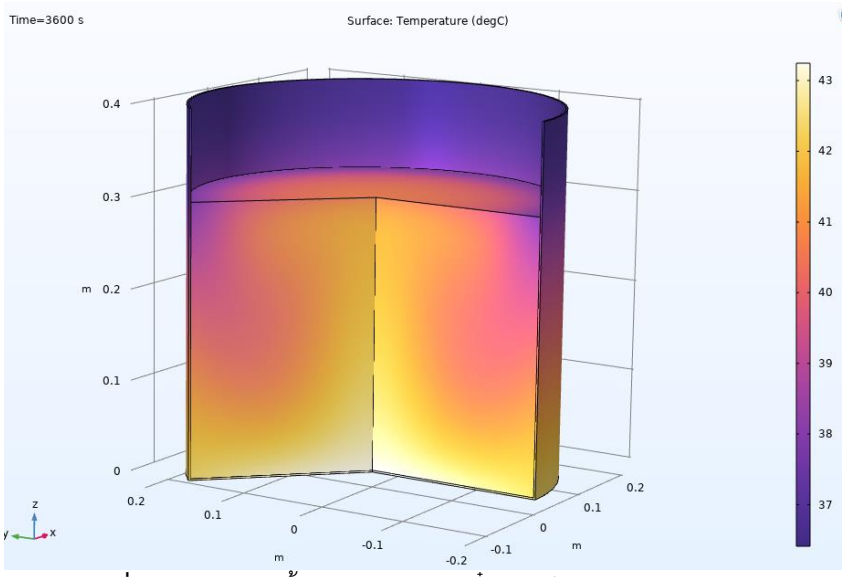


ภาพที่ 3 สร้างตาข่ายของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวสแตนเลส (ก) แบบไม่มีฉนวน (ข) แบบมีฉนวนหนา 2 เซนติเมตร (ค) แบบมีฉนวนหนา 3 เซนติเมตรและ (ง) แบบมีฉนวนหนา 4 เซนติเมตร

ผลการวิจัย

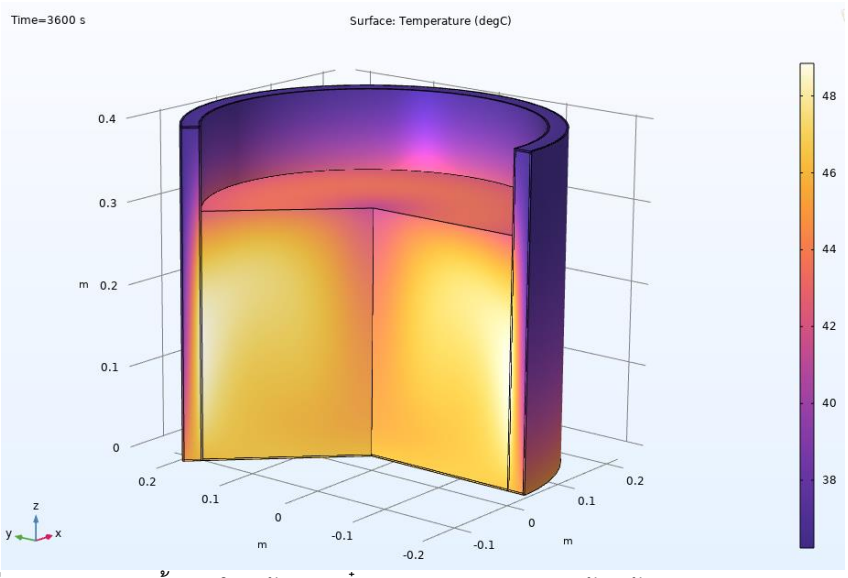
ผลการวิเคราะห์หม้อก๋วยเตี๋ยวที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส เปิดฝาหม้อก๋วยเตี๋ยวให้มีการถ่ายเทความร้อนจากน้ำสู่อากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ 2 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อเคลวิน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่บริเวณผนังด้านข้างและก้นของหม้อก๋วยเตี๋ยวกำหนดให้มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นตามสมการการพาความร้อนในแนวตั้ง และแนวนอนตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลา 60 นาที

อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวนกันความร้อน ได้อุณหภูมิสูงสุด 43.25 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ดังภาพที่ 4



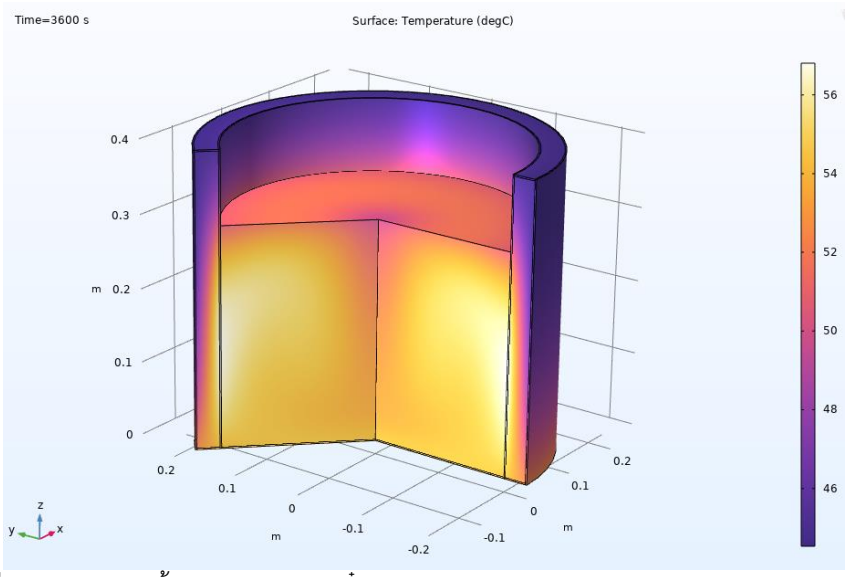
ภาพที่ 4 อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวนกันความร้อน

อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 2 เซนติเมตร ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 48.85 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ดังภาพที่ 5



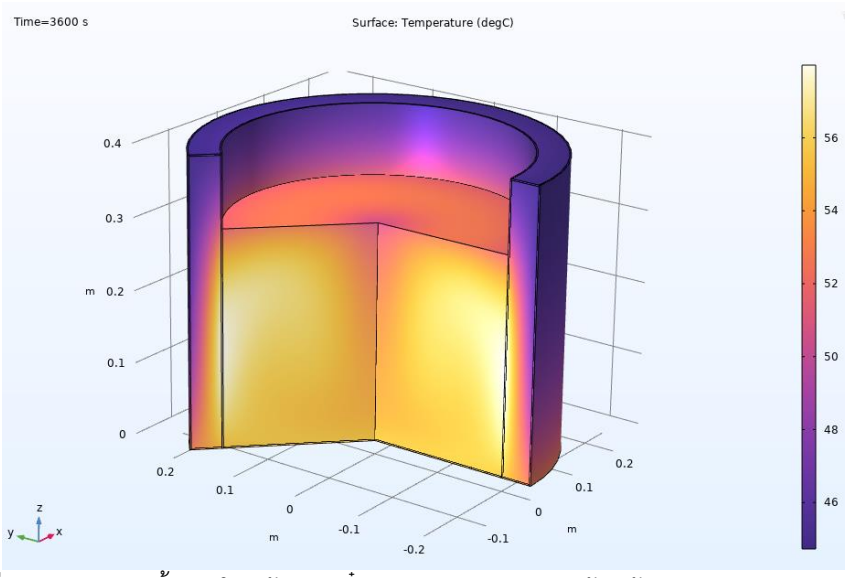
ภาพที่ 5 อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 2 เซนติเมตร

อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 3 เซนติเมตร ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 56.81 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 3 เซนติเมตร

อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 4 เซนติเมตร ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 58.00 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวนกันความร้อนด้วยอากาศหนา 4 เซนติเมตร

จากผลการวิจัย พบว่าหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวน และแบบมีฉนวน 2, 3 และ 4 เซนติเมตร เป็น 43.25, 48.85, 56.81 และ 58.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ตามลำดับ จะพบว่าอุณหภูมิหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบไม่มีฉนวนจะมีอุณหภูมิแตกต่างจากหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวน 4 เซนติเมตร อยู่ถึง 14.75 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 60 นาที ซึ่งการเปลี่ยนแปลงน้ำ 1 องศาเซลเซียส ต้องใช้พลังงาน 4.187 กิโลจูลต่อกิโลกรัม หมายถึงการรักษาพลังงานได้มากถึง 61.758 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ในปริมาณน้ำ 0.038 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 38 กิโลกรัม จะสามารถลดการใช้พลังงานได้มากถึง 2346.8135 กิโลจูลต่อชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

สังเกตเห็นว่ารูปแบบการกระจายตัวความร้อนของน้ำแบบไม่มีฉนวนความร้อน อุณหภูมิบริเวณที่ร้อนสุดจะอยู่ที่บริเวณก้นหม้อ และบริเวณใกล้กับขอบผนังเปิดด้านบนหม้อจะมีอุณหภูมิต่ำสุด ซึ่งเป็นไปตามหลักการของฟิสิกส์ แต่ในหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวนความร้อนด้วยอากาศนั้นจะพบว่า น้ำที่บริเวณขอบผนังด้านข้างของหม้อก๋วยเตี๋ยวมีอุณหภูมิสูงที่สุด และบริเวณน้ำตรงกลางด้านบนฝาเปิดมีอุณหภูมิต่ำที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ฉนวนความร้อนด้วยอากาศสามารถรักษาอุณหภูมิความร้อนของน้ำบริเวณด้านข้างของหม้อได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถลดการสูญเสียความร้อนจากการพาของอากาศได้อย่างมีนัยยะ แต่จากผลวิเคราะห์พบว่าฉนวนความร้อนด้วยอากาศจะเริ่มมีประสิทธิภาพต่ำลง เมื่อฉนวนอากาศมีขนาดมากกว่า 3 เซนติเมตร เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดของหม้อก๋วยเตี๋ยวแบบมีฉนวนความร้อนด้วยอากาศที่ความหนา 3 และ 4 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที มีอุณหภูมิต่างกันเพียง 1.19 องศาเซลเซียส จึงทำให้สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนของหม้อก๋วยเตี๋ยวได้ว่า ฉนวนความร้อนด้วยอากาศหนา 3 เซนติเมตรจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานีและมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อิศเรศ ธุชกัลยา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและเสนอแนะ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] วศิษฐ ธีระเจตกูล และวันชัย แสนคำวงษ์ (2550). การประหยัดพลังงานของหม้อต้มก๋วยเตี๋ยวฉนวนสุญญากาศ วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 10 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-สิงหาคม 2550

[2] นายอนุชา พุฒพิมพ์ และคณะ (2558). หม้อก๋วยเตี๋ยวประหยัดพลังงาน วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ 2558

[3] วศิษฐ ธีระเจตกูล และคณะ (2559). การศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของกระทะฉนวนสุญญากาศใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้า การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7 วันที่ 25-26 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมดุสิตปริ้นเซส จ.นครราชสีมา

[4] บุญเตือน ทองอยู่ (2546). หม้อก๋วยเตี๋ยวประสิทธิภาพสูง หม้อช่วยชาติประหยัดพลังงาน, ภูมิปัญญาไทย, เทคโนโลยีชาวบ้าน, ฉบับที่ 13

[5] จักรพล บุญศรี, นิคมศิลป์ เวรวรณ์ และวินัส คำลิ้ม (2547). หม้อก๋วยเตี๋ยวประหยัดพลังงาน, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

[6] ยงยุทธ์ อุตรา, สุชาติ ชุมพร และอัคลา วรรณทิตย์ชัย (2548). ชุดประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับหม้อต้มก๋วยเตี๋ยว, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[7] Jae-Sung Kwon, Choong Hyo Jang, Haeyong Jung, Tae-HoSong (2009). Effective thermal conductivity of various filling materials for vacuum insulation panels, International Journal of Heat and Mass Transfer. Vol. 52 pp.5525-5532

[8] Lei Nia, Zhaofeng Chen, Phalguni Mukhopadhyaya, Xinyang Zhang, Qiong Wu, Qianhua Yu, Ganhua Miu (2022). Numerical simulation on thermal performance of vacuum insulation panels with fiber /powder porous media based on CFD method, International Journal of Thermal Sciences. Vol.172, Part B

[9] KingStar Industries. How Do Insulated Cups Work? Overview Of Vacuum Insulating Cups. (2021).Available from : https://www.waterbottle.tech/how-do-insulated-cups-work/ [2021,February 21]

การออกแบบและทดสอบกังหันลมอัดอากาศขนาด 5 kw

Design and test of a 5 kw air compressor wind turbine

วรเชษฐ์ แสงสีดา[1], วิรชัย โรยนรินทร์[2*] , ไววิทย์ อุทัยเฉลิม[1], สิริศักดิ์ ปางวุฒิวณิชย์[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email : wirachairoynarin@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและการทดสอบกังหันลมอัดอากาศขนาด 5 kw เพื่อเป็นต้นแบบในการจัดการระบบอัดอากาศโดยใช้พลังงานลมเป็นแหล่งต้นกำลัง เพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบอัดอากาศ ผลการออกแบบพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 6.5 เมตร จำนวนใบพัด 4 ใบ ความสูงจากพื้นถึงจุดศูนย์กลางใบพัด 18เมตร

โดยจากการทดลองติดตั้งกังหันลมอัดอากาศ ทำให้ทราบว่ากังหันลมสามรถมารถสร้างแรงดันเฉลี่ยที่ 5.80 บาร์ สามารถผลิตอากาศอัดเฉลี่ยได้ประมาณ อัตราการไหล 696.10 ลิตร/นาทีคิดเป็นการประหยัดไฟฟ้าได้ ประมาณ 350,000 บาท/ปี การนำจากพลังงานลมที่ได้จากกังหันอัดอากาศซึ่งออกแบบมาเป็นพิเศษให้สามารถสร้างแรงบิดได้อย่างเหมาะสมกับความเร็วลมต่ำในประเทศมาใช้เป็นต้นกำลังในระบบอัดอากาศแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ปั๊ม

คำสำคัญ: กังหันอัดอากาศ กังหันความเร็วต่ำ การออกแบบกังหันอัดอากาศ การทดสอบกังหันอัดอากาศ

การศึกษาการผลิตถ่านไบโอชาร์แบบถังแนวตั้งขนาด 200 ลิตร

A study of biochar production by a vertical tank of 200 liters

วรเชษฐ์ แสงสีดา[1*] ณัฐวุฒิ ทองหล่อ[1] พงษ์ภูไท อุดมอริยทรัพย์[1] ภานุวัฒน์ ขันอาษา[1] และธนกฤต ขันชัย[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล โครงการจัดตั้งวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

E-mail : w.sangsida@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตถ่านไบโอชาร์แบบถังแนวตั้งขนาด 200 ลิตร มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านไบโอชาร์ และเพื่อศึกษากระบวนการผลิตถ่านไบโอชาร์ โดยทำการทดสอบเครื่องผลิตถ่านไบโอชาร์แบบแนวตั้ง ทดสอบค่าความร้อน ทดสอบค่าความเสถียรของวัสดุ เพื่อหาคุณสมบัติของถ่านไบโอชาร์ ทดสอบการวัดอุณหภูมิในห้องอบถ่านไบโอชาร์ และหาปริมาตรของน้ำส้มควันไม้ เครื่องผลิตถ่านไบโอชาร์ มีโครงสร้างเป็น ถังเหล็กขนาด 200 ลิตร และห้องเผาไหม้ใช้ถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ตัดส่วนก้นถังสูง 30 เซ็นติเมตร ใช้เหล็กกล่องเพื่อทำเป็นปล่องไฟขนาด 4 นิ้ว โดยเจาะและเชื่อมให้อยู่ตรงกลางถังสูง 97 เซนติเมตร ฝาถังเจาะต่อกับตัวที่อยู่ในถังสูง 20 เซนติเมตร

ผลการทดลองผลิตถ่านไบโอชาร์ ใช้ไม้กระถินในการผลิตถ่าน ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร น้ำหนักไม้เฉลี่ย 50 กิโลกรัม ใส่ลงไปในเครื่องผลิตถ่านใช้เวลาในการเผา 4 ชั่วโมงต่อครั้ง ในการทดลอง ใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืน จำนวน 30 กิโลกรัม ต่อครั้ง พบว่า ได้ปริมาณถ่าน 13 กิโลกรัม และได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ 15 ลิตร ค่าHeating Value เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.00 MJ/kg ค่าความเสถียรของวัสดุด้วย Thermogravimetric Analysis (TGA) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.07 mg ทดสอบการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล Type K บันทึกค่าด้วยเครื่อง Graphtec midi logger GL820 เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 560 ˚Cจะได้ถ่านที่มีคุณภาพอุดมไปด้วยคาร์บอนมีรูพรุนตามธรรมชาติ ช่วยในการปรับปรุงดิน ดัดซับกลิ่นได้ดี ถ้าใช้เป็นเชื้อเพลิงจะให้ความร้อนสูง ติดไฟง่าย มีน้ำหนักเบา

คำสำคัญ : ถ่านไบโอชาร์, น้ำส้มควันไม้



สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

หมายเหตุ : บทความที่มีเฉพาะบทคัดย่อเป็นบทความที่ได้รับการพิจารณาเพื่อดำเนินการต่อไปในส่วนของวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

การวิเคราะห์ช่องว่างเพื่อพัฒนากรอบการวิจัยห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

Gap analysis for developing the research framework of palm oil supply chain in Thailand

ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร[1] ปราการ วีรกุล[2] ชัยพร สีขาว[3] ณัฐพงศ์ ตันติวิวัฒนพันธ์[4] และพิรพรรณ พลบุรี[5]

[1]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170

[2] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กรุงเทพฯ 10900

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[4] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[5]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110

Email: Parnuwat.usa@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญระดับโลก หากพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นของทั้งปริมาณการผลิตและอัตราการบริโภค ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนาปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับน้ำมันปาล์มอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การศึกษารวมถึงการประเมินและวิเคราะห์ช่องว่างต่อกรอบงานวิจัยที่ส่งเสริมอุตสาหกรรมในแต่ละห่วงโซ่อุปทานตลอดสายการผลิตปาล์มน้ำมันตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อยจนถึงอุตสาหกรรมโอลิโอเคมียังไม่ได้รับการศึกษาในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างกรอบงานวิจัยจากการสนับสนุนงานวิจัยของ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. ในปี 2556-2560 เพื่อนำไปสู่การพัฒนายุทธศาสตร์การสนับสนุนงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการทบทวนผลงานวิจัยในโครงการต่าง ๆ ทั้ง 141 โครงการที่ทาง สวก. ได้ให้การสนับสนุนภายใต้กรอบการวิจัยปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2560 และนำมาจัดทำเป็นเมทริกซ์ โดยแบ่งตามกรอบงานวิจัยทั้งสิ้น 5 กรอบงานวิจัย รวมไปถึงแบ่งตามลักษณะของห่วงโซ่อุปทานในการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มตลอดสายการผลิต เช่น เกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม โรงผลิตไบโอดีเซล โรงกลั่นน้ำมันปาล์ม และอุตสาหกรรมโอเลโอเคมี ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างฐานข้อมูลนำไปสู่การวิเคราะห์ความแตกต่างรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากโครงการต่าง ๆ ต่อความต้องการของอุตสาหกรรม

ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มสวนปาล์ม เป็นกลุ่มที่ได้รับประโยชน์จากการสนับสนุนงานวิจัยของ สวก. ปี 2556-2560 รองลงมา ได้แก่ กลุ่มโรงสกัดน้ำมันปาล์ม กลุ่มโรงงานไบโอดีเซล และกลุ่มโรงกลั่นน้ำมันปาล์ม การบ่งชี้ช่องว่างกรอบงานวิจัย พบว่า ประเด็นที่ยังขาดการสนับสนุนได้แก่ งานวิจัยด้าน (1) การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์เพื่อสนับสนุนการใช้ชีวมวลจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน (2) การวิเคราะห์ การควบคุม และเทคโนโลยีการให้น้ำของดิน (3) การพัฒนาสวนปาล์มที่สามารถชดเชยการทำงานของระบบนิเวศ (4) ขาดการวิจัยที่เพิ่มมูลค่าน้ำมันปาล์มดิบให้กับผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่น้ำมันพืชและไบโอดีเซล และ (5) ขาดการวิจัยการพัฒนาน้ำมันปาล์มดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้น ขั้นกลาง และปลายน้ำของอุตสาหกรรมโอลิโอเคมี

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์ม กรอบงานวิจัย ห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์ม การวิเคราะห์ช่องว่าง

รหัสบทความ E01-202206120001

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากเป็นอันดับสามของโลก โดยมีการปลูกปาล์มน้ำมันในทุกภาคของประเทศ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่มีปริมาณพื้นที่ปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุด คือ ภาคใต้ รองลงมา ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ [1] ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีตลาดอุตสาหกรรมรองรับ ทำให้เกิดการขยายพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันอย่างต่อเนื่อง ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศทั้งในด้านการเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมพลังงาน [2] นอกจากนั้นแนวโน้มความต้องการน้ำมันปาล์มดิบของโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 5.65 ต่อปี จากสภาวะสงครามและความต้องการพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล [3]

แม้ว่าประเทศไทยจะมีการจัดทำยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ปี พ.ศ. 2559 – 2569 แต่ยังไม่สามารถผลักดันให้เกิดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม การปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรไทยยังคงมีต้นทุนสูง ผลผลิตต่ำและมีประสิทธิภาพต่ำ รวมถึงพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีที่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศมากเกินไป [4] เกษตรกรปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่ในประเทศไทย ร้อยละ 80 เป็นเกษตรกรรายย่อย ซึ่งขาดความรู้การทำเกษตรแบบยั่งยืน เช่น การปรับปรุงแนวทางการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสม การใช้วัสดุอินทรีย์ การขาดเงินทุนในการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของตนเอง สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อเนื่องไปยังการสกัดน้ำมันปาล์มที่ได้ผลผลิตต่ำในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม [5]

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. เป็นหน่วยงาน ส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนางานวิจัยการเกษตร [6] จึงได้ดำเนินการส่งเสริมกิจกรรมให้การส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างต่อเนื่องในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2560 ภายใต้กรอบยุทธศาสตร์ของการวิจัย 5 ด้าน ดังนี้

กรอบการวิจัยที่ 1 การวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการปาล์มน้ำมันอย่างเป็นระบบ

กรอบการวิจัยที่ 2 การวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน

กรอบการวิจัยที่ 3 การวิจัยเพื่อประเมินและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

กรอบการวิจัยที่ 4 งานวิจัยการกำหนดมาตรฐานของคุณภาพและการจัดการแต่ละขั้นตอน

กรอบการวิจัยที่ 5 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจากวัสดุเหลือใช้ในสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัด และการแปรรูปน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

สำหรับแนวทางและขอบเขตการสนับสนุนการวิจัยของ สวก. ต่อกรอบการวิจัยทั้ง 5 ด้านดังกล่าว มุ่งเน้นการสนับสนุนหัวข้อการวิจัยที่อยู่ภายใต้กรอบการวิจัย ซึ่งจากปี พ.ศ. 2556 จนถึง พ.ศ. 2560 มีโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจาก สวก. รวมทั้งหมด 141 โครงการ แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษารวมถึงการประเมินและวิเคราะห์ Gap Analysis ต่อความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมในแต่ละห่วงโซ่อุปทานตลอดสายการผลิตปาล์มน้ำมันตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อยจนถึงอุตสาหกรรมโอลิโอเคมี โดยการนำผลกระทบจากงานวิจัยทั้งหมดต่อภาพรวมของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ตั้งแต่สวนปาล์มน้ำมันจนถึงอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องโดยเฉพาะอุตสาหกรรมโอลิโอเคมี (Oleochemical) ในภาพรวม การส่งเสริมและสนับสนุนภายใต้กรอบการวิจัยปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2560 นั้น ยังไม่ได้รับการศึกษาในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อประเมินผลกระทบและวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) งานวิจัย จากการสนับสนุนงานวิจัยของ สวก. ในปี 2556-2560 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนากรอบการวิจัยห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

วิธีการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมประกอบด้วย ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลจากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการ และเอกสารงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเข้าใจถึงสถานะกรอบงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ช่วงปี พ.ศ. 2556-2560 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจงานวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 140 โครงการ จากนั้นสร้างเมตริกซ์ ผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มเกษตรกร (2) กลุ่มผู้ประกอบการโรงสกัดน้ำมันปาล์ม (3) กลุ่มผู้ประกอบการโรงกลั่นน้ำมันปาล์มและไบโอดีเซล และ (4) กลุ่มผู้ประกอบการโอเลโอเคมิคอล เพื่อบ่งชี้ทิศทางการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนว่ามีแนวโน้มไปยังกลุ่มใด จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลงานวิจัยในต่างประเทศ ในแต่ละกรอบการวิจัยทั้ง 5 กรอบ

ข้อมูลปฐมภูมิ ประกอบด้วยข้อมูลจากการจัดทำแบบสอบถามหัวหน้าโครงการหรือนักวิจัย เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ปัญหาและอุปสรรคของการพัฒนาผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ นอกจากนั้น ลงพื้นที่สัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร กลุ่มผู้ประกอบการโรงสกัดน้ำมันปาล์ม กลุ่มผู้ประกอบการโรงกลั่นน้ำมันปาล์มและไบโอดีเซล และกลุ่มผู้ประกอบการโอเลโอเคมิคอล เพื่อสอบถามถึงการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยในห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์ม จากนั้นในแต่ละกรอบงานวิจัย ดำเนินการวิเคราะห์ช่องว่างการวิจัยเพื่อเสนอข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกรอบการวิจัยในอนาคต

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง เลือกใช้วิธีการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (Snowball Sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยการแนะนำของหน่วยตัวอย่างที่ได้เก็บข้อมูลไปแล้ว ซึ่งการเก็บข้อมูลจะหยุดลงเมื่อข้อมูลที่รวบรวมได้เพียงพอที่จะสรุปผล [7] กลุ่มตัวอย่างที่ได้ดำเนินการลงพื้นที่สัมภาษณ์ประกอบด้วย 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) กลุ่มเกษตรกรปาล์มน้ำมัน (2) กลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม และ (3) กลุ่มหัวหน้าโครงการวิจัย จำนวนกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างสัมภาษณ์ในงานวิจัยนี้

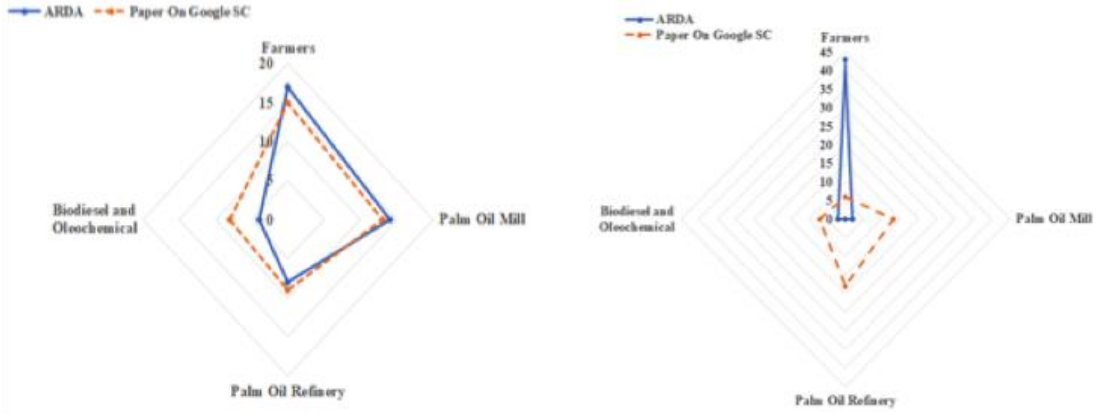
กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)
เกษตรกรปาล์มน้ำมัน	15
ผู้ประกอบการ	19
หัวหน้าโครงการ	13
รวมทั้งสิ้น	47

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจำนวน 140 โครงการ ถูกนำมาวิเคราะห์และบ่งชี้ช่องว่างกรอบงานวิจัย เพื่อพัฒนากรอบการวิจัยห่วงโซ่อุปทานน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

กรอบที่ 1 การวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการปาล์มน้ำมันอย่างเป็นระบบ

จากการสำรวจงานวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการปาล์มน้ำมันอย่างเป็นระบบ พบว่า งานวิจัยในกรอบนี้ที่สนับสนุนโดย สวก. ส่วนใหญ่ จะเน้นไปที่ผู้ใช้ที่เป็นต้นน้ำและกลางน้ำของอุตสาหกรรม ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มและโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ดังแสดงในภาพที่ 1



กรอบงานวิจัยที่ 1 กรอบงานวิจัยที่ 2

ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบงานวิจัยกรอบที่ 1 และ 2 เทียบกับ Google Scholar

ขณะที่งานวิจัยที่ปรากฏบนฐานข้อมูล Google Scholar สำหรับงานวิจัยในกรอบที่ 1 นี้ ผู้ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเดียวกับ สวก. อย่างไรก็ตาม งานวิจัยบน ฐานข้อมูล Google Scholar จะมีผู้ใช้ประโยชน์จากอุตสาหกรรมปลายน้ำ (โรงงานไบโอดีเซลและโอเลโอเคมิคอล) มากกว่า อย่างเห็นได้ชัด งานวิจัยในกรอบนี้ที่ได้รับการสนับสนุนจาก สวก. ส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การศึกษาโครงสร้างของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันทั้งระบบ การบริหารจัดการสต๊อกน้ำมัน และระบบห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งในขณะนั้นขาดความชัดเจนในประเด็นดังกล่าว นอกจากนั้นจะมีโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความเหมาะสมของตั้งโรงสกัดน้ำมันปาล์ม และการสร้างความสมดุลระหว่างพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันกับการจัดตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ทั้งนี้ เนื่องจากในขณะนั้นรัฐบาลของประเทศมีนโยบายส่งเสริมให้มีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มนอกเหนือจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ ในขณะที่งานวิจัยจากต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นไปทางด้านนโยบายการส่งเสริมใช้ชีวมวลจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และแนวนโยบายการเพิ่มสัดส่วนการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต ทั้งนี้ เนื่องจากหากพิจารณาอุปสงค์ของการอุปโภคและบริโภคน้ำมันปาล์มแล้ว จะพบว่าประเทศไทยไม่สามารถพึ่งพาอุปสงค์จากการบริโภคน้ำมันปาล์มได้อย่างเดียว เนื่องจากจากสถิติที่ผ่านมาตลาดของการบริโภคน้ำมันปาล์มนั้นมีการขยายตัวน้อยมาก ทำให้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพึ่งพาอุปสงค์จากการใช้น้ำมันปาล์มเพื่อผลิตไบโอดีเซล แม้ว่าปัจจุบันรัฐบาล ได้ประกาศเพิ่มสัดส่วนไบโอดีเซล จากน้ำมันดีเซล B7 เป็น B10 สำหรับทุกปั๊มน้ำมันในประเทศแล้ว (เริ่มมีบังคับใช้ 1 มกราคม 2563) สิ่งที่น่าจับตามอง คือ ผลกระทบจากการดำเนินนโยบายดังกล่าว รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี และข้อเสีย ของแนวนโยบายดังกล่าว เพื่อเป็นบทเรียนกับสิ่งที่จะทำในอนาคต ในขณะที่ B20 กำลังเริ่มมีการกล่าวถึงมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งปัจจุบัน B20 สามารถใช้ได้กับเฉพาะรถขนาดใหญ่เท่านั้น ในอนาคตการส่งเสริมงานวิจัยด้านการศึกษาผลกระทบเชิงนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปาล์มจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และจะสามารถใช้เป็นแผนที่นำทางให้กับการออกนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มได้ในอนาคต

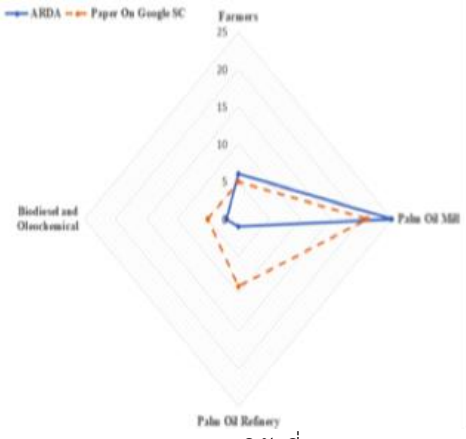
กรอบที่ 2 งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ และเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่างานวิจัยของ สวก. เทียบกับงานวิจัยในฐานข้อมูลของต่างประเทศ พบว่า ผลงานวิจัยที่สนับสนุนโดย สวก. จะเน้นไปที่กลุ่มเกษตรกรเป็นหลัก ในขณะที่งานวิจัยในต่างประเทศจะเน้นไปที่กลุ่มผู้ใช้งานในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันขั้นปลาย จากการเปรียบเทียบฐานข้อมูลการวิจัย อาจกล่าวได้ว่า การศึกษาเทคโนโลยีการปลูกและการเพาะพันธุ์ปาล์ม เป็นสิ่งที่นักวิจัยในระดับนานาชาติให้ความสนใจ ในอีกแง่หนึ่ง การพัฒนาเทคโนโลยีในด้านดังกล่าวอาจยังมีช่องว่าง และเป็นความท้าทายที่ส่งเสริมให้มีการผลิตนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาในปัจจุบัน ในขณะที่การศึกษาข้อมูลด้านปาล์มน้ำมันของประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีการส่งเสริมการผลิตปาล์มน้ำมันในระดับต้นๆ ของโลก และมีการพัฒนางานวิจัยด้านปาล์มน้ำมันมาอย่างยาวนาน เป็นผลให้เกิดความอิ่มตัวด้านการ

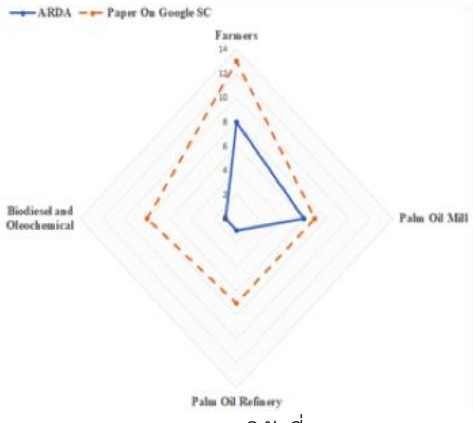
ปรับปรุงพันธุ์ งานวิจัยในช่วง 5 ปีย้อนหลังจึงมุ่งเน้นการส่งเสริมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวและตรวจสอบคุณภาพมากกว่าการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านการเพาะปลูก สำหรับประเทศไทย ซึ่งอยู่ในช่วงของการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน ลักษณะของการมุ่งส่งเสริมงานวิจัยจึงมีการกระจายในระดับที่สม่ำเสมอกัน กล่าวคือ มีการส่งเสริมงานวิจัยในหลากหลายด้าน ทั้งทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการส่งเสริมการเพาะปลูกในสวนปาล์ม ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปาล์มน้ำมัน ตลอดจนการปรับปรุงสายพันธุ์ที่เพื่อส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อไร่

กรอบที่ 3 การวิจัยเพื่อประเมินและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับงานวิจัยในกรอบที่ 3 ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า งานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจาก สวก. และงานวิจัยของต่างประเทศ มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เน้นไปในทางการประยุกต์ใช้กับโรงสกัดน้ำมันปาล์ม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของต่างประเทศ จะมีงานที่ประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมขั้นปลายมากกว่า ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมันปาล์ม ดังแสดงในภาพที่ 2



กรอบงานวิจัยที่ 3



กรอบงานวิจัยที่ 4

ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบงานวิจัยกรอบที่ 3 และ 4 เทียบกับ Google Scholar

งานวิจัยด้านการประเมินและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่เน้นไปที่โรงสกัดน้ำมันปาล์ม เนื่องจากโรงสกัดเป็นส่วนเชื่อมตรงกลางระหว่างการแปรรูปวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์ปลายน้ำ ซึ่งขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานและเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตมาก ดังนั้นงานวิจัยเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นของเป็นของประเทศไทยหรือต่างประเทศจึงมีทิศทางเดียวกัน ถึงแม้ว่าแนวโน้มงานวิจัยในกรอบนี้จะมีทิศทางเดียวกัน

กรอบที่ 4 งานวิจัยการกำหนดมาตรฐานของคุณภาพและการจัดการแต่ละขั้นตอน

งานวิจัยกรอบที่ 4 เรื่องการกำหนดมาตรฐานของคุณภาพและการจัดการแต่ละขั้นตอน ที่สนับสนุนโดย สวก. จะมีแนวโน้มประยุกต์ใช้กับเกษตรกรสวนปาล์มและโรงสกัดน้ำมันปาล์ม เช่นเดียวกับงานวิจัยใน Google Scholar (แสดงดังภาพที่ 4) งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นไปที่การกรอบการดำเนินงานของ RSPO ผลกระทบของการดำเนินงาน RSPO ต่อกลุ่มเกษตรกร ในประเทศไทย สวก. ได้ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของ RSPO และ GAP ประมาณ 5 โครงการ ขณะที่งานวิจัยต่างประเทศ นอกจากเรื่องของ RSPO แล้ว จะมีการศึกษาเรื่องของความยั่งยืนในการผลิตน้ำมันปาล์มเป็นหลัก โดยเฉพาะในประเทศมาเลเซียจะเน้นการศึกษากรอบการดำเนินงานดัชนีชี้วัดความยั่งยืนของการผลิตผลิตภัณฑ์ปาล์ม ในส่วนของอุตสาหกรรมขั้นปลาย การวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่ความท้าทายในอนาคตของการผลิตไบโอดีเซล และการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากปาล์มน้ำมัน งานวิจัยในต่างประเทศ จะมีความโดดเด่นในการวิจัยกับ

อุตสาหกรรมขั้นปลาย ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมันปาล์ม โรงงานไบโอดีเซล และโรงงานโอเลโอเคมิคอล มากกว่า โครงการวิจัยที่สนับสนุนโดย สวก.

ในอนาคต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการกระตุ้นให้นักวิจัยภายในประเทศร่วมกันคิดค้น หัวข้อโครงงานวิจัยในเชิงเพิ่มมูลค่าน้ำมันปาล์มดิบ มากกว่าที่จะใช้ประโยชน์จากการบริโภคเพียงอย่างเดียว โดยพื้นที่วิจัยที่น่าสนใจ เช่น การประยุกต์ใช้ปาล์มน้ำมันในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมการเกษตร เป็นต้น นอกจากนั้นมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ควรมีการวิจัยเพิ่มเติม เช่น มาตรฐานของไบโอดีเซล มาตรฐานทางวิชาชีพของผู้รับจ้างตัดปาล์มน้ำมัน การศึกษาระบบขนส่งปาล์มน้ำมัน (Logistic) ต่อการรับจ้างตัดผลปาล์ม การบริหารจัดการคนเพื่อดูแลสวนปาล์ม การคิดค้นเทคโนโลยีขั้นสูงในการตรวจสอบคุณภาพของผลปาล์มน้ำมัน การคิดค้นแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อนำไปสู่การเป็น Smart Farmer ประเทศไทย เป็นต้น

กรอบที่ 5 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจากวัสดุเหลือใช้ในสวนปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดและการแปรรูปน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

กรอบวิจัยที่ 5 ผลการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 3 พบว่า งานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจาก สวก. มีแนวโน้มไปในทางประยุกต์ใช้กับโรงสกัดน้ำมันปาล์ม และเกษตรกรสวนปาล์ม ในขณะที่งานวิจัยในกรอบนี้ที่ประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมขั้นปลาย ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมันปาล์ม โรงงานไบโอดีเซลและโรงงานโอเลโอเคมิคอล มีน้อยมาก ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของต่างประเทศ งานวิจัยในกรอบนี้จะเน้นหนักไปที่อุตสาหกรรมขั้นปลายมากกว่าอุตสาหกรรมขั้นต้น ผลดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า งานวิจัยของต่างประเทศ มีการนำเศษวัสดุเหลือใช้ไปต่อยอดในระดับงานวิจัยที่สูงกว่า (Advanced Research) มากกว่าของประเทศไทย



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบงานวิจัยกรอบที่ 5 เทียบกับ Google Scholar

ปัจจุบันงานวิจัยที่แปรรูปผลิตภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของต่างประเทศ เน้นไปทาง functional food/feed ผลิตจาก CPO ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตและมูลค่าสูง และงานวิจัยสามารถนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรม สำหรับประเทศไทย งานวิจัยของ สวก. จะเน้นไปทางแปรรูปชีวมวลไปใช้เป็นพลังงาน และวัสดุทดแทนไม้ มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวกับการแปรรูปชีวมวลให้เป็นสารที่มีมูลค่าสูงขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการทบทวนโครงการวิจัย และลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย สามารถสรุปผลการบ่งชี้ช่องว่างงานวิจัย และข้อเสนอแนะในแต่ละกรอบงานวิจัย ซึ่งสรุปได้ว่าแต่ละกรอบงานวิจัยจำเป็นต้องมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงให้มีความครอบคลุม และทันสมัยมากยิ่งขึ้น ประเด็นที่พบ ได้แก่ งานวิจัยด้าน (1) การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์เพื่อสนับสนุนการใช้ชีวมวลจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน (2) การวิเคราะห์ การควบคุม และเทคโนโลยีการให้

น้ำของดิน (3) การพัฒนาสวนปาล์มที่สามารถชดเชยการทำงานของระบบนิเวศ (4) ขาดการวิจัยที่เพิ่มมูลค่าน้ำมันปาล์มดิบให้กับผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่น้ำมันพืชและไบโอดีเซล และ (5) ขาดการวิจัยการพัฒนาน้ำมันปาล์มดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้น ขั้นกลาง และปลายน้ำของอุตสาหกรรมโอลีโอเคมี เพื่อลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ และประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนวัตถุดิบจากเชื้อเพลิงฟอสซิล รวมถึงการจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การบ่งชี้ช่องว่างการวิจัยในการศึกษานี้ สามารถเป็นแนวทางในการวางกรอบงานวิจัยในอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม เพื่อพัฒนาให้อุตสาหกรรมนี้ได้พัฒนาบนพื้นฐานของโมเดลเศรษฐกิจใหม่ (BCG economy model) ทำให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาอุตสาหกรรมได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัย และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] อุทิศ ฉัตรสิรภพ. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย ปี 2560. **วารสารการวิจัยการบริหารการพัฒนา.** ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2562. 79-85.

[2] สุวรรณา ประณีตวตกุล และกัมปนาท วิจิตรศรีกมล (2562). ผลลัพธ์และผลกระทบของงานวิจัยด้านปาล์มน้ำมันในประเทศไทย และกรณีศึกษา. **วารสารสมาคมนักวิจัย**. ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2562. 172-184.

[3] สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558**. กรุงเทพมหานคร

[4] ณภัคธร ชัยสงคราม (2562). การพัฒนายุทธศาสตร์การบริหารนโยบายปาล์มน้ำมันของภาครัฐ**. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์.** ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม 2562). 1249-1266.

[5] Saswattecha, K. (2018). Sustainable and Climate-Friendly Palm Oil Production and Procurement (SCPOPP) in Thailand. GIZ Office Bangkok. Available at: https://www.thai-german-cooperation.info/en_US/sustainable-and-climate-friendly-palm-oil-production-and-procurement-scpopp-in-thailand/

[6] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). (2561). เกี่ยวกับ สวก.สืบค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2565, จาก https://www.arda.or.th/about.php

[7] Etikan, I., Alkassim, R., & Abubakar, S. (2016). Comparison of snowball sampling and sequential sampling technique. Biometrics and Biostatistics International Journal, 3(1), 55.

ศักยภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการวิจัยพลังงานชุมชนในตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

Carbon Dioxide mitigation potential of community energy research-based initiatives in Thamanao Sub-district, Chaibadan District, Lopburi Province

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[1] วสันต์ ดรชัย[2] พิสิษฎ์ มณีโชติ[3] บงกช ประสิทธิ์[3] ประพิธาร์ ธนารักษ์[3*] พัชรินทร์ เยาวรัตน์[3] วิกานต์ วันสูงเนิน[3] สาธิต บรรทึก[3] ศรัณย์ อ่อนสมบูรณ์[3] อันธิกา เพชรี[3] สุรนาท แซ่ย่าง[3] ธีระพล ปานโพธิ์[3] และ ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ[4]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2] องค์การบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว จ.ลพบุรี 15130

[3] วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

[4] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก 65000

[*]Corresponding Author Email: prapitat@nu.ac.th

บทคัดย่อ

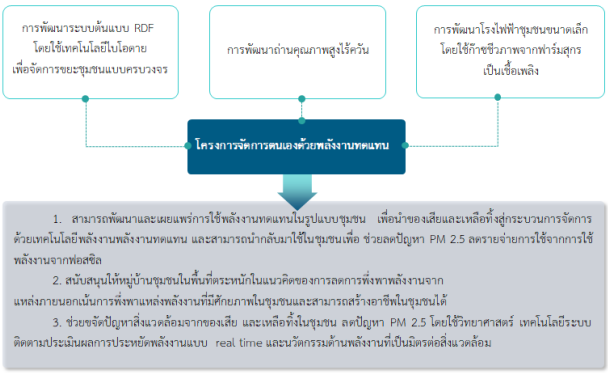
ปัญหาด้านพลังงานส่งผลกระทบโดยตรงต่อชุมชน สังคมอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนบริบท และการจัดการเพื่อให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน จากการสำรวจตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี พบว่ามีทรัพยากรและวัตถุดิบหลากหลายที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆได้ เช่น การผลิตถ่านเพื่อเป็นเชื้อเพลิง ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงด้านพลังงาน เป็นการสร้างความมั่นคงและยั่งยืนด้านพลังงานให้กับชุมชนได้ ดังนั้น โครงการวิจัยพลังงานชุมชนจึงเน้นการบริหารจัดการเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับชุมชนเป้าหมาย และสร้างความยั่งยืนให้กับชุมชนให้สามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานในครัวเรือน และสร้างภูมิคุ้มกันด้านพลังงานได้อย่างยั่งยืนด้วยการนำทรัพยากรเหลือทิ้งและของเสียสู่กระบวนการจัดการด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทน โดยนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปแก้ปัญหา พัฒนาและเผยแพร่สู่การใช้งานจริงระดับชุมชน ผ่านโครงการวิจัยการนำชีวมวลและของเสียเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับชุมชนเขียว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ โดยโครงการพลังงานชุมชนนี้ดำเนินการวิจัย 3 ประเด็น คือ การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร และการพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง ระยะเวลาในการวิจัย 3 ปี ผลประโยชน์ของงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ทางอ้อมด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณ 17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ดังนั้นหากมีการสนับสนุนให้มีการผลิตและใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนภายใต้มาตรการสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสม ตลอดจนส่งเสริมและวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทนทุกรูปแบบอย่างจริงจังและต่อเนื่องจะสามารถมีผลประโยชน์ส่วนเพิ่มให้กับชุมชนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างแน่นอน

คำสำคัญ: การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พลังงานชุมชน การพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน

รหัสบทความ E02-202207150007

บทนำ

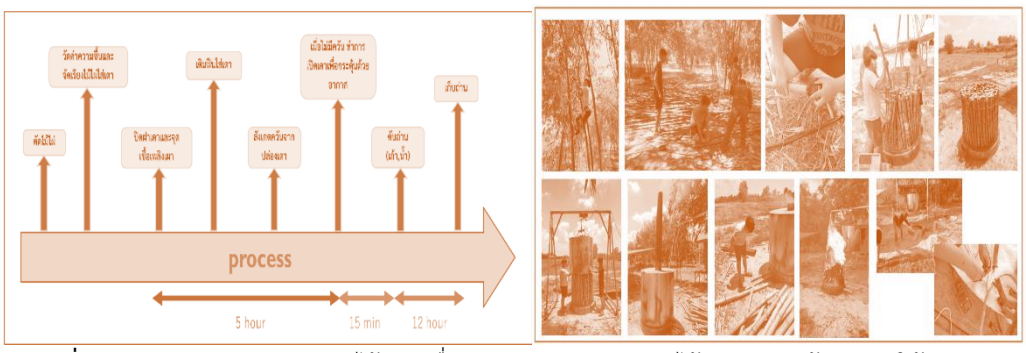
การปรับเปลี่ยนบริบท และการจัดการตนเองของชุมชนด้วยพลังงานทดแทนเพื่อให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน ผ่านการวิจัยภายใต้โครงการจัดการตนเองด้วยพลังงานทดแทน “โครงการวิจัยการนำชีวมวลและของเสียเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับชุมชนเขียว” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการดำเนินงานปีที่ 1 และปีที่ 2 ทางโครงการได้พัฒนาเทคนิคในการนำชีวมวล ขยะและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาเป็นแหล่งพลังงาน เพื่อผลิตแก๊สเพื่อใช้ในการหุงต้มและผลิตไฟฟ้า และการผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย (Refuse Derived Fuel: RDF) ที่ชุมชนตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี และในปีที่ 3 เป็นการขยายผล เพื่อลดปัญหาของเสียเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งเดิมจะมีการเผาทิ้ง ทำให้ลดปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ อีกทั้งเป็นการเสริมสร้างรายได้ ที่ได้จากการขายถ่านชีวภาพ การผลิตถ่านเพื่อเป็นเชื้อเพลิง และสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงด้านพลังงาน ซึ่งโครงการในภาพรวมจะลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ลดของเสียเหลือทิ้ง ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน และสนับสนุนให้เกิดการตระหนักในแนวคิดของการลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งภายนอกเน้นการพึ่งพาแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพในชุมชน ก่อให้เกิดการสร้างชุมชนเขียวอย่างยั่งยืน ซึ่งจะเป็นตัวอย่างให้กับชุมชนอื่นต่อไป โดยกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน

ถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปชีวมวลด้วยความร้อนในสภาพที่ไร้ออกซิเจน หรือกระบวนการไพโรไลซีส องค์ประกอบหลักของถ่านชีวภาพเต็มไปด้วยคาร์บอนจึงให้ความร้อนได้สูง ถ่านคุณภาพสูงที่ได้จะมีประจุไฟฟ้า และความพรุนสูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควันของตำบลท่ามะนาว ใช้เทคโนโลยีเตาเผาถ่าน 1.2 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในกระบวนการเผาถ่านประมาณ 5 - 6 ชั่วโมง สามารถผลิตถ่านคุณภาพสูง 9,000 กิโลกรัมปี ชุมชนผลิตขึ้นเพื่อส่งขาย

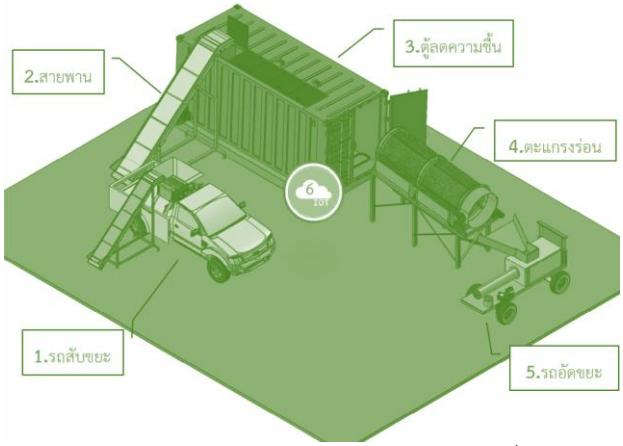


ภาพที่ 2 การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควันเพื่อพัฒนาถ่านคุณภาพสูง ไร้ควัน และสร้างอาชีพให้เกษตรกร

การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควันมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนและสามารถนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอื่นๆ ที่สามารถดูดซับสารเคมีทางการเกษตร เป็นตัวดูดซับและกรองน้ำ เป็นต้น สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้ชุมชนลดค่าพลังงานเชื้อเพลิงจากการหุงต้มและสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้สู่กลุ่มเกษตรกรกลุ่มอื่นๆที่สนใจและขยายผลต่อไป

การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิต RDF โดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร

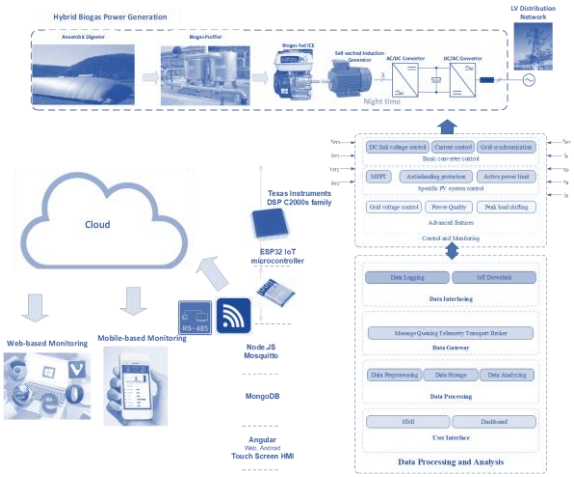
ปัญหาการจัดการขยะในเมืองและเขตเทศบาลต่างๆ ของประเทศไทย เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงและสะสมมานาน [1] โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นต่ออย่างต่อเนื่อง ขยะเหล่านี้มีศักยภาพที่จะผลิต เชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel :RDF) แต่ด้วยลักษณะของขยะในประเทศไทย ไม่มีการคัดแยกและปนเปื้อนส่งผลให้ขยะมีความชื้นเฉลี่ย 55.89% [2] กระบวนการเชิงกลชีวภาพเป็นอีกกระบวนการเชิงกลที่ถูกนำมาใช้ในการย่อยอินทรียวัตถุที่อยู่ในขยะมูลฝอย [3] ส่วนการศึกษาศักยภาพของ Biodry ระบบตู้ Bio-drying ในการปรับสภาพขยะเพื่อเป็น RDF ขยะมูลฝอยชุมชน [4]-[5] พบว่าตำบลท่ามะนาวปริมาณขยะ 7-8 ตัน ต่อ สัปดาห์ ถ้ามีการคัดแยกจะเหลือขยะ 4-5 ตัน ซึ่งสามารถผลิตเป็น:RDF ได้ประมาณ 144 ตันต่อปี โดยใช้ระยะเวลาสั้นและพลังงานต่ำจึงเป็นการแก้ไขปัญหาขยะต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 3 การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิต RDF โดยใช้เทคโนโลยีไบโอดรายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร

การพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง

ต้นแบบโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กจากก๊าซชีวภาพที่ตำบลท่ามะนาวได้รับการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพโดย บมจ. ปตท. โดยที่ต้นแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพอยู่ใกล้กับแนวท่อส่งก๊าซ โดยมีเป้าหมายในการลดภาระค่าไฟฟ้าของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ซึ่งมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน โดยที่โหลดส่วนใหญ่เป็นเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียู จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งกินกำลังไฟฟ้าประมาณ 4.5 kW ใช้พลังงานประมาณ 27 kWh ในช่วงเวลาทำการ



ภาพที่ 4 การพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง

จากการดำเนินกิจกรรมวิจัยในพื้นที่ตำบลท่ามะนาว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นโอกาสของการประเมินศักยภาพของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการวิจัยทั้ง 3 กิจกรรมเพื่อเป็นอีกหนึ่งในผลประโยชน์ส่วนเพิ่มให้กับชุมชนด้วย

วิธีการวิจัย

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) ได้จัดทำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย หรือ Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER) โดยกำหนดระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) การขึ้นทะเบียนและการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับประเทศไทย อีกทั้งยังกำหนดให้มีการประเมินผลประโยชน์ร่วม (Co-benefit) ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินโครงการ T-VER เช่น ช่วยลดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อม ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ลดการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้า สนับสนุนเศรษฐกิจในชุมชน เพิ่มรายได้แก่ชุมชน เพิ่มพื้นที่สีเขียว เพิ่มมูลค่าของเสียหรือของเหลือทิ้งทางการเกษตร และอื่นๆ รวมถึงส่งเสริมการพัฒนาอาชีพใหม่ๆ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผลการวิจัยทางด้านเทคนิค มาใช้ในการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ระเบียบวิธีการดังกล่าว มาคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการวิจัย ตามขั้นตอน ดังนี้

วิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1. การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทีมผู้วิจัย อ้างอิงจาก ค่า Emission Factor (EF) ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม update เดือนมีนาคม 2564 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) [6] พบว่า Charcoal (ถ่านไม้) โดยมีรายละเอียดเป็น Charcoal, at plant / Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a มีค่า EF เท่ากับ 1.0054 $kgCO_{2e}/kg$ ดังนั้นการผลิตถ่านคุณภาพสูง 9,000 กิโลกรัมต่อปี จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 9,048.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

2. การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย โดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทีมผู้วิจัย อ้างอิงตาม T-VER-METH-WM-04 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste) (ฉบับที่ 04) รายสาขา 13: Waste handling and disposal ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) [7] ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 5.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี แสดงรายละเอียด ดังนี้

2.1 ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

โครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิต RDF แทนการฝังกลบ ให้ใช้ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับเป็นข้อมูลกรณีฐาน

2.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ เนื่องจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF อาจมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ อาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน โดยให้ใช้ T-VER-TOOL-WASTE-01 ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission: BE_y) และให้เลือกใช้ค่า MCF ตามวิธีการฝังกลบที่ใช้อยู่เดิมก่อนการดำเนินโครงการ

T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) (ฉบับที่ 07) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนสามารถคำนวณได้จากสมการ First Order Decay (FOD) เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสมในหลุมฝังกลบและปริมาณของปีล่าสุดจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปีเป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาฝังกลบในวันแรกของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก โดยค่า default ที่ใช้ในการคำนวณได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ลักษณะของหลุมฝังกลบ และสภาพภูมิอากาศ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ ประกอบด้วย ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้

การปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y}=\varphi_y x (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times (1-OX) \times 16/12 \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^{y} \cdot \sum_j W_x x p_j x DOC_j \times e^{-kj(y-x)} \times (1-e^{-kj}) \quad (1)$$

$$BE_{CH4,SWDS,y} = 5.83\ tCO_2e/\ year$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)
y	=	ปีที่คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
x	=	ปีที่ทำการคำนวณ นับจากปีแรกที่ทำการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน(x = 1) ถึงปีที่ทำการคำนวณ (x = y)
j	=	ประเภทขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน
φ_y	=	ค่าปรับแก้ความไม่แน่นอนของสมการคำนวณ (Model correction factor)ในปี y (Default 0.85)
f_y	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกบังคับให้รวบรวมจากหลุมฝังกลบและนำไปเผาทิ้ง ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ ในปี y(กรณีที่ไม่มีการรวบรวม ค่าจะเท่ากับ 0)
GWP_{CH4}	=	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ในช่วงระยะเวลา 100 ปี (IPCC Fifth Assessment (AR5) 2014)ก๊าซมีเทน (CH4) เท่ากับ 28
OX	=	ค่า Oxidation Factor (สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ) (Default 0.1)
16/12	=	ปรับค่าคาร์บอนให้เป็นมีเทน
F	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน(สัดส่วนเชิงปริมาณ) (Default 0.5)
$DOC_{f,y}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ ในปี y (Default 0.5)
MCF_y	=	ค่าMethane Correction Factor มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของหลุมฝังกลบ ในปี y (Default 0.4 - 1.0)

ตารางที่ 1 ประเภทของหลุมฝังกลบ

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF
มีระบบจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1.0
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)*	0.5
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	**0.4**

ที่มา: ตารางที่ 3.1 หน้า 3.14 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste

* ลักษณะสำคัญของหลุมฝังกลบแบบกึ่งใช้ออกซิเจน ได้แก่ อากาศสามารถซึมผ่านวัสดุกลบทับได้ มีระบบระบายน้ำชะขยะมูลฝอยชุมชน มีการรักษาความจุของหลุมฝังกลบ มีระบบระบายก๊าซจากหลุมฝังกลบ

W_x = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน ในปีx (t น้ำหนักเปียก) **เท่ากับ 120**

p_j = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j **เท่ากับ 0.5**

DOC_j = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของขยะอินทรีย์ประเภท j (Default 0.15-0.43) **เท่ากับ 0.5**

k_j = อัตราการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ประเภท j (1/ปี) (Default 0.035-0.40)

ตารางที่ 2 ประเภทของขยะมูลฝอยชุมชน

ประเภทของขยะมูลฝอยชุมชน	ค่า DOC*	ค่า k
ไม้	0.43	0.035
กระดาษ	0.40	0.07
อาหาร	0.15	0.40
สิ่งทอ	0.24	0.07
กิ่งไม้/ใบไม้	**0.20**	**0.17**

ที่มา: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste ตารางที่ 2.4 หน้า 2.14 และ ตารางที่ 3.3 หน้า 3.17

* ค่าสัดส่วนในขยะสด (น้ำหนักเปียก)

2.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียจากการผลิต RDF แบบไร้อากาศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{ww,treatment,y} \quad (2)$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{ww,treatment,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{EC,y} \quad (3)$$
$$= 1{,}200 \text{ kWh/year} \times 10^{-3} \times \times 0.4872 \text{ } tCO_2/MWh$$
$$= 0.58 \text{ } tCO_2$$

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่งสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

2.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน เฉพาะกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดมายังโครงการอยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร โดยให้คิดระยะทางรวมทั้งหมดในการขนส่ง

2.5 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (4)$$
$$= 5.83 - 0.58 - 0$$
$$= 5.25 \text{ } tCO_2e/\text{ year}$$

โดยที่

ER_y คือ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

3. การพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทีมผู้วิจัย อ้างอิงตาม T-VER-METH-AE-01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy) ฉบับที่ 06 รายสาขา 01: Energy industries ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) [8] สำหรับกรณีที่เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนระดับชุมชน ต้องมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม ไม่เกิน 100 kW และเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้เองในชุมชน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2.77 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี แสดงรายละเอียด ดังนี้

3.1 ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

กรณีฐานเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่ง และการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อใช้เอง

3.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยคิดเทียบเท่าจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนที่นำไปทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อใช้เอง

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = BE_{EG,y} \qquad (5)$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2/year)

<u>กรณี ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง (ลดการซื้อไฟฟ้าจากระบบสายส่ง)</u>

$$BE_{EG,y} = (EG_{Consumer,PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{EC,y} \qquad (6)$$
$$= 5{,}690.5 \text{ kWh} \times 10^{-3} \times 0.4872 \text{ } tCO_2/MWh$$
$$= 2.77 \text{ } tCO_2/\text{ year}$$

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{Consumer,PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้เอง/ส่งหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการพลังงานหมุนเวียน ในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่งสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/MWh)

3.3 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad \text{.....(7)}$$
$$= 2.77 \text{ } tCO_2/\text{ year} - 0 - 0$$
$$= 2.77 \text{ } tCO_2/\text{ year}$$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตารางที่ 3 ปริมาณการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการวิจัย

กิจกรรมภายใต้โครงการวิจัย	ปริมาณการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO_2eq ต่อปี)
การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน	9.04
การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร	5.25
การพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง	2.77

โครงการวิจัยการนำชีวมวลและของเสียเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับชุมชนเขียว มีการดำเนินกิจกรรมวิจัย 3 ประเด็น ได้แก่ การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควัน การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร และการพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ทางอ้อมด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณ 17.06 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(tCO_2eq)ต่อปี โดยที่การพัฒนาถ่านคุณภาพสูงไร้ควันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด 9.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นการพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีไบโอดายเพื่อจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจรได้ 5.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และการพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อเพลิงได้น้อยที่สุด 2.77 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามระเบียบวิธีการของการพัฒนาและจัดทำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สามารถดำเนินการระยะเวลาของคาร์บอนเครดิตได้ 7 ปี ซึ่งจะทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณประมาณ 119 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาถึงศักยภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการวิจัยพลังงานชุมชนในตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ถือเป็นผลกระทบเชิงบวกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมตามโครงการวิจัยการนำชีวมวลและของเสียเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับชุมชนเขียว เป็นการวิจัยพลังงานชุมชนโดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับชุมชนให้เกิดความยั่งยืนด้านพลังงาน ครัวเรือนสามารถพึ่งพาตนเอง และสร้างภูมิคุ้มกัน ด้วยการนำทรัพยากรเหลือทิ้งและของเสียสู่กระบวนการจัดการด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทน โดยนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปแก้ปัญหา พัฒนาและเผยแพร่สู่การใช้งานจริงระดับชุมชน ผลประโยชน์ของงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ทางอ้อมด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ดังนั้นหากมีการสนับสนุนให้มีการผลิตและใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนภายใต้มาตรการสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสม ตลอดจนส่งเสริมและวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทนทุกรูปแบบอย่างจริงจังและต่อเนื่องจะทำให้เกิดผลกระทบเชิงบวกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมตามโครงการหลายด้านซึ่งจะต้องมีการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อไป ถือว่าการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติที่ผ่านมามีความคุ้มค่าและคุ้มทุน

กิตติกรรมประกาศ

รหัสบทความ E-202207150007

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563 สำหรับโครงการนำชีวมวลและของเสียเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับชุมชนเขียว

เอกสารอ้างอิง

[1] กันยาพร ไชยวงศ์. (2556). “การศึกษาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากส่าหร่ายที่ได้จากการไพโรไลซีสแบบช้า”, ใน **การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 12**. วันที่ 14-15 มีนาคม 2556. จังหวัดเชียงราย.

[2] กองวิจัยทางการแพทย. (2526). **สารเคมีกับคุณภาพชีวิต**. กรุงเทพ : กรมวิทยาศาสตรการแพทย กระทรวงสาธารณสุข.

[3] บุญสิริ ปิดตาแสง อดิศักดิ์ ปัตติยะ เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป. (2555). ผลกระทบของขนาดเตาปฏิกรณ์ และชุดควบแน่นในกระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วที่มีต่อปริมาณผลิตภัณฑ์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** 31 (2), 135-140.

[4] ประพิธาร์ ธนารักษ์ พิสิษฎ์ มณีโชติ พัชรินทร์ เยาวรัตน์ พรทิพย์ เม่นสิน บงกช ประสิทธิ์ ชูศักดิ์ รักเสนาะ อันธิกา เพชรีและ สุรนาท แซ่ย่าง. (2564). การเพิ่มมูลคาดวยเทคโนโลยีไบโอดราย สำหรับการจัดการขยะชุมชนกรณีศึกษา: องคการบริหารสวนตำบลทามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรีเพื่อนำไปสูการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืน. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน**. 4 (3), 40 -49.

[5] Chusak Raksanau, Pisit Maneechot and Noppadon Sinpaisansomboon**. (**2559**). ศักยภาพของ Biodry ในการปรับปรุงคุณภาพขยะที่ผ่านกระบวนการ MBT เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมความร้อน.** รายงานการวิจัย**.** วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร**.**

[6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). **Emission Factor (EF) ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์**. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_b934985782.pdf

[7] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน**. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction/wm/item/470-refused-derived-fuel-rdf-production-from-municipal-solid-waste.html

[8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน**. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction/ae/item/456-on-grid-renewable-electricity-generation.html

การจัดการขยะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

Municipal Solid Waste Management from Landfill for Refuse-Derived fuel production in Nonthaburi Province

อุดร ระโหฐาน[1] และ ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ[1*]

[1] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email: prangtip.kae@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยเก่าจากหลุมฝังกลบและแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะที่เหมาะสมตามบริบทของพื้นที่จังหวัดนนทบุรี โดยทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะ และวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบของจังหวัดนนทบุรี เพื่อใช้พิจารณาถึงศักยภาพในการนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ โดยการพิจารณาศักยภาพสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย ที่ผ่านระบบคัดแยกหลายขั้นตอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ จากการศึกษาพบว่าขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการฝังกลบเป็นเวลา 10 ปี จะมีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 40 ค่าความร้อนประมาณ 1,459 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และปริมาณเถ้ามากกว่าร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเชื้อเพลิงขยะ เมื่อผ่านกระบวนการคัดแยกหลายขั้นตอนเพื่อคัดวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ออกก่อน พบว่าค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 5,139 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ปริมาณเถ้าต่ำกว่าร้อยละ 10 ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของเชื้อเพลิงขยะ ดังนั้นกระบวนการคัดแยกขยะจากหลุมฝังกลบจึงเป็นแนวทางเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงและลดปริมาณขยะจากหลุมฝังกลบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นแนวทางทางการผลิตเชื้อเพลิงขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าของประเทศในอนาคต

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย, เชื้อเพลิงขยะ, ขยะหลุมฝังกลบ, การจัดการขยะมูลฝอย

รหัสบทความ E03-202207180002

การพัฒนาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น PM2.5 ด้วยเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตขนาดเล็ก ด้วยการปรับระยะห่างของลวดโคโรนาที่เหมาะสม

Development of PM2.5 dust removal efficiency with a small electrostatic precipitator by proper corona wire spacing

รุ่งโรจน์ สุมารัตน์* และ ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร
วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email : Rungrote.sum@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (ESP) เป็นที่รู้จักกันดีในด้านการกำจัดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตาม ยังคงต้องพัฒนาเพื่อลดปริมาณ PM2.5 ในพื้นที่เฉพาะ เนื่องจากความซับซ้อนของแหล่งปล่อย PM2.5 ในงานวิจัยนี้ ได้มีการพัฒนาเครื่องต้นแบบ ESP รุ่นใหม่ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลของชนิดลวดแบบเรียบและแบบหนาม และ (2) ศึกษาอิทธิพลของระยะห่างของแผ่นและลวดอิเล็กโทรดต่อปริมาณกระแสโคโรน่า ในงานวิจัยนี้ เครื่องต้นแบบของ ESP ถูกสร้างขึ้นด้วยช่วงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 0-30 กิโลโวลต์ (kVDC) การปรับความกว้างพัลส์ด้วยระบบพัลส์วิดมอดดูเรชั่น (PWM) ใช้เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าสำหรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตรงไปยังแบบจำลอง แผ่นอิเล็กโทรดทำจากสแตนเลสที่มีขนาดความหนา 0.8 มม. ยาว 410 มม. และสูง 400 มม. พารามิเตอร์หลักสำหรับการทดสอบ เช่น แรงดันไฟฟ้า 0-30 kVDC ความเร็วลม 0.2-1.6 ม./วินาที ลักษณะของลวดอิเล็กโทรดแบบเส้นเรียบและแบบมีหนาม และระยะห่างที่แตกต่างกันระหว่างลวดอิเล็กโทรดและแผ่นอิเลกโทรดเมื่อมีพื้นที่หน้าตัดทางด้านลมเข้าและออกที่เท่ากัน โดยมีระยะห่าง 22.5 มม.และ 28.5 มม.ตามลำดับ ทำการตรวจสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดักจับ PM2.5 ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพสูงสุดของการกำจัด PM2.5 คือ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วลม 0.2 ม./วินาที ด้วยระยะห่าง 22.5 มม. และที่ระยะห่างระหว่างลวดและแผ่นตกตะกอน 28.5มม. ด้วยแรงดันไฟฟ้า 24 kVDC กระแสโคโรน่าสูงสุด 710 μA สำหรับระยะห่างระหว่างลวดและแผ่นตกตะกอนเท่ากับ 22.5 มม. และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 650 μA สำหรับระยะห่างลวดและแผ่นตกตะกอน 28.5 มม. กระแสโคโรน่าเฉลี่ยสำหรับระยะห่างลวดกับแผ่นตกตะกอน 22.5 มม.มีค่ามากกว่าระยะห่าง 28.5 มม.เท่ากับ 13%

คำสำคัญ: ฝุ่น PM2.5, เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต, ลวดแบบหนาม

บทนำ

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ยังคงเป็นปัญหามลพิษทางอากาศสำหรับประเทศไทยในลำดับต้นๆ จากการเฝ้าระวังของกรมควบคุมโรค พบว่า ในปี 2562 – 2564 ประเทศไทยมีค่า PM2.5 เกินเกณฑ์มาตรฐาน (50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยจะทวีความรุนแรงของสถานการณ์มากขึ้นช่วงรอยต่อฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน เนื่องมาจากปัจจัยความกดอากาศสูงและลมสงบ [1] แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM2.5 ที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่มีที่มาแตกต่างกัน เช่น ในเมือง ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ส่วนใหญ่มาจากปล่อยควันพิษจากเผาไหม้เชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล การก่อสร้าง ร้านอาหารริมถนน ส่วน PM2.5 ในต่างจังหวัดเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานหล่อหลอมโลหะ

การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า การเผาป่าหรือการเผาในพื้นที่การเกษตร เป็นต้น [2] ฝุ่น PM2.5 เป็นฝุ่นขนาดเล็กขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน สามารถเข้าไปในร่างกายสะสมในเยื่อปอดทำให้ปอดเสื่อมและระบบทางเดินหายใจของมนุษย์มีประสิทธิภาพลดลง ทำให้มีอาการปอดอักเสบ ป่วยเป็นโรคหอบหืดหรือถึงขึ้นเป็นมะเร็งปอดได้ [3] ปัจจุบันค่ามาตรฐานของฝุ่นละออง PM2.5 ในประเทศไทยตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้มีการปรับค่ามาตรฐานให้มีความเข้มข้นมากขึ้น โดยกำหนดมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ใหม่ จากเดิมค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ค่ามาตรฐานไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) ปรับเปลี่ยนเป็น 37.5 มคก./ลบ.ม. มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มิถุนายน 2566 [4, 5]

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการควบคุมปริมาณการแพร่กระจายของฝุ่น PM2.5 เหล่านี้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator: ESP) เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการกำจัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนฝุ่นสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ [6] หลักการทำงานของเครื่องชนิดนี้ คือจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงให้กับขั้วดิสชาร์จ และให้ขั้วตกตะกอนเป็นกราวน์ ทำให้เกิดปรากฏการณ์โคโรนาดิสชาร์จ (Corona discharge) ขึ้นรอบๆ ขั้วดิสชาร์จ ดังนั้น ณ จุดที่เกิดโคโรนา เกิดการไหลของกระแสไอออนผ่านช่องว่างระหว่างขั้วดิสชาร์จและขั้วตกตะกอน เมื่อฝุ่นผ่านเข้ามาที่ช่องว่างจะได้รับประจุ ฝุ่นที่มีประจุเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปตกบนขั้วตกตะกอน และถูกกำจัดออกโดยการเคาะให้หลุด [7]

เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตมีการประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตยังคงได้รับการสนใจอย่างต่อเนื่องเพื่อออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีขนาดที่เล็กลงเพื่อง่ายต่อการนำไปใช้งาน Wang et al (2021) ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตด้วยการปรับระยะห่างระหว่างลวดต่อลวด (wire-wire distance) และ ระยะห่างลวดต่อแผ่น (wire-plate distance) ที่เหมาะสมพบว่า เมื่อปรับระยะระหว่างลวดต่อแผ่นลดลงจาก 300 มิลลิเมตรเป็น 100 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น PM2.5 เพิ่มขึ้น 45.2 เปอร์เซ็นต์ [8] Zhang et al (2022) ศึกษาผลของลมไอออนิก (ionic wind) และประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กกับเครื่อง ESP พบว่า การทำงานร่วมกันของลมไอออนิกและสนามแม่เหล็กสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเครื่อง ESP ได้มากกว่าการจ่ายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว [9] ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาเครื่องต้นแบบตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลของชนิดลวดแบบเรียบและแบบหนาม และ (2) ศึกษาอิทธิพลของระยะห่างของแผ่นและลวดอิเล็กโทรดต่อปริมาณกระแสโคโรน่า ทั้งสองตัวแปรถือเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบให้เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต

วิธีการวิจัย

2.1 โครงสร้างเครื่องต้นแบบ ESP

ส่วนประกอบหลักของ ESP ประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ (1) ส่วนการจ่ายประจุซึ่งเป็นอิเล็กโทรดลวด และ (2) ส่วนรวบรวมที่เป็นแผ่นอิเล็กโทรด ลวดอิเล็กโทรดทำจากสแตนเลสเพื่อความทนทานต่อการกัดกร่อน ขนาดยาว 336 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 มม. เป็นลวดแบบมีหนามทั้งสองด้านของลวดแกน ความยาวของหนามในแต่ละด้านคือ 9.5 มม. ลวดอิเล็กโทรดประกอบด้วยเจ็ดแถว ระยะห่างระหว่างลวดอิเล็กโทรดมีสองระยะห่างคือ 45 มม. และ 57 มม.

อีกส่วนเป็นแผ่นสำหรับรวบรวมฝุ่น (แผ่นตกตะกอน) ทำจากแผ่นสแตนเลส หนา 0.8 มม. ยาว 410 มม. สูง 400 มม. มีจำนวน 8 แผ่นสำหรับลวดที่มีระยะห่าง 57 มม.และ10 แผ่นสำหรับลวดที่มีระยะห่าง 45 มม. เพื่อให้ฝุ่นละอองเกาะติดหลังจากอนุภาคฝุ่นถูกชาร์จด้วยประจุลบ รายละเอียดของเครื่องต้นแบบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การออกแบบตัวตกตะกอนอนุภาคเชิงไฟฟ้าสถิตในการศึกษานี้

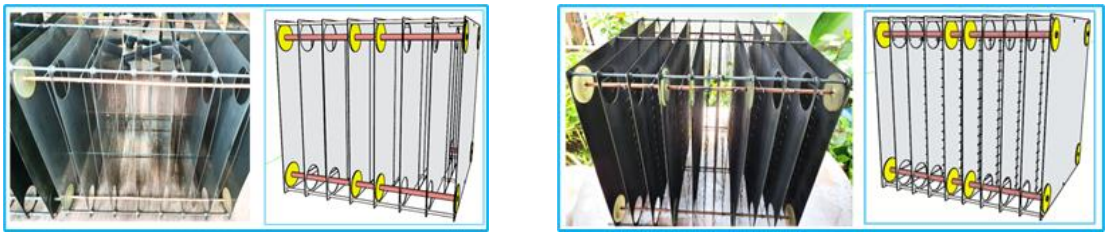
เกณฑ์การออกแบบ	คุณลักษณะ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดิสชาร์จ	0.57 มม.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วตกตะกอน (ความหนาแผ่น)	0.80 มม.
ระยะห่างระหว่างขั้วดิสชาร์จและขั้วตกตะกอน	28.5 มม. / 22.5มม.
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค	2.5 ไมโครเมตร
ประจุอนุภาค	ประจุลบ
แรงดันขั้วอิเล็กโทรด	0 – 30 kVDC
ความถี่ใช้งาน	50 เฮิร์ทซ์
อิเล็กโทรดใช้งาน	ลวดสแตนแลสแบบมีหนาม/ไม่มีหนาม
อุณหภูมิของควัน	30 – 40 องศาเซลเซียส
ศักย์ไฟฟ้า	ศักย์ไฟฟ้าลบ 0 - 30 kVDC
ความดัน	ความดันบรรยากาศ 101.325 กิโลปาสคาล
ลักษณะควัน	ควันจากตะเกียงเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล
ความเร็วของควัน	0.2 – 1.6 ม./วินาที
ขนาดต้นแบบตัวตกตะกอน	กว้าง 400 มม. ยาว 410 มม. หนา 0.8 มม.

2.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

แหล่งจ่ายไฟ DC แรงสูงถูกสร้างขึ้นจากหม้อแปลงไฟฟ้าแบบฟลายแบ็คที่ปรับได้ แรงดันไฟฟ้าถูกปรับโดยการควบคุมการปรับความกว้างพัลส์ด้วยระบบพัลส์วิดมอดดูเรชั่น (Pulse Width Modulation: PWM) ระดับแรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220-240 VAC แล้วจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงแบบสเต็ปดาวน์ หลังจากนั้นแปลงเป็นกระแสตรงขนาด +12 โวลต์ เพื่อจ่ายเป็นแรงดันไฟฟ้าขาเข้าให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบฟลายแบ็คเพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้าในระดับกิโลโวลต์

2.2 การศึกษาผลของชนิดลวดแบบเรียบและแบบหนาม

ลวดแบบเรียบและหนามทำด้วยเส้นลวดสเตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.57 มม. ระยะห่างระหว่างลวดกับลวดเท่ากับ 45 มม. และ 57 มม. ทดสอบด้วยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าด้วยขั้วลบให้กับลวดอิเล็กโทรด ปรับแรงดัน 0-30 kVDC เพิ่มขึ้นทุก 2 kVDC ทำการวัดกระแสโคโรน่า ทดสอบด้วยความเร็วลมสามระดับ คือ 0.2, 1.0 และ1.4 ม./วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



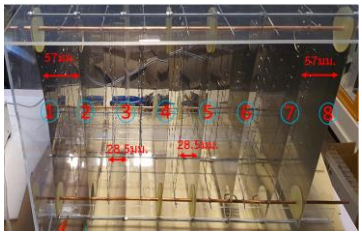
(ก) ลวดอิเล็กโทรดแบบเรียบ (ข) ลวดอิเล็กโทรดแบบหนาม

ภาพที่ 1 ชนิดลวดอิเล็กโทรดแบบเรียบและแบบหนาม

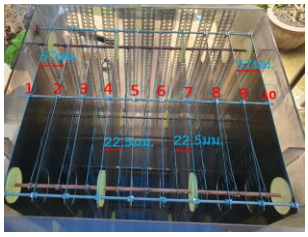
2.3 อิทธิพลของระยะห่างของแผ่นและลวดอิเล็กโทรดต่อปริมาณกระแสโคโรน่า

เครื่องดักจับฝุ่นจำลองมีแผ่นตกตะกอน 8 แผ่นที่ได้ใช้ทำการทดสอบก่อนหน้านี้ ในการทดสอบนี้ได้ทำการเพิ่มจำนวนแผ่นตกตะกอนจาก 8 แผ่นเป็น 10 แผ่น และลวดอิเล็กโทรดเพิ่มจาก 7 แถวเป็น 9 แถว ซึ่งการเพิ่มจำนวนแผ่นและลวดอิเล็กโทรดในการทดลองนี้ พื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองยังมีขนาดเท่าเดิม ด้วยความกว้าง 400 มม. และความสูง 400 มม. ทำให้ระยะห่างของแผ่นและลวดอิเล็กโทรดมีระยะแคบลง เมื่อเพิ่มลวดแผ่นตกตะกอนเป็น 10 แผ่นสามารถจัดให้มีจำนวนมีระยะห่างระหว่างแผ่นกับแผ่นตกตกตะกอนเท่ากับ 45 มม. และลวดกับแผ่นอิเล็กโทรดเท่ากับ 22.5 มม. (ดังแสดง

ในภาพที่ 2) ทำการทดสอบปริมาณกระแสโคโรน่าและวัดความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ทางด้านเข้าและออก พร้อมกับปรับแรงดันไฟฟ้า 0-30 kVDC และปรับความเร็วลม 0.2, 1.0 และ1.6 ม./วินาที ตามลำดับ



(ก) แผ่นตกตะกอน 8 แผ่น ระยะห่างลวด-แผ่น 28.5มม.



(ข) แผ่นตกตะกอน 10 แผ่น ระยะห่างลวด-แผ่น 22.5 มม.

ภาพที่ 2 การปรับระยะห่างของแผ่นและลวดอิเล็กโทรด

2.4 การคำนวณประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น PM2.5

เพื่อศึกษาผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าต่อประสิทธิภาพของ ESP ควบคุมความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านเครื่องจำลอง 0.2 ม./วินาที 1.0 ม./วินาที 1.4 ม./วินาที และ1.6 ม./วินาที ปรับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 – 30 kVDC อากาศไหลผ่านเครื่องดักจับฝุ่นจำลองซึ่งถูกดูดด้วยโบลเวอร์ที่ติดตั้งอยู่ทางด้านออกของ ESP ที่มีปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ถูกสร้างขึ้นจากตะเกียงน้ำมันดีเซล ความเข้มข้นของ PM2.5 ทางด้านเข้าและอากาศออกของ ESP ถูกวัดโดยเครื่องวัด Lighthouse Handheld 3016-IAQ (HH3016-IAQ) ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นคำนวณโดยสมการ 1

$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} * 100 \quad (1)$$

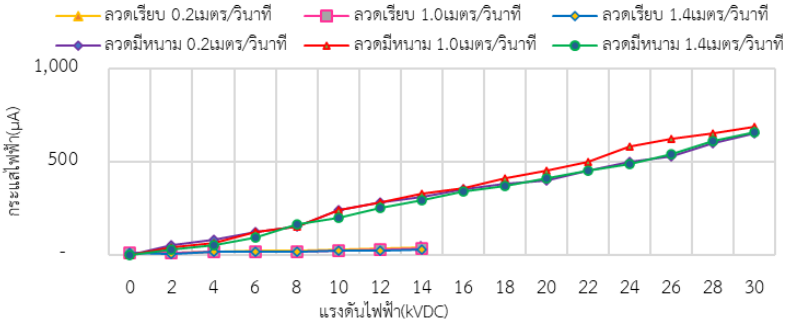
C_i หมายถึง ความเข้มข้น PM2.5 ทางด้านเข้า C_0 หมายถึงความเข้มข้น PM2.5 ทางด้านออก และ η หมายถึงประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น PM2.5

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ ได้พิจารณาปัจจัยการทดลองเพื่อระบุสภาวะที่เหมาะสมในการดักจับ PM2.5 ด้วยเครื่องต้นแบบ ESP ที่มีลวดสองแบบคือแบบเส้นเรียบและแบบมีหนาม และประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นด้วยระยะห่างของลวดอิเล็กโทรดและแผ่นอิเล็กโทรดที่ต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดของผลลัพธ์ในแต่ละปัจจัยการทดสอบแสดงได้ดังนี้

3.1 ผลการทดสอบกระแสโคโรน่าของลวดแบบเรียบและลวดอิเล็กโทรดแบบมีหนาม

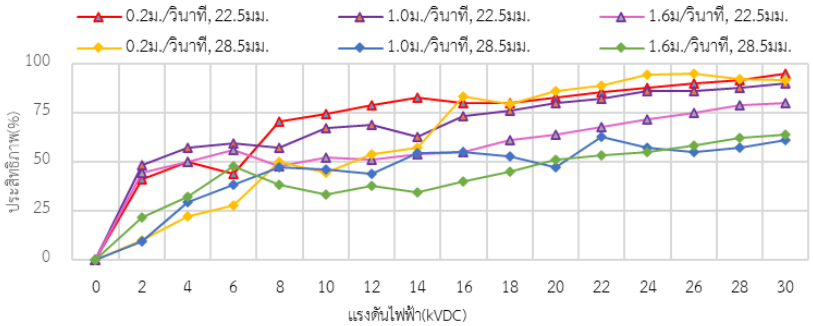
ภาพที่ 3 การปลดปล่อยโคโรนาเริ่มเกิดขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าถึง 2 kVDC กระแสไฟฟ้าของเส้นลวดอิเล็กโทรดแบบเรียบทั้งสามความเร็วของการทดสอบของลวดแต่ละแบบมีค่าใกล้เคียงกัน กระแสไฟฟ้าสูงสุดของการใช้ลวดแบบเรียบเพิ่มขึ้นได้เพียง 40 ไมโครแอมป์ (μA) ที่แรงดันไฟฟ้า 14 kVDC หลังจากนั้นไม่สามารถปรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้าได้อีกเนื่องจากเกิดแรงดันโคโรน่าเบรกดาวน์ ส่วนกระแสไฟฟ้าของลวดแบบมีหนามสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าได้ถึง 30 kVDC โดยไม่เกิดแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ วัดกระแสโคโรน่าได้สูงสุด 690 μA ที่แรงดันไฟฟ้า30 kVDC



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าเมื่อปรับแรงดันไฟฟ้าให้กับลวดแบบเรียบและแบบมีหนาม

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้วยระยะห่างของลวดกับแผ่นอิเล็กโทรดที่แตกต่างกัน

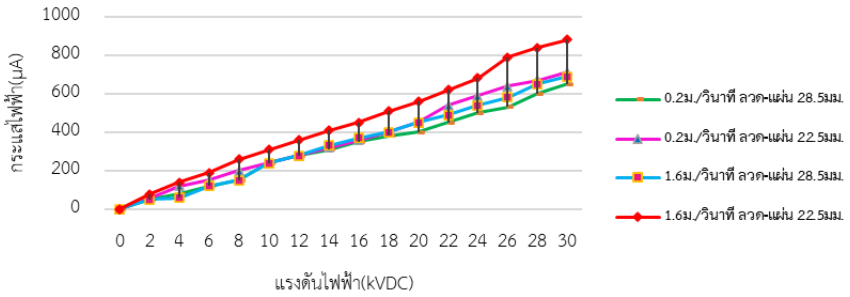
ภาพที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการทดสอบด้วยระยะห่างของลวดอิเล็กโทรดกับแผ่นอิเล็กโทรดที่ 22.5 มม.และ 28.5 มม. พบว่า ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นสูงสุดเท่ากับ 95% ที่ระยะห่างระหว่างลวดกับแผ่นตกตะกอนเท่ากับ 22.5 มม. ที่แรงดันไฟฟ้า 30 kVDC ที่ความเร็วลม 0.2 ม./วินาที และที่ระยะห่าง 28.5 มม. ความเร็วลม 0.2 ม./วินาที ที่แรงดันไฟฟ้า 24-26 kVDC ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น PM2.5 ที่ระยะห่างลวดและแผ่นอิเล็กโทรดโดยเฉลี่ยของระยะห่าง 22.5 มม.ที่แรงดันไฟฟ้า 30kVDC สูงกว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระยะห่าง 28.5 มม. เท่ากับ 22%



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น PM2.5 ของระยะห่างระหว่างลวดกับแผ่นอิเล็กโทรด 22.5 มม.และ 28.5 มม.

3.3 ผลของกระแสไฟฟ้าเมื่อปรับระยะห่างของลวดและแผ่นอิเล็กโทรด

เมื่อทำการปรับแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นทำให้ได้รับกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เส้นกราฟของระยะห่างของลวดกับแผ่นตกตะกอน 22.5 มม. ที่เส้นกราฟความเร็วลม 1.6 ม./วินาที ได้รับกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 890 μA ได้กระแสไฟฟ้ามากกว่าระยะห่างของลวดกับแผ่นอิเล็กโทรด 28.5 มม. โดยเฉลี่ยเท่ากับ 31% (แสดงดังภาพที่ 5) และที่เส้นกราฟของความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที ระยะห่างระหว่างลวดกับแผ่นอิเล็กโทรด 22.5 มม. ได้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 710 μA ส่วนระยะห่าง 28.5 มม. ได้กระแสไฟฟ้า สูงสุด 650 μA โดยที่กระแสโดยเฉลี่ยของระยะห่าง 22.5 มม. มากกว่า 28.5 มม. 13%



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า เมื่อระยะห่างระหว่างลวดกับแผ่นแตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

ระยะห่างระหว่างลวดและแผ่นตกตะกอนมีผลต่อการเพิ่มของกระแสโคโรน่าเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และมีผลต่อประสิทธิภาพ ระยะห่างน้อยทำให้กระแสโคโรน่ามีปริมาณมากและมีประสิทธิภาพสูงกว่าระยะห่างที่มากกว่า การทดสอบด้วยการวัดกระแสโคโรน่าระหว่างลวดแบบมีหนามและลวดแบบเส้นเรียบ พบว่าลวดแบบมีหนามมีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากกว่าลวดแบบเรียบและสามารถปรับแรงดันได้สูงขึ้นถึง 30 kVDC โดยไม่เกิดโคโรน่าเบรกดาวน์ด้วยระยะห่างที่ใช้ในการทดสอบคือ 28.5 มม. แรงดันโคโรน่าเบรกดาวน์เกิดขึ้นที่ 16 kVDC สำหรับการทดสอบกับลวดแบบเส้นเรียบ

ลวดแบบมีหนามและระยะห่างระหว่างลวดและแผ่นมีค่าน้อยทำให้ประสิทธิภาพการดับจับฝุ่นมีค่าสูง อย่างไรก็ตาม ระยะห่างที่แคบที่สุดจะต้องไม่ทำให้เกิดโคโรน่าเบรคดาวน์ และที่ความเร็วลมต่ำได้ประสิทธิภาพดักจับฝุ่น PM2.5 มากกว่าความเร็วลมสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์และอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำเป็นอย่างดียิ่ง บิดามารดาและครอบครัวที่ให้การสนับสนุน บริษัท แอล.วี.เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด และบริษัท เวิลด์ เอ็นไวร์ เทคโนโลยี จำกัด

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมโรค. (2565). พยากรณ์โรคและภัยสุขภาพรายสัปดาห์. ฉบับที่ 9/2565, ประจำสัปดาห์ที่ 10 (วันที่ 6-12 มีนาคม 2565. Retrieved: https://ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=23860&deptcode=brc

[2] กรมควบคุมมลพิษ. (2561). โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[3] Xing, Y.-F., Xu, Y.-H., Shi, M.-H., & Lian, Y.-X. (2016). The impact of PM2.5 on the human respiratory system. Journal of thoracic disease, 8(1), E69-E74. ttps://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19

[4] กรมควบคุมมลพิษ. (2564). (ร่าง) เอกสารประกอบการพิจารณา การปรับปรุงมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป. Retrieved: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/01/pcdnew-2021-01-28_08-42-24_325315.pdf

[5] กระทรวงสาธารณสุข (2564), คู่มือการดำเนินงาน ด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ปี 2565

[6] EPA. (2021). Monitoring by Control Technique - Electrostatic Precipitators. United States Environmental Protection Agency. Retrieved: https://www.epa.gov/air-emissions-monitoring-knowledge-base/monitoring-control-technique-electrostatic-precipitators

[7] ชญาศักดิ์ รัตนโชติ. (2553). การพัฒนาเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับการดักจับเขม่าจากการเผาไหม้ไม้ฟืน. วิทยานิพนธ์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[8] Wang, Y., Zhang, H., Gao, W., Shao, L., Wu, Z., Zhao, Z., Ge, C., Hu, D., ., & Gao, X. (2021). Flakten Rev, 6, 93-110. Improving the removal of particles via electrostatic precipitator by optimizing the corona wire arrangement. Powder Technology, 388, 201-211. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.04.087

[9] Zhang, J., Wang, J., Jiang, Z., & Xu, D. (2022a). Trapping PM2.5 particles from electrostatic precipitator equipped with magnetic field under different gas velocities. Process Safety and Environmental Protection, 158, 115-122. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.11.035

วิเคราะห์แนวโน้มตลาดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่

Analysis of market trends and factors affecting purchasing decision of bamboo sheath food packaging for the environment of the consumers in Phrae

ลักขณา พันธุ์แสนศรี[1], ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[1] และ ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[1*]

lukkhana Punsaensri [1], Tiparad Sahatrongjit[1] and Tammasak Punsaensri[1*]

[1] มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Email: tammasak@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มตลาดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่ในจังหวัดแพร่ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการสำรวจด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือคือ แบบสอบถาม ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดแพร่ 500 ชุด โดยวิเคราะห์ค่าความถี่ ร้อยละ และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน ส่วนสุดท้ายวิเคราะห์โน้มน้าวตลาดของบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษา พบว่า ลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านเพศ อายุ และอาชีพ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด แต่ลักษณ์เกณฑ์ประชากรศาสตร์ ด้านรายได้ต่อเดือนและระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และกลุ่มตัวอย่างประชากรตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่ สามารถช่วยลดการใช้พลาสติกหรือโฟมได้มากกว่า 500 ชิ้น ส่วนโน้มน้าวตลาดของบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้การเติบโตเฉลี่ย 25% จากปีก่อนหน้า คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,100-2,400 ล้านบาท ซึ่งทำให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้น จากประมาณ 1% ไปอยู่ที่ 2% ของมูลค่า และคาดการว่าในปี 2568 มูลค่าบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมอาจจะขยายตลาดเพิ่มขึ้นแตะระดับ 13,000-16,000 ล้านบาท ส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ 8-10% ของมูลค่า

คำสำคัญ: แนวโน้มตลาด, บรรจุภัณฑ์, กาบไผ่, ผู้บริโภค, สิ่งแวดล้อม

บทนำ

ปัญหาไฟป่ามักเกิดขึ้นในฤดูแล้งของทุกปีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งไฟป่าส่วนใหญ่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง เพราะเป็นสังคมป่าผลัดใบที่ตั้งอยู่ในระดับความสูง 400-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล สภาพอากาศร้อนแห้งแล้ง และอยู่ใกล้กับชุมชน [1] จึงทำให้มีโอกาสเกิดไฟป่าขึ้นได้สูง และในช่วงปลายฤดูหนาวต่อต้นฤดูร้อนจะเกิดไฟป่าขึ้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติ โดยไฟป่าที่เกิดขึ้นจะเป็นไฟผิวดินที่ลุกลามเผาไหม้เชื้อเพลิงบนผิวดินเป็นหลัก โดยเชื้อเพลิงได้แก่ ใบไม้ ใบไผ่ กาบไผ่ กิ่งไม้ หญ้าแห้ง ฯลฯ ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จะแห้งและกองสุมเต็มผืนป่าเต็งรังจะกลายเป็นเชื้อไฟอย่างดี (ภาพที่ 1) ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นละอองและควันพิษ โดยการเผาไหม้แต่ละครั้งจะทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กแขวนลอยสะสมอยู่ในอากาศ และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้จะเกิดเป็นปัญหาหมอกควันพิษที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อประเทศชาติโดยเฉพาะการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ และประเทศไทยยังต้องเผชิญปัญหาวิกฤติขยะบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่เพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของการบริโภค ซึ่งมีปัจจัยกระตุ้นเพิ่มเติมจากการเติบโตของอาหารและเครื่องดื่มแบบสะดวกซื้อ ธุรกิจส่งอาหารที่

รหัสบทความ E05-202208150007

ขยายตัวอย่างมาก ทำให้ความต้องการในการบริโภคเพิ่มสูงขึ้นทั้งภาคการผลิตและภาคการบริการ รวมไปถึงความต้องการความสะดวกรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความรีบเร่งของสังคม ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต สุขอนามัย ตลอดจนปัญหามลภาวะจำนวนมากและหลากหลายรูปแบบที่ประชาชนต้องเผชิญ ส่งผลทำให้เกิดขยะบรรจุภัณฑ์มากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นขยะบรรจุภัณฑ์จากอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟม (ภาพที่ 2) โดยในช่วงการระบาดของ COVID-19 ที่ผ่านมา ส่งผลให้วงการบรรจุภัณฑ์เกิดความตื่นตัวและเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจ กล่าวคือ บรรจุภัณฑ์อาหารที่รีไซเคิลและย่อยสลายได้กำลังอยู่ในช่วงเติบโต จากความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากขยะบรรจุภัณฑ์ทั่วไปจะมีอายุการย่อยสลายที่นานมาก เช่น บรรจุภัณฑ์โฟมใช้เวลาย่อยสลาย 500 – 1,000 ปี บรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้เวลาย่อยสลาย 100 – 450 ปี กลายเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น แม่น้ำลำคลองทำให้สัตว์น้ำเสียชีวิต จากถุงพลาสติก ทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน ฯลฯ



ภาพที่ 1 เชื้อเพลิง (ใบ, ใบไผ่, ฝักไผ่, กิ่งไม้, หญ้าแห้ง) ในป่าที่ถูกไฟไหม้



ภาพที่ 2 บรรจุภัณฑ์อาหารประเภทพลาสติกและโฟม

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม พบว่า มีการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม (ภาพที่ 3) ซึ่งมียี่ห้อและประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลาย มีการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติโดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อยนำมาทำภาชนะ [2] ยังมีผู้ศึกษาการทำภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [3] ศึกษาการผลิตเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [4] และ ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง [5] แต่พฤติกรรมการบริโภคบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมนั้น ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป สาเหตุหนึ่งเนื่องจากผู้บริโภคมีปัจจัยต่าง ๆ มากมายที่มีอิทธิพลในการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมและบริการโดย ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการซื้อของผู้บริโภคแต่ละคนจะแตกต่างกัน ซึ่งได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย [6] ยังมีผู้ศึกษาการรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [7] และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล [8]



ภาพที่ 3 บรรจุภัณฑ์อาหารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวและแนวโน้มการเจริญเติบโตในธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทำให้ธุรกิจทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กได้เล็งเห็นถึง ความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและโอกาสในการขยายธุรกิจ จึงนำมาสู่การศึกษาถึงวิเคราะห์แนวโน้มตลาดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณเชื้อเพลิงในป่า ลดการปลดปล่อยฝุ่นละอองและควันพิษสู่สิ่งแวดล้อม และยังช่วยให้ความรู้ ความเข้าใจและแนวโน้มตลาดบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ยึดวัตถุประสงค์ในการวิจัยเป็นหลักในการตั้งคำถาม เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่สามารถ บรรลุเป้าหมายของการวิจัยได้ เนื่องจากเป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ แบบสอบถามจึงต้องสามารถให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ และแนวโน้มตลาดบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยคำถามแต่ละคำถามมีการจัดลำดับคำถามก่อนหลังอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อความสะดวก ในการตอบและป้องกันการสับสน เนื่องจากเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้ตอบอ่านคำถามเอง ตอบเอง คำถามไม่มีคำอธิบายรายละเอียด อีกทั้งความแตกต่างเกี่ยวกับตัวบุคคลของผู้ตอบ เช่น อายุ การศึกษา อาชีพ มีผลกระทบต่อการตอบเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงสร้างแบบสอบถามที่เน้นคำถามแบบปลายปิด (close ended) หลังจากได้สร้างแบบสอบถามที่มีความถูกต้องของเนื้อหา (content validity) ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียง จำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS หาค่าความเชื่อมั่นแบบครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ทั้ง 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสอง อำเภอร้องกวาง อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น ซึ่งจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าแบบการสุ่มอย่างง่าย โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบจำนวนประชากรที่ชัดเจน จากสูตร $n=N/(1+Ne^2X$ จะได้จำนวนประชากรทั้งหมดจำนวน 500 คน

ประเภทสื่อที่ใช้ในการศึกษา สื่อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ สื่อนิตยสารสิ่งแวดล้อม รายงานการศึกษาและสื่ออินเทอร์เน็ต เพื่อค้นหาแนวโน้มตลาดบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม

สถิติที่ใช้ในการวิจัย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้าน ประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ 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 คิดเป็น ร้อยละ 57.80 มีรายได้ต่อเดือน 10,001-15,000 บาท จำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 จบการศึกษาในระดับสูงกว่าหรือเท่ากับปริญญาตรี จำนวน 225 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่

H_0: ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่

H_1: ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่

ตารางที่ 1 การทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหาร จากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่สัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อ	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	conclusion
ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด	.212	0.01	มีความสัมพันธ์

จากตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ พบว่าค่า ระดับนัยสำคัญของค่า Sig. (2-tailed) มีค่า 0.01 < 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั้นคือ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์การตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่

ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาด

H_0: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาด

H_1: ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาด

ตารางที่ 2 การทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่

ความสัมพันธ์ของลักษณะทางประชากรและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	conclusion
เพศ	0.41	0.04	มีความสัมพันธ์
อายุ	-0.13	0.01	มีความสัมพันธ์
อาชีพ	0.72	0.02	มีความสัมพันธ์
เงินเดือน	-0.012	0.51	ไม่มีความสัมพันธ์
ระดับการศึกษา	-0.027	0.46	ไม่มีความสัมพันธ์

จาก Table 2 แสดงผลการทดสอบ Pearson Correlation ระหว่างลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์กับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่ โดยการทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ อายุ และอาชีพกับส่วนประสมทางการตลาด พบว่า มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาด ส่วนการทดสอบผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อเดือน และระดับการศึกษากับส่วนประสมทางการตลาด พบว่าค่า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาด

จากการศึกษาแนวโน้มตลาดบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม พบว่า ปัจจุบันตลาดบรรจุภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ทำจากพลาสติก-โฟม มีมูลค่าประมาณ 35,000 ล้านบาท ขณะที่บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้มีเพียง 5-6% ของตลาดบรรจุภัณฑ์อาหาร หรือมีมูลค่าตลาดเพียง 1,700-2,100 ล้านบาทตลาดบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ยังมีช่องว่าง ยังมีโอกาสที่จะเติบโตหรือจะไปทดแทนบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกและโฟมได้อีกมาก โดยจากข้อมูลของศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2563) พบว่าโน้มน้าวตลาดของบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มการเติบโตเฉลี่ย 25% จากปีก่อนหน้า คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,100-2,400 ล้านบาท ซึ่งทำให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้น จากประมาณ 1% ไปอยู่ที่ 2% ของมูลค่า และคาดการว่าในปี 2568 มูลค่าบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมอาจจะขยายตลาดเพิ่มขึ้นแตะระดับ 13,000-16,000 ล้านบาท ส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ 8-10% ของมูลค่า

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสมทางการตลาดในระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างไรก็ตามมีปัจจัยด้านระดับการศึกษาและด้านรายได้ต่อเดือนที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อส่วนประสม

ทางการตลาดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชัยพร ใคร้ทอง [10] ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคและส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ เห็ด ในเขตอำเภอหล่มสัก และอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ใช้ลักษณะเกณฑ์ประชากรศาสตร์ที่ประกอบไปด้วย เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา ระดับรายได้ต่อเดือน ในการเก็บข้อมูลเป็นไปตามแนวคิด Schiffman and Wisenblit [11] ได้กล่าวว่าการแบ่งส่วนตลาดประชากรทำได้โดยการแบ่งกลุ่มของผู้บริโภคตามอายุ รายได้ เชื้อชาติ เพศ การประกอบอาชีพ สถานภาพสมรส ประเภทและขนาดของใช้ในครัวเรือน และที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ตัวแปรเหล่านี้มีวัตถุประสงค์ เชิงประจักษ์ และสามารถซักถามหรือการสังเกตได้อย่างง่าย สิ่งเหล่านี้ช่วยให้นักการตลาดได้จำแนกผู้บริโภคแต่ละประเภทตามที่กำหนดไว้ได้อย่างชัดเจน เช่น กลุ่มอายุ หรือกลุ่มรายได้

ด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์ต่อซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.02) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชนัญญา ศรีลลิตา [12] และงานวิจัยของดลนัสม์ โพธิ์ฉาย [13] โดยปัจจัยทางการตลาดด้านบุคคล ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ส่งผลต่อการตัดสินใจบริโภคผลไม้พรีเมียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนปัจจัยทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด และด้านกระบวนการ ส่งผลต่อการตัดสินใจบริโภค ผลไม้พรีเมียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตามลำดับ และเป็นไปตามแนวคิดเสรี วงษ์มณฑา [14] กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) หมายถึง การมีสินค้าที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเป้าหมายได้ ขายในราคาที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และผู้บริโภคยินดีจ่ายเพราะเห็นว่าคุ้ม รวมถึงมีการจัดจำหน่ายกระจายสินค้าให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการซื้อหาเพื่อความสะดวกแก่ลูกค้า ด้วยความพยายามจูงใจให้เกิดความชอบในสินค้าและเกิดพฤติกรรมอย่างถูกต้อง

สรุปผลการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่

2 ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ด้านเพศ อายุ อาชีพ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด แต่ลักษณะประชากรศาสตร์ด้านรายได้ต่อเดือน และระดับการศึกษาที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด

3. กลุ่มตัวอย่างประชากรตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบไผ่ สามารถช่วยลดการใช้พลาสติกหรือโฟมได้มากกว่า 500 ชิ้น

4. โน้มน้าวตลาดของบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มการเติบโตเฉลี่ย 25% จากปีก่อนหน้า คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,100-2,400 ล้านบาท ซึ่งทำให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้น จากประมาณ 1% ไปอยู่ที่ 2% ของมูลค่า

5. คาดการว่าในปี 2568 มูลค่าบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมอาจจะขยายตลาดเพิ่มขึ้นแตะระดับ 13,000-16,000 ล้านบาท ส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ 8-10% ของมูลค่า

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

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

[2] Juntralux, N. & Watanasriyaku, S. (2012). **Design and Construction of Ware Forming Machine from**

Nature Pulp. *Industrial Engineering Network Conference 2012*, 1770-1775.

[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 from http://www.satunatc.ac.th/UserFiles/File/%E0%.

[5] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และคณะ. (2564). **ผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ, จังหวัดแพร่, ระหว่าง วันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2564

[6] ชุลีกร และคณะ. (2562) **ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย**. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2562

[7] จริยา ศรีจรูญ. (2559**). การรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.** วารสารวิชาการเซาธ์อีสท์บางกอก (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 (2016): กรกฎาคม – ธันวาคม 2559.

[9] จุฑาทิพย์ อินทรภักดิ์. (2562). **ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.** บทความวิชาการค้นคว้าอิสระ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[10] ชัยพร ใคร้ทอง (2550). **ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค และส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ เห็ด ในเขตอำเภอหล่มสัก และอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์.** สารนิพนธ์ หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**.**

[11] Schiffman, L. G., & Wisenblit, J. L. (2015). ***Customer behavior* (11th ed).** New Jersey: Prentice Hall.

[12] ชนัญญา ศรีลลิตา. (2551) **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการร้านกาแฟสด ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.** มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร:กรุงเทพฯ. DOI : https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=

[13] ดลนัสม์ โพธิ์ฉาย. (2562). **ปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจบริโภคผลไม้พรีเมียม กรณีศึกษาผู้บริโภคในอำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

14] เสรีวงษ์มณฑา. (2542). **การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค.**กรุงเทพฯ : ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์.

การคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ที่สนใจใน SGtech
Calculation and Analysis of Carbon Dioxide Absorption of Areas of Interest in SGtech.

อานีสา มูเซะ[1] ธีรภัทร์ จินาสา[2] กัญญารัตน์ วรรณาพัฒน์[3]
อีลีหย๊ะ สนิโซ[1] ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล[3] อัญชิษฐา ปราสาททรัพย์[4] และ พิสิษฏ์ มณีโชติ[4]*
[1] สาขา/ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[2] สาขา/ภาควิชาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3]สาขา/ภาควิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
[4]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: Renewaboy999@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้พื้นที่ที่สนใจศึกษาใน SGtech ซึ่ง SGtech มีพื้นที่ทั้งหมด 55,786 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น 3 โซน โดยทีมผู้วิจัยเลือกพื้นที่โซน B เป็นพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่โซน B นั้นอยู่บริเวณจุดกลางของพื้นที่ทั้งหมดและมีจำนวนประชากรต้นไม้หนาแน่นรวมถึงมีพันธุ์ไม้มากกว่าบริเวณโซนอื่น โดยมีพื้นที่ประมาณ 398 ตารางเมตร มีการเก็บข้อมูลจากการวัดความสูง เส้นรอบวง หลังจากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหามวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผลการวิจัยพบว่า มีพันธุ์ไม้ทั้งหมดในพื้นที่โซน B 191 ต้น 30 สายพันธุ์ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากพื้นทั้งหมดใน SGtech เท่ากับร้อยละ 39 มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 82,638.27 กก./ปี หรือ 226.4 กก./วัน และได้นำมาคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยโดยบุคลากรทั้ง 37 คน ใน SGtech ซึ่งได้ผลสรุปว่า โซน B นั้นสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากบุคลากรทั้งหมดใน SGtech ได้ทั้งหมด และเหลือปริมาณการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 102.08 กก./วัน ซึ่งยังสามารถรองรับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์นอกเหนือจากบุคลากรใน SGtech ได้อีก 30 คน

คำสำคัญ: ภาวะโลกร้อน, การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, สูตรคำนวณมวลชีวภาพแอลโลเมตริก, วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร (SGtech)

แผ่นคอมโพสิตผนังอาคารจากก้านดอกทานตะวัน

Composite panels for building walls from sunflower stalks

วรางคณา นิ่มเจริญ[1] มณีรัตน์ เข็มขาว[2*] และ ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย[3*]

[1] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ สถาปัตยกรรมผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[2] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[3] ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email: maneerat.khe@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมบัติของแผ่นคอมโพสิตผนังอาคารจากก้านดอกทานตะวัน ใช้น้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 60 เป็นตัวประสาน เปรียบเทียบที่อัตราส่วนก้านดอกทานตะวัน ต่อ น้ำยางพารา 3 อัตราส่วน คือ 1:4 1:5 และ 1:6 ใช้กระบวนการคงรูปแผ่นคอมโพสิตด้วยวิธีอัดร้อน เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และค่าการดัดงอของแผ่นคอมโพสิต ผลการศึกษา พบว่า แผ่นคอมโพสิตผนังอาคารจากก้านดอกทานตะวันจากส่วนทั้งก้าน และเปลือกก้าน ที่อัตราส่วนก้านดอกทานตะวัน ต่อน้ำยาง 1:4 1:5 และ1:6 เป็นอัตราส่วนที่น้ำยางสามารถจับยึดเส้นใยก้านทานตะวันได้ดี แผ่นคอมโพสิตที่ได้จากกระบวนการทำให้ยางคงรูปด้วยวิธีการอัดร้อน ให้ค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ มาตรฐาน มอก.178-2549 และ มอก.876-2547 ปริมาณความชื้นของกลุ่มของเส้นใยแบบทั้งก้านที่อัตราส่วน 1:5 และ 1:6 มีค่าความชื้นสูงกว่ากลุ่มเส้นใยแบบเปลือกก้าน โดยมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8.96 – 14.20 มีค่าการพองตัวตามความหนาอยู่ในช่วงร้อยละ 5.66 – 12.43 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 10.40 – 40.74 ซึ่งปริมาณความชื้นและการพองตัว จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถใช้ทดแทนไม้อัดและไม้อัดชิพบอร์ดได้ มีอัตราการลามไฟที่ระยะการเผาไหม้อยู่ในช่วง 20.97-30.73 มม./ นาที โดยไม่เติมสารหน่วงไฟ ซึ่งไม่เกินมาตรฐาน UL94 และมีค่าการดัดงออยู่ในช่วง 5.29-6.44 กก./ซม.^{2} ซึ่งผลทดสอบสมบัติทางกายภาพของคอมโพสิตจากก้านดอกทานตะวันที่อัตราส่วน 1:4, 1:5 และ 1:6 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876-2547 และมาตรฐาน มอก.178-2549 และ อังทั้งมีความเหมาะสมสำหรับผนังภายในอาคาร

คำสำคัญ: แผ่นคอมโพสิต ก้านดอกทานตะวัน น้ำยางพารา การอัดร้อน

การพัฒนากระถางชีวภาพจากมูลช้าง
The Development of Biological Pot from Elephant Dung

ฐิติพร อ่อนละมุน[1] หทัยทิพย์ สินธุยา[2] และ พันธ์ลพ สินธุยา[1*]
[1] สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180
[2] สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180
Email : panlop_sin@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาการผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้างให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าโหระพาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากมูลช้างเพื่อลดปัญหาด้านกลิ่นเหม็น โดยศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบ ได้แก่ ถ่านชีวภาพ มูลช้างตากแห้ง และปุ๋ยหมักมูลช้าง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้กาวแป้งเปียกเป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปกระถางและเชื้อ *Trichoderma* sp. ในการป้องกันรากเน่า เมื่อทำการขึ้นรูปกระถางเสร็จทำการทดลองปลูกโหระพาเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 30 วัน วางแผนการทดลองแบบ Full Factorial จำนวน 25 ชุดการทดลอง โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของกระถางที่ผลิตได้ ได้แก่ การศึกษาการพองตัว ความแข็งแรงของกระถาง และการเจริญเติบโตของต้นโหระพา จากการศึกษาพบว่าชุดทดลอง P คือ อัตราส่วนของถ่านชีวภาพต่อมูลช้างแห้งต่อปุ๋ยหมักมูลช้าง 2:3:2 จะให้ค่าการพองตัวของกระถางอยู่ที่ร้อยละ 31.3 ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 4.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และให้ค่าการเจริญของต้นโหระพาด้านความสูงสะสมอยู่ที่ 10 เซนติเมตร จำนวนใบสะสมอยู่ที่ 14 ใบ และความกว้างสะสมของพุ่มต้นโหระพาอยู่ที่ 1.55 เซนติเมตร ซึ่งจากการพิจารณาข้างต้นของกระบวนการผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้างนั้นมีความเหมาะสมอย่างมากแก่การนำไปใช้ในการเพาะปลูกต้นโหระพา

คำสำคัญ: กระถางชีวภาพ มูลช้าง ปุ๋ยหมักมูลช้าง ถ่านชีวภาพ

บทนำ

ช้างเป็นสัตว์กินพืชขนาดใหญ่ ซึ่งช้างแต่ละเชือกจะมีปริมาณมูลช้างในแต่ละวันมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณมูลช้างที่เกิดขึ้นจำนวนมากจึงส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ [1] ทำให้ปัจจุบันมีการนำมูลช้างไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างและหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง [2] การศึกษากระบวนการสร้างมูลค่า เพิ่มมูลค่า และพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากมูลช้าง [3] การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนและการทำปุ๋ยหมักมูลช้าง เป็นต้น [4] ปัจจุบันการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุธรรมชาติถือเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจากผู้บริโภค เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในด้านการรักษาความชุ่มชื้นให้กับดิน ระบายอากาศได้ดี และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และช่วยลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของฟางข้าวและเศษใบไม้แห้งสำหรับการขึ้นรูปกระถางปลูกต้นไม้ [5] การนำกากมะพร้าวที่ไม่ได้ใช้มาทำกระถางต้นไม้ [6] การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้ [7] การผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา [8] การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด [9] การพัฒนากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวา [10] และการนำขุยมะพร้าว

ฟางข้าว และผักตบชวามาใช้ในการทำกระถางเพาะชำแบบชีวภาพ [11] แต่ยังไม่มีรายงานการทำกระถางจากมูลช้าง และจากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้มีการนำถ่านชีวภาพมาช่วยปรับสภาพดินที่ใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นอินทรียวัตถุที่มีรูพรุน ช่วยลดความเป็นกรดของดิน และมีคุณสมบัติในการดูดตรึงธาตุอาหารของพืชในดิน โดยการใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน เปลือกกล้วย และเปลือกแมคคาเดเมีย มีค่าเท่ากับ41.95±0.02 44.30±0.32 และ 179.69±0.01 ตามลำดับ [12] และถ่านชีวภาพที่ผลิตจากเศษข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอนเป็นส่วนประกอบร้อยละ 52.77 และปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.09 [13] ซึ่งมีการวิจัยโดยปลูกผักคะน้าในแปลงทดลองที่ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยคอกต่อถ่านชีวภาพ 25:75 มีความสูงและน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าทุกแปลง โดยเฉพาะน้ำหนักเฉลี่ยมีความแตกต่างจากทุกแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 [14] และได้มีการศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพในอัตราสูง (RHB2.0) ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ส่งเสริมการละลายของธาตุเหล็กและแมงกานีสในสารละลายดิน ส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารพืชที่สร้างพันธะกับอินทรียวัตถุ และส่งเสริมการสะสมเหล็กและทองแดง [15] เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณมูลช้างอันเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการพัฒนากระถางชีวภาพจากมูลช้างเพื่อใช้ในการเพาะปลูก ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำกระถางชีวภาพจากมูลช้างโดยมีวัตถุดิบหลักคือ มูลช้างและถ่านชีวภาพจากมูลช้าง จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระถางชีวภาพจากมูลช้างที่ผสมได้เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญของต้นไม้ โดยนำต้นกล้าโหระพามาใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากโหระพาเป็นพืชผักสวนครัวที่ใช้ใบในการปรุงอาหาร และยังใช้เป็นผักชูรสให้แก่อาหารได้หลากหลายชนิด จึงทำให้มีการปลูกและแพร่พันธุ์กันอย่างแพร่หลายเหมาะแก่การนำมาเพาะปลูกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของต้นไม้

วิธีการวิจัย

กระถางชีวภาพจากมูลช้างเป็นการนำของเสียจากมูลช้างมาต่อยอดผสมผสานกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการเผาแบบจำกัดอากาศ เพื่อกระตุ้นการเกิดรูพรุนที่ช่วยกักเก็บธาตุอาหารจากปุ๋ยหมักมูลช้าง และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยให้แก่ *Trichoderma* sp. เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพของกระถาง ป้องกันการเกิดรากเน่า และทำให้ต้นไม้เจริญสมบูรณ์แข็งแรง โดยกระถางที่ทำขึ้นเกิดจากวัตถุดิบรวม จำนวน 120 กรัม *Trichoderma* sp. จำนวน 2 กรัม และกาวแป้งเปียก จำนวน 240 กรัม เพื่อให้สามารถผลิตกระถางชีวภาพมูลช้างที่มีขนาด 512 ลูกบาศก์เซนติเมตร

การเตรียมวัตถุดิบ

มูลช้างสดที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระถางชีวภาพมูลช้างได้รับความอนุเคราะห์จากปางช้างแม่แตง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดแล้วตากจนแห้งสนิท ทำการเตรียมถ่านชีวภาพจากมูลช้าง โดยการนำมูลช้างแห้ง 1 กิโลกรัม มาผ่านกระบวนการเผาไหม้เป็นระยะเวลา 12 นาที และกระตุ้นด้วยอากาศเป็นระยะเวลา 3 นาที ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส โดยใช้เตาเผาถ่านขนาด 50 ลิตร ทำการเตรียมกาวแป้งเปียก โดยผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำในอัตราส่วน 1:4 ให้ความร้อนด้วยเตาแก๊ส แล้วกวนผสมจนได้เป็นแป้งเปียก [16] ทำการเตรียมปุ๋ยหมักมูลช้าง โดยนำมูลช้างสดจากปางช้างแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มาหมักกับจุลินทรีย์ ใช้ระยะเวลาในการหมัก 30 วัน ทำการเตรียม *Trichoderma* sp. โดยใช้เป็นเชื้อสด

การผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

สำหรับการผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้าง โดยใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการผลิตกระถางชีวภาพตามอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1 ผสมกับ *Trichoderma* sp. จำนวน 2 กรัม และกาวแป้งเปียก จำนวน 240

กรัม โดยนำส่วนผสมทั้งหมดบรรจุลงในแม่พิมพ์กระถางที่มีขนาด 512 ลูกบาศก์เซนติเมตร [5] นำไปตากจนแห้ง เพื่อให้กระถางอยู่ตัว ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้างน้ำหนัก 120 กรัม

ชุดทดลอง	อัตราส่วนในการทดลองผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้าง			ชุดทดลอง	อัตราส่วนในการทดลองผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้าง		
	ถ่านชีวภาพ	มูลช้างแห้ง	ปุ๋ยหมักมูลช้าง		ถ่านชีวภาพ	มูลช้างแห้ง	ปุ๋ยหมักมูลช้าง
A	1	1	1	N	2	2	3
B	1	1	2	O	2	3	1
C	1	1	3	P	2	3	2
D	1	2	1	Q	2	3	3
E	1	2	2	R	3	1	1
F	1	2	3	S	3	1	2
G	1	3	1	T	3	1	3
H	1	3	2	U	3	2	1
I	1	3	3	V	3	2	2
J	2	1	1	W	3	2	3
K	2	1	2	X	3	3	1
L	2	1	3	Y	3	3	2
M	2	2	1				



ภาพที่ 1 การผลิตกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

การทดสอบทางกายของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

การทดสอบประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากมูลช้างด้วยการนำชิ้นส่วนตัวอย่างทดสอบที่มีขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาของกระถางชีวภาพเริ่มต้น จากนั้นจะทำการวัดความหนาก่อนแช่น้ำที่อุณหภูมิในช่วง 18 – 22 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยขอบกระถางชีวภาพจะอยู่ใต้ระดับผิวน้ำลงไป 2.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะทำการซับน้ำกระถางชีวภาพที่ทำการแช่น้ำแล้วให้แห้งด้วยการวางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะทำการวัดความหนาหลังแช่น้ำในบริเวณตำแหน่งเดิม จากนั้นจะทำการคำนวณหาประสิทธิภาพการพองตัวของกระถาง [9] โดยทำการทดสอบชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

$$\text{ประสิทธิภาพการพองตัวของกระถาง} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (1)$$

รหัสบทความ E08-202208160007

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (มิลลิลิตร)

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (มิลลิลิตร)

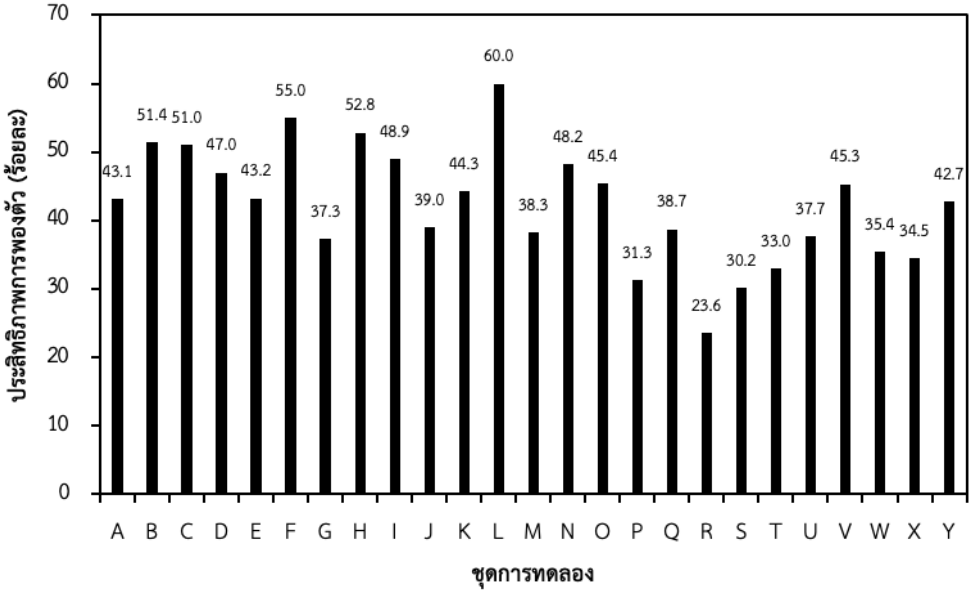
การทดสอบความแข็งแรงของกระถางชีวภาพจากมูลช้างจะทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine กดอัดกระถางตามแนวตั้ง จนกระถางเกิดการแตกร้าว และทำการทดสอบชุดทดลองละ 3 ซ้ำ [16]

การทดสอบการเจริญเติบโตของต้นโหระพา

การปลูกต้นโหระพาในกระถางชีวภาพ เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยต้นโหระพาที่ใช้ในการทดสอบจะไม่มีการใส่ปุ๋ยหรือสารอาหารอื่น ๆ แต่จะมีการรดน้ำทุกวัน วันละ 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นจะทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกระถางชีวภาพด้วยการวัดค่าความสูงของต้นโหระพา นับจำนวนใบ และความกว้างของพุ่มต้นโหระพา โดยจะทำการทดสอบชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

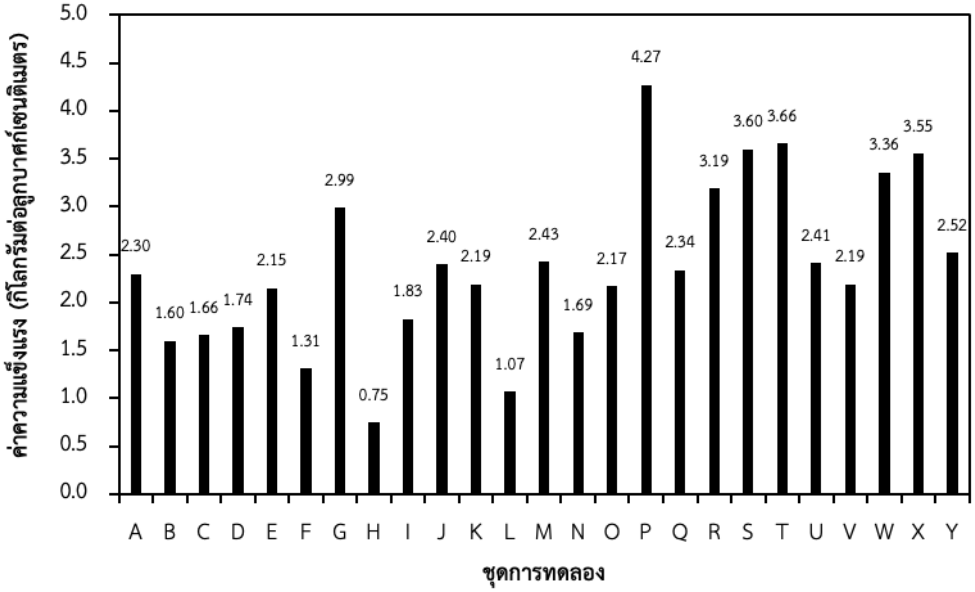


ภาพที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง ดังแสดงในภาพที่ 2 จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการพองตัวของ 25 ชุดทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 23.6 – 60.0 โดยชุดทดลอง R มีค่าประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพต่ำที่สุด ปริมาณของถ่านชีวภาพมีอัตราส่วนมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นและเนื่องจากปุ๋ยหมักมูลช้างที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมีอัตราส่วนน้อย จึงอาจส่งผลต่อการพองตัวของกระถาง ชุดทดลอง L มีค่าปประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางสูงที่สุด ความสอดคล้องกับปริมาณของปุ๋ยหมักมูลช้างที่มีอัตราส่วนมาก ซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่งผลโดยตรงทำให้เกิดค่าความชื้นสูง ดังนั้นจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพความพองตัวของกระถางชีวภาพ หากเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 876 – 2547) แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ ค่าประสิทธิภาพการพองตัวตามความหนาไม่ควรเกินร้อยละ 12 ซึ่งทุกชุดทดลองมีค่าประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางสูงกว่าค่า มอก. 876 – 2457 โดยค่าประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางจาก จากการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปวัสดุเหลือทิ้งจากทางจาก : ดิน : กาวแป้งเปียก มีค่าสูงถึงร้อยละ 83.66 [17] และประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพจากกากตะกอนโรงงานยางพารา วัสดุเหลือทิ้งจากก้อนเชื้อเห็ด และทะลายปาล์ม จากการศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อ

การประยุกต์ใช้จริงที่มีค่าสูงถึงร้อยละ 81.93 [18] ซึ่งทั้ง 25 ชุดทดลองมีค่าประสิทธิภาพการพองตัวค่อนข้างต่ำ โดยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป การดูดซับน้ำ และการพองตัวของกระถางเพาะปลูกชีวภาพจากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย จากการศึกษาพบว่า การดูดซับน้ำของกระถางชีวภาพในปริมาณที่มากจะมีผลต่อการกักเก็บน้ำ ทำให้ประหยัดน้ำที่ใช้ในการรดน้ำของกระถางต้นไม้ แต่จะส่งผลให้อายุการใช้งานของกระถางน้อยลง เนื่องจากกักเก็บน้ำในปริมาณมากส่งผลโดยตรงทำให้ความแข็งแรงของกระถางน้อยลง เคลื่อนย้ายได้ยาก เกิดความเสียหายต่อกระถางชีวภาพ [19] จากการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองทั้ง 25 ชุด สามารถใช้ในการผลิตกระถางที่มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการเพาะปลูกได้

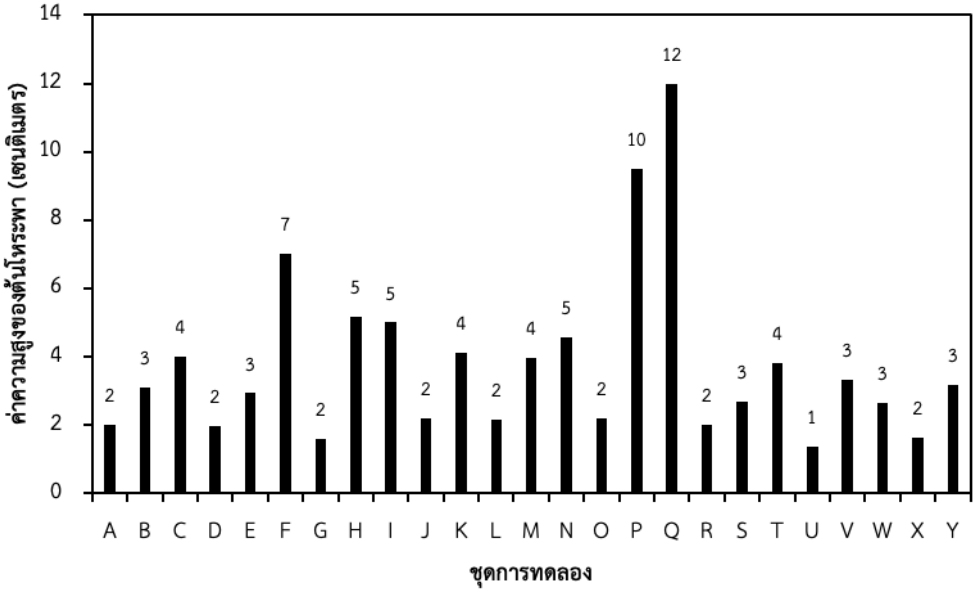
การทดสอบค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

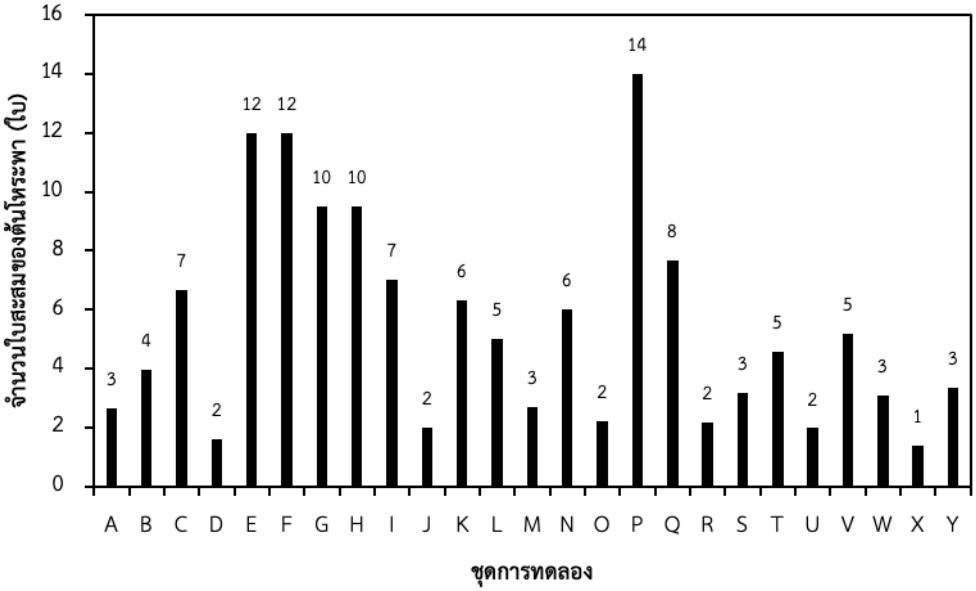
ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า ค่าความแข็งแรงของชุดทดลองทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 0.75 – 4.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยชุดทดลอง H มีค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพมูลช้างต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของถ่านชีวภาพที่มีอัตราส่วนต่ำกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ และปริมาณของมูลช้างที่มีอัตราส่วนสูงขึ้น ซึ่งมูลช้างแห้งที่มีลักษณะเส้นใยคล้ายฟางข้าวจึงอาจส่งผลให้ช่องว่างภายในเนื้อของกระถางชีวภาพมีปริมาณมาก ตรงกันข้ามกับชุดทดลอง P มีค่าประสิทธิภาพความแข็งแรงของกระถางชีวภาพสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของถ่านชีวภาพและมูลช้างแห้งที่มีอัตราส่วนค่อนข้างมาก ถ่านชีวภาพมีลักษณะเป็นฝุ่นผง เมื่อถูกอัดจนแน่นแล้วจึงมีความแน่นหนา โดยค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพจากขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา จากการหาอัตราส่วนวัสดุต่อกาวแป้งเปียกที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้พบว่า กระถางต้นไม้ที่มีอัตราส่วนเหมาะสมต่อการเจริญของต้นไม้ค่าความแข็งแรงของกระถางอยู่ที่ 0.36–1.64 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร [11] ซึ่งมีค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับชุดทดลองทั้ง 25 ชุด ดังนั้นจากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของกระถางชีวภาพ สามารถสรุปว่ากระถางชีวภาพมูลช้างมีศักยภาพมากเพียงพอและเหมาะสมต่อการนำมาเป็นกระถางเพาะปลูกต้นไม้ทั้ง 25 ชุดทดลอง

การทดสอบการเพาะปลูกต้นโหระพาในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง



ภาพที่ 4 ค่าความสูงของต้นโหระพาที่ทดลองเพาะปลูกในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

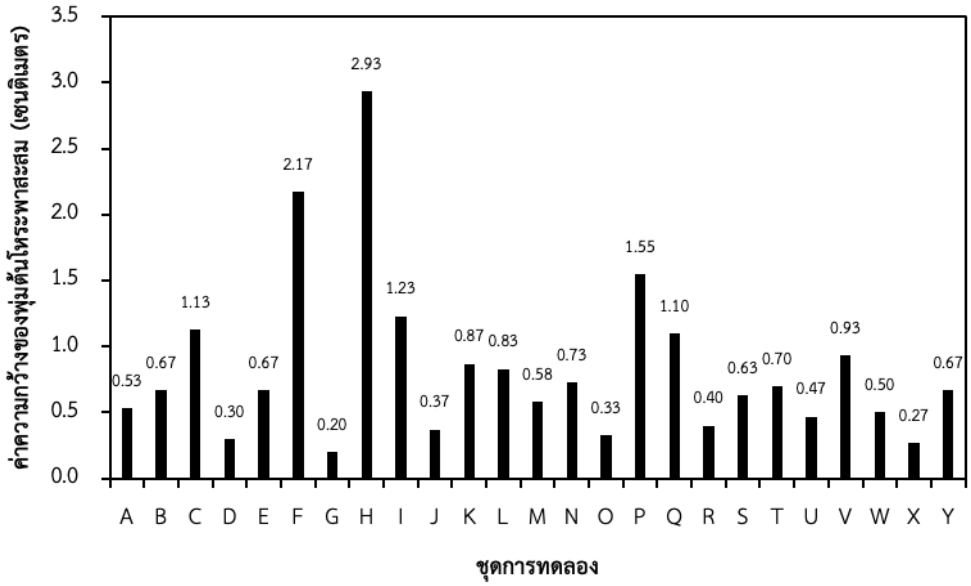
การทดสอบการเพาะปลูกต้นโหระพาในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง ดังแสดงในภาพที่ 4 จากการศึกษาพบว่าค่าความสูงสะสมของต้นโหระพาที่ทดลองปลูกในชุดทดลองทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1 – 12 เซนติเมตร โดยชุดทดลอง F, P และ Q มีค่าความสูงระหว่าง 7 – 12 เซนติเมตร โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณของปุ๋ยหมักมูลช้างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งภายในปุ๋ยหมักอุดมไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นโหระพาที่อยู่ภายในปุ๋ยหมัก



ภาพที่ 5 จำนวนใบสะสมของต้นโหระพาที่ทดลองเพาะปลูกในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

การทดสอบจำนวนใบสะสมของต้นโหระพาจากการปลูกต้นโหระพาที่ทดลองเพาะปลูกในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่าจำนวนใบสะสมของต้นโหระพาที่ทดลองปลูกทั้งหมด 25 ชุดการทดสอบ อยู่ในช่วง 1 – 14 ใบ โดยชุดทดลอง H, F และ P มีจำนวนใบสะสมมากที่สุด อยู่ในช่วง 10 – 14 ใบ โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองดังกล่าวมี

ปริมาณของปุ๋ยหมักมูลช้างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งภายในปุ๋ยหมักมูลช้างจะอุดมไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นโหระพาที่อยู่ภายในปุ๋ยหมัก



ภาพที่ 6 ค่าความกว้างของต้นโหระพาที่ทดลองเพาะปลูกในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง

การทดสอบการเพาะปลูกต้นโหระพาที่ทดลองเพาะปลูกในกระถางชีวภาพจากมูลช้าง ดังแสดงภาพที่ 6 พบว่าค่าความกว้างสะสมของพุ่มต้นโหระพาที่ทดลองปลูกของทั้ง 25 ชุดทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 – 2.93 เซนติเมตร โดยชุดทดลอง P, F และ H มีค่าความกว้างสะสม อยู่ในช่วง 1.55 – 2.93 เซนติเมตร โดยทั้ง 3 ชุดทดลองจะมีปริมาณของปุ๋ยหมักชีวภาพมูลช้างที่สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งภายในปุ๋ยหมักชีวภาพจะอุดมไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นโหระพาที่อยู่ภายในปุ๋ยหมักชีวภาพมูลช้าง

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการพองตัว ความแข็งแรง การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นโหระพาของกระถางชีวภาพจากมูลช้าง จากการศึกษาพบว่า ชุดทดลอง P ในอัตราส่วนของถ่านชีวภาพ : มูลช้างแห้ง : ปุ๋ยหมักมูลช้าง เท่ากับ 2:3:2 จะให้ค่าประสิทธิภาพการพองตัวของกระถางชีวภาพ เท่ากับ ร้อยละ 31.3 ค่าความแข็งแรงเท่ากับ 4.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่เหมาะสมต่อการผลิตเป็นกระถางชีวภาพมากที่สุด ด้านการเจริญเติบโตของต้นโหระพา ชุดทดลอง P ให้ค่าความสูงสะสมของต้นโหระพา เท่ากับ 10 เซนติเมตร จำนวนใบสะสมของต้นโหระพา เท่ากับ 14 ใบ และค่าความกว้างสะสมของพุ่มต้นโหระพา เท่ากับ 1.55 เซนติเมตร เนื่องจากโหระพาเป็นพืชบริโภคใบ ดังนั้นชุดทดลอง P ที่มีจำนวนใบสูงที่สุด จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในการเพาะปลูกต้นโหระพาได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ภายใต้โครงการการพัฒนากระถางชีวภาพจากมูลช้าง สัญญาเลขที่ มรชม. 71/64 และขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย (adiCET) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตสะลวง ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] หทัยทิพย์ สินธุยา. (2562). **การจัดการขยะมูลช้างชุมชนแม่วิน ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่** สืบค้นเมื่อ 21 พฤษภาคม 2565, จาก http://www.chefile.cmru.ac.th/faculty/2562/adicet/SAR3/KPI3.1/3.1-1-10.pdf.

[2] เรวัฒน์ เติมกล้า ชูชาติ พยอม ทรงศักดิ์ มิ่มกระโทก และ สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. (2559). การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชน. **มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.** 6 (1), 91-101.

[3] ภทพร ศรีโกตะเพชร เมตตา สิรีสุข และ อุรารมย์ จันทมาลา. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากมูลช้าง. **วิถีสังคมมนุษย์.** 5 (1), 113-134.

[4] มยุรี เรืองสมบัติ ยุวดี พรธาราพงศ์ ทินวงษ์ รักอิสสระกุล และ มัณฑนา ทองสุพล. (2552). *การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้างเพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.* (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร).

[5] กิติยา โต๊ะทอง และ ธิดามาศ ขำสว่าง. (2562). กระถางปลูกต้นไม้จากฟางข้าวและเศษใบไม้แห้ง. **ราชภัฏธนบุรี รับใช้สังคม.** 1-14.

[6] บุณยภู มาโต และ ธนัชชา สำราญ. (2561). **กระถางต้นไม้จากมะพร้าว.** วิทยานิพนธ์ ศิลปศาสตรบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม.

[7] ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง มาริสา จินะดิษฐ์ วราภรณ์ ธนักุลรังสรรค์ สุรัตน์ บุญพึ่ง จิรพล กลิ่นบุญ ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วังสะจันทานนท์. (2548). **กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศสาตรบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

[8] วรรณวิภา ไชยชาญ, วีระศักดิ์ ไชยชาญ และ เอนก สาวะอินทร์. (2560). **กระถางเพาะชำจากกากกาแฟปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศสาตรบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[9] เตือนใจ ปิยัง, วรรณวิภา ไชยชาญ และ กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. (2561). การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.** 10 (3), 497-511.

[10] ปรัชวนี พิบำรุง และ อันธิกา หุ่นโสภา. (2562). การพัฒนากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวา. **วิทยาศาสตร์เกษตร.** 50 (2), 117-120.

[11] กิตติชัย โสพันนา, วิชชุดา ภาโสม, กนกวรรณ วรดง และ อนันตสิทธิ์ ไชยวังราช. (2558). การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางเพาะชำชีวภาพ. **SNRU Journal of Science and Technology.** 7 (2), 1-7

[12] สายจิต ดาวสุโข และ โสรญา รอดประเสริฐ. (2558). การพัฒนาคุณภาพดินโดยใช้ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. **Bulletin Of Applied Sciences.** 4 (4), 95-102.

[13] รัตถชล อ่างมณี, กัญจน์นรี ช่วงฉ่ำ และ อรรณพ หอมจันทร์. (2560). สมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษข้าวโพด และศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน. **วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.** 12 (1), 53-63.

[14] ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และ อรสา สุกสว่าง. (2556). การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. **สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์.** 39 (2), 212-225.

[15] ภราภรณ์ เหล็กสูงเนิน, วรชาติ วิศวพิพัฒน์ และ ดาวจรัส เกตุโรจน. (2560). ผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบต่อสภาพการละลายของจุลธาตุอาหารพืชและการเจริญเติบโตของข้าวทีปลูกในดินเนื้อปูน. **พืชศาสตร์สงขลานครินทร์.** 4 (3), 65-74.

[16] ชัชวินทร์ นวลศรี, จักรกฤช ศรีละออ, คงเดช พะสีนาม, ธันวมาส กาศสนุก, ปุณณดา ทะรังสี และนนทพร รัตนจักร์. (2563). การพัฒนากระถางต้นไม้ชีวภาพจากฝุ่นผงใบยาสูบร่วมกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก. **แก่นเกษตร.** 48 (1), 1003-1010.

[17] เตือนใจ ปิยัง และ ระริน เครือวรพันธุ์. (2562). การสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือทิ้งในการแปรรูปทางจากชุมชนบ้านแหลม จังหวัดตรัง. **วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่.** 11 (6), 503-517.

[18] จุฑามาศ แก้วมณี. (2563). การผลิตกระถางต้นไม้ย่อยสลายได้จากกากตะกอนโรงงานยางพาราร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งจากก้อนเชื้อเห็ดและทะลายปาล์ม. **ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports.** 24 (1), 84-93.

[19] วรรณวิภา ไชยชาญ และอเนก สาวะอินทร์. (2561). “การผลิตและสมบัติของกระถางเพาะชำชีวภาพจากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย” , ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 28 ประจำปี 2561**. วันที่ 8-9 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมบีพี สมิหลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ

การวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล

Analysis of patterns and use of language in advertising environmentally friendly products made from biomass materials

ทิพารัตน์ สหตรงจิตร[1], ลักขณา พันธุ์แสนศรี[1] และ ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี[1*]

Tiparad Sahatrongjit[1], lukkhana Punsaensri [1]and Tammasak Punsaensri[1*]

[1] มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

Email: tammasak@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์วิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการสำรวจด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ กระถางย่อยสลายได้และบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร ตั้งแต่เดือน มกราคม 2564 ถึง เดือน ธันวาคม 2564 รวมทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ส่วนสุดท้ายวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล

ผลการวิจัย พบว่า ข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ลักษณะการเขียนข้อความโฆษณา ได้แก่ การเข้าเรื่องทันที การเล่าเรื่อง การแสดงเหตุผล และการใช้ภาพหรือคำบรรยายประกอบ 2) การใช้จุดเร้าใจในสาร ได้แก่ การใช้จุดจับใจเรื่องการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย การย่อยสลายได้ ราคาและโปรโมชั่น และ 3) การใช้รูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ ได้แก่ การมุ่งสร้างความน่าเชื่อถือ การเน้นจุดขาย การใช้จุดเด่นของผลิตภัณฑ์ การให้ข้อมูล และการให้ความรู้เกี่ยวกับตัวสินค้า ส่วนลักษณะการใช้ภาษาในข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลที่ดึงดูดความสนใจและจูงใจผู้บริโภค พบว่า มี 3 ลักษณะ คือ การใช้ภาษาเพื่อแสดงจินตภาพ การใช้ภาษาเพื่อสร้างภาพลักษณ์ และการใช้ภาษาเพื่อเสนอเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ภาษาที่ปรากฏในข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลสะท้อนให้เห็นถึงวัฒนธรรมการบริโภคในสังคมสมัยใหม่ ที่ผู้บริโภคถูกครอบงำให้บริโภคสินค้าโดยผ่านกระบวนการสร้างความหมายทางสัญญะ ที่ทำให้การใช้ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลกลายเป็นการใช้ผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าให้กับวัสดุชีวมวล ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และสร้างคุณค่าทางจิตใจให้แก่คนในสังคมปัจจุบัน

คำสำคัญ: ภาษา, โฆษณา, ผลิตภัณฑ์, สิ่งแวดล้อม, ชีวมวล

บทนำ

จากวิกฤตฝุ่นละอองและควันพิษที่เกิดขึ้นในฤดูแล้งของทุกปีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งสาเหตุสำคัญคือ การเกิดไฟป่า โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง เพราะเป็นสังคมป่าผลัดใบที่ตั้งอยู่ในระดับความสูง 400-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล สภาพอากาศร้อนแห้งแล้ง และอยู่ใกล้กับชุมชน [1] และการเผาวัสดุในพื้นที่การเกษตร โดยไฟที่เกิดขึ้นจะเป็นไฟผิวดินที่ลุกลามเผาไหม้เชื้อเพลิงบนผิวดินเป็นหลัก โดยเชื้อเพลิงได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้าแห้ง ฟางข้าวข้าว ต้นข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จะแห้งและกลายเป็นเชื้อไฟอย่างดี (ภาพที่ 1) โดยการเผาไหม้แต่ละครั้งจะทำให้เกิดฝุ่น

รหัสบทความ E09-202208160011

ละอองสะสมอยู่ในอากาศ และค่าฝุ่นละอองเหล่านี้จะเกิดเป็นปัญหาหมอกควันพิษที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อประเทศชาติ โดยเฉพาะการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม พบว่า มีการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (ภาพที่ 2) ซึ่งมียี่ห้อและประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลาย มีการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติโดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อยนำมาทำภาชนะ [2] ยังมีผู้ศึกษาการทำภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [3] ศึกษาการผลิตเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากใบไม้ [4] และ ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง [5] แต่พฤติกรรมการบริโภคบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมนั้น ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป สาเหตุหนึ่งเนื่องจากผู้บริโภคมีปัจจัยต่าง ๆ มากมายที่มีอิทธิพลในการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมและบริการโดย ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการซื้อของผู้บริโภคแต่ละคนจะแตกต่างกัน เช่น ความรู้และความเข้าใจในบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย [6] ยังมีผู้ศึกษาการรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [7] และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการบริโภคกาแฟ: กรณีศึกษา ประชาชนในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ [8]



ภาพที่ 1 เชื้อเพลิง (ใบไม้, กิ่งไม้, หญ้าแห้ง, ฟางข้าว, ต้นข้าวโพด) ที่ถูกไฟไหม้

ที่มา : https://www.thairath.co.th/news, 2563



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [5]

ปัจจุบันมีกระแสนิยมในสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นในประเทศไทยอีกทั้ง รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการเลือกซื้อสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการรณรงค์ให้เห็นถึงความสำคัญของการบริโภคกับการก่อปัญหาสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ทันสมัย และรูปแบบการทำการตลาดมีส่วนช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าและบริการ เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ ข้อความในการโฆษณาสินค้า ใช้ภาพหรือคำบรรยายประกอบ และการใช้งานกราฟฟิก เป็นต้น ดังนั้น จากปัญหาดังกล่าวและแนวโน้มการเจริญเติบโตในธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทำให้ธุรกิจทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กได้เล็งเห็นถึง ความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและโอกาสในการขยายธุรกิจ จึงนำมาสู่การวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล ซึ่งจะช่วยลดปริมาณเชื้อเพลิงในพื้นที่ป่าและพื้นที่การเกษตร ลดการปลดปล่อยฝุ่นละอองและควันพิษสู่สิ่งแวดล้อม การใช้ภาษาในการโฆษณาที่เหมาะสม สามารถเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังช่วยให้ความรู้ ความเข้าใจและแนวโน้มตลาดผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

กรอบในการวิเคราะห์รูปแบบและการใช้ภาษาในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล ทั้งในด้านวัจนภาษาและอวัจนภาษา คือ 1). แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นมิตรกับ

สิ่งแวดล้อม 2). แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสาร และ 3). แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการโฆษณา โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อความโฆษณา โดยใช้เว็บไซต์ www.google.co.th ค้นหาคำว่า “ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม” แล้วเลือกเก็บข้อมูล จากเว็บไซต์ส่วนตัวของผู้ประกอบการด้าน ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยทำจากวัสดุชีวมวล ซึ่งจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็นเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง รวมทั้งหมดจำนวน 20 ตัวอย่าง

2. ตรวจสอบข้อมูลที่ปรากฏในเว็บไซต์แต่ละแห่ง เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงและความคงอยู่ของเว็บไซต์แต่ละแห่ง เนื่องจากผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล แต่ละแห่งอาจปรับเปลี่ยนรายละเอียดของข้อความและบางแห่งอาจเข้าถึงไม่ได้เนื่องจากครบกำหนดสัญญาการเช่าพื้นที่บนอินเตอร์เน็ตโดยใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบตั้งแต่เดือน มกราคม 2564 ถึง เดือน ธันวาคม 2564

3. แยกประเภท จัดหมวดหมู่ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และวิเคราะห์หาโครงสร้างการนำเสนอเนื้อหา และรูปแบบในการนำเสนอเนื้อหาของข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล

4. ทำแบบสอบถามกลุ่มผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เมื่อได้เห็นภาษาที่ใช้โฆษณา พร้อมวิเคราะห์กลวิธีการใช้ภาษาในโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล และนำเสนอผลการวิเคราะห์แบบพรรณนาวิเคราะห์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อความโฆษณาจัดเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการโฆษณา เพราะในการโฆษณาแต่ละประเภทย่อมประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น พาดหัว ข้อความโฆษณา รูปภาพ ฯลฯ ข้อความโฆษณาจึงมีหน้าที่หลักในการสร้างความเข้าใจ ประสานความคิด มุ่งเสนอสาระหรือประเด็นสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสื่อสารให้ผู้บริโภคได้รับทราบและจูงใจให้เกิดการบริโภคสินค้าตามมา จากการศึกษาลักษณะการเขียนข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล พบว่า องค์ประกอบทางโครงสร้างของข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล ส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ พาดหัว ข้อความโฆษณา และภาพ ซึ่งข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลบางแห่งอาจปรากฏเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง แต่ข้อความโฆษณาของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลอาจปรากฏหลายส่วน อย่างไรก็ตามไม่ได้มีข้อกำหนดตายตัวในเรื่องนี้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างโครงสร้างของข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ที่มา : https://www.lazada.co.th, 2565

การพาดหัว (Headline) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของข้อความโฆษณาเพราะเป็นส่วนแรกที่ปรากฏสู่สายตาของผู้บริโภค และสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้บริโภคให้เกิดความต้องการหรือความอยากรู้อยากเห็นในรายละเอียดของข้อความโฆษณาที่เกี่ยวข้องกับสินค้าหรือบริการนั้น ๆ การพาดหัวที่ดีจึงควรใช้ข้อความที่สะดุดตา สะดุดใจและมีประสิทธิภาพในการเร้าความสนใจผู้บริโภคได้อย่างรวดเร็ว จากการศึกษา พบว่า การพาดหัวเพื่อนำไปสู่ข้อความโฆษณาหรือข้อความที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับตัวสินค้าในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล โดยมีการ

พาดหัวแบบประเภทชื่อ (Identification Headline)เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นการใช้ชื่อสินค้าหรือชื่อบริษัทขึ้นต้นเป็นพาดหัว เพื่อเน้นย้ำให้ผู้บริโภคสามารถจดจำได้แม่นยำยิ่งขึ้น เช่น “กระถางทำจากใยมะพร้าว” “กระถางกระดาษ” และ “จานใบจาก” เป็นต้น รองมาคือ การพาดหัวที่เสนอผลประโยชน์โดยตรง (Direct Benefit Headline) ซึ่งเป็นการพาดหัวเพื่อบอกถึงคุณสมบัติโดยตรงของสินค้า โดยจะเน้นถึงประโยชน์และความพึงพอใจที่ผู้บริโภคจะได้รับจากสินค้า เช่น “กระถางรักษ์โลก” “กาบหมากรักษ์โลก” และ “จานรักษ์โลก” เป็นต้น

ข้อความโฆษณา (Body copy) เนื้อหาของข้อความโฆษณาถือเป็นหัวใจสำคัญในการเขียนโฆษณา เพราะเป็นส่วนที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ หรือ ไม่ซื้อสินค้าของผู้บริโภค ข้อความโฆษณามีเนื้อหาบรรยายสรรพคุณเกี่ยวกับตัวสินค้าและให้เหตุผลแก่ผู้บริโภคในการซื้อสินค้า นอกจากนี้เนื้อความโฆษณายังรวบรวม แจกแจง จุดขายทั้งหมดของสินค้าเพื่อชักจูงให้ผู้บริโภคคล้อยตาม หรือชักชวนให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการซื้อสินค้า จากการศึกษา พบว่า ลักษณะการเขียนข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล สามารถ จำแนกได้เป็น 5 ประเภท คือ

1 แบบเข้าเรื่องทันที เป็นการเขียนข้อความโฆษณาแบบตรงไปตรงมา คือ กล่าวถึงรายละเอียดและลักษณะของสินค้าอย่างตรงๆ ไม่อ้อมค้อม โดยเรียงลำดับความสำคัญจากต้นจนจบอย่างกระชับ และติดต่อสัมพันธ์กับพาดหัวมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคให้มากที่สุด เพราะการเปิดโอกาสให้ผู้บริโภคได้รู้จักตัว สินค้า จะมีส่วนช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการที่จะสัมผัสกับสินค้านั้น ๆ เช่น “ปลูกลงดินได้เลย” “กระถางมีน้ำหนักเบา แข็งแรง” และ “ทำจากใยมะพร้าว ตัดแบ่งใช้งานได้ ฝังลงดิน ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ” เป็นต้น

2 แบบเล่าเรื่อง เป็นการเขียนข้อความโฆษณาที่มีลักษณะเป็นการเล่าเรื่องอาจเป็นการเล่าเหตุการณ์ ความเป็นมา ให้ผู้บริโภคได้รับทราบ โดยเรื่องที่เล่านั้นจะมีสินค้าที่กำลังโฆษณาเข้าไปเกี่ยวข้องอยู่ด้วย การเขียนข้อความโฆษณาในลักษณะนี้จะก่อให้เกิดความรู้สึกเป็นจริงเป็นจัง สร้างความน่าเชื่อถือ และความเชื่อมั่นในตัวสินค้าให้แก่ผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี เช่น “กระถางทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ” “จานใบจากใช้วัสดุที่จากท้องถิ่น เป็นภูมิปัญญาของคนภาคใต้ กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้ให้กับกลุ่มผู้ผลิตในพื้นที่ อ.ปะเหลียน ” และ “กระถางผลิตจากต้นข้าวโพด ช่วยลดการเผา ลดมลพิษทางกาศ สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน” เป็นต้น

3. แบบแสดงเหตุผล เป็นการบอกถึงเหตุผลว่า ทำไมผู้บริโภคจึงควรเลือกซื้อสินค้าดัง กล่าว โดยกล่าวถึงจุดเด่นและอรรถประโยชน์ต่าง ๆ ของสินค้า เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคที่กำลังรู้สึกลังเลหาเหตุผลในการซื้อสินค้าไม่ได้ หรือ ในสถานการณ์ที่ต้องการกระตุ้นให้ผู้บริโภคเปลี่ยนใจหันมาเลือกใช้ซื้อสินค้าหรือบริการ เช่น “ลดการใช้โฟมและพลาสติกที่ย่อยสลายยาก” “ลดการเผา เพิ่มมูลค่าวัสดุชีวมวลพร้อมยกระดับคุณภาพชีวิตให้กับชุมชน” และ “ถ้าคุณต้องการช่วยดูแลสิ่งแวดล้อม...ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีคำตอบเพราะเป็นผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุธรรมชาติ ย่อยสลายได้เอง และลดปริมาณขยะพลาสติก” เป็นต้น

4. แบบภาพหรือคำบรรยายประกอบ เป็นการสื่อความหมายโดยอาศัย ภาพที่น่าสนใจ ส่วนคำบรรยายใต้ภาพประกอบการเขียนเนื้อเรื่อง ซึ่งเหมาะกับสินค้าที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือ ผู้บริโภครู้จักเป็นอย่างดีหรือเป็นสินค้าที่มีระดับการโฆษณาจึงไม่จำเป็นต้องพรรณนาถึงคุณภาพ หรือคุณสมบัติของสินค้ามากนักเพราะมีภาพเป็นตัวนำความสนใจอยู่แล้ว เพียงแค่เขียนคำบรรยายเพิ่มเติมให้น่าสนใจและจูงใจผู้บริโภคเท่านั้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ภาพผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
ที่มา : https://www.lazada.co.th, 2565

5. ภาพโปรโมชั่น เป็นภาพที่แสดงการจัดโปรโมชั่นของสินค้าในราคาพิเศษ เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคที่ต้องการความคุ้มค่าในสินค้า โดยจะมีรายละเอียดของสินค้า เช่น ยกลังลดราคา แถมจำนวนผลิตภัณฑ์ ฟรีค่าจัดส่ง ฯลฯ บรรยายไว้พอสังเขป หากผู้บริโภคสนใจอยากติดตามรายละเอียดทั้งหมดก็ต้องติดตามต่อในหน้าถัดไป (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 โปรโมชั่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ที่มา : https://shopee.co.th, 2565

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่า ลักษณะการใช้ภาษาในข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวล มีความสอดคล้องกับกลวิธีการใช้ภาษาในข้อความโฆษณา [9] ซึ่งจะประกอบด้วยข้อความพาดหัวและข้อความโฆษณา โดยลักษณะการใช้ภาษาในข้อความโฆษณาจะช่วยในการดึงดูดความสนใจและจูงใจผู้บริโภค มี 3 ลักษณะ คือ การใช้ภาษาเพื่อแสดงจินตภาพ การใช้ภาษาเพื่อสร้างภาพลักษณ์ และการใช้ภาษาเพื่อเสนอเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความสอดคล้องกับกลวิธีการใช้ภาษาในการโฆษณาทางโทรทัศน [10] และ กลวิธีการนำเสนอและการใช้ภาษาของโฆษณาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ [11] ที่มีการประยุกต์ใช้ภาษาในการโฆษณาโดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การใช้ภาษาในการตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ การใช้ภาษาบอกลักษณะของผลิตภัณฑ์ และ การใช้ภาษาเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยทำให้ผู้บริโภครู้รายเอียดสินค้าและมีความสนใจใสสิค้ามากขึ้น และเมื่อแบ่งประเภทประโยคที่จำแนกตามเจตนาผู้ส่งสารแล้วสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ ประโยคแสดงชื่อสินค้า ประโยคแสดงข้อมูล ประโยคชักชวน และประโยคบอกเล่า โดยพบว่า มีการใช้ประโยคแสดงชื่อสินค้าและประโยคชักชวน และประโยคบอกเล่า ในส่วนที่เป็นพาดหัวหลัก (Headlines) เพื่อดึงดูดความสนใจมากกว่าประโยคแสดงการให้ข้อมูล ซึ่งมีความสอดคล้องกับการใช้ภาษาในสื่อโฆษณารถยนต์ญี่ปุ่น [12] ที่ว่ามีการใช้ประโยคประโยคชักชวน ในส่วนที่เป็นพาดหัวหลักมากกว่าประโยคแสดงการให้ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์จากวัสดุชีวมวล ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ 1). ลักษณะการเขียนข้อความโฆษณา ได้แก่ การเข้าเรื่องทันที การเล่าเรื่อง การแสดงเหตุผล และการใช้ภาพหรือคำบรรยายประกอบ 2). การใช้จุดเร้าใจในสาร ได้แก่ การใช้จุดจับใจเรื่องการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย การย่อยสลายได้ ราคาและโปรโมชั่น และ 3). การใช้รูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ ได้แก่ การมุ่งสร้างความน่าเชื่อถือ การเน้นจุดขาย การใช้จุดเด่นของผลิตภัณฑ์ การให้ข้อมูล และการให้ความรู้เกี่ยวกับตัวสินค้า

2. ลักษณะการใช้ภาษาในข้อความโฆษณาผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากวัสดุชีวมวลที่ดึงดูดความสนใจและจูงใจผู้บริโภค มี 3 ลักษณะ คือ การใช้ภาษาเพื่อแสดงจินตภาพ การใช้ภาษาเพื่อสร้างภาพลักษณ์ และการใช้ภาษาเพื่อเสนอเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์

3. ประเภทประโยคที่จำแนกตามเจตนาผู้ส่งสารแล้ว สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ ประโยคแสดงชื่อสินค้า ประโยคแสดงข้อมูล ประโยคชักชวน และประโยคบอกเล่า โดยพบว่า มีการใช้ประโยคแสดงชื่อสินค้าและประโยคชักชวน และประโยคบอกเล่า ในส่วนที่เป็นพาดหัวหลัก (Headlines) เพื่อดึงดูดความสนใจมากกว่าประโยคแสดงการให้ข้อมูล

4. กลุ่มผู้บริโภคในจังหวัดแพร่มีการตัดสิ้นใจซื้อผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเมื่อได้เห็นภาษาที่ใช้โฆษณา คิดเป็น 75% ซึ่งจะสามารถช่วยลดการใช้พลาสติกหรือโฟมได้มากกว่า 375 ชิ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดแพร่ ที่ให้คำปรึกษา ข้อมูล ห้องสมุดมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่อำนวยความสะดวกในการค้นคว้าจากเอกสาร วารสาร สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

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

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

[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 from http://www.satunatc.ac.th.

[5] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และคณะ. (2564). **ผลของอุณหภูมิต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้จากใบยางพลวง.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ, จังหวัดแพร่, ระหว่าง วันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2564

[6] ชุลีกร และคณะ. (2562) **ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย**. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2562

[7] จริยา ศรีจรูญ. (2559**). การรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.** วารสารวิชาการเซาธ์อีสท์บางกอก (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 (2016): กรกฎาคม – ธันวาคม 2559.

[8] จุฬาลักษณ์ เกษมจิตร. (2561) **ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการบริโภคกาแฟ: กรณีศึกษาประชาชนในพื้นที่เทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.** การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ และนานาชาติครั้งที่10.

[9] พนมพร นิรัญทวี. (2551). **กลวิธีการใช้ภาษาในข้อความโฆษณา: ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ภาษา.** *วรรณวิทัศน์, 8* (พฤศจิกายน), 89-145.

[10] พระมหาสันติราษฎร์ ฌานสนฺติ (พวงมลิ). (2562). **กลวิธีการใช้ภาษาในการโฆษณาทางโทรทัศน์.** วารสารมหาจุฬาวิชาการ ปีที่ ๖ ฉบับพิเศษ, 238-250.

[11] วิริยวิศศ์ มงคลยศ. (2560). **กลวิธีการนำเสนอและการใช้ภาษาของโฆษณาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพประเภทฟังก์ชันนัลดริงก์ในสื่อเฟซบุ๊ก.** วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาภาษาไทย คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[12] อัจฉรา จูงกลาง และ ขวัญจิรา เสนา. (2563). **การใช้ภาษาในสื่อโฆษณารถยนต์ญี่ปุ่น: กรณีรถยนต์ TOYOTA PRIUS กับรถยนต์ HONDA FIT.** วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 มกราคม-มิถุนายน 2563

ถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารในครัวเรือนระบบเติมอากาศ

Organic fertilizer composting bin from household food waste with aeration system

แสนวสันต์ ยอดคำ[1*] ธนวัฒน์ งอนจัตุรัส[1] ธันวา สระสม[1] สุรัตน์ แม้นพ่วง[1]
ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร[2] และ ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร[3]
[1] หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2] หลักสูตรวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Email: sanwasan@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารด้วยระบบการเติมอากาศสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยถังหมักที่ออกแบบมีขนาด 180 ลิตร รูปทรงสี่เหลี่ยม โครงสร้างของตัวถังหมักทำจากสแตนเลส การทำงานของถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จะมีปั๊มลมส่งอากาศเข้าสู่ถังหมักตามท่อที่อยู่ด้านล่างของถัง เพื่อเติมออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์ภายในถัง บริเวณด้านล่างของถังหมักออกแบบให้มีวาล์วระบายน้ำส่วนเกินออกจากถัง ในส่วนของการศึกษาประสิทธิภาพของถังหมัก ได้ทำการทดลองหมักเศษอาหารร่วมกับวัสดุผสม โดยมีสัดส่วนผสมวัสดุในการหมัก ได้แก่ เศษอาหารต่อเศษใบไม้ต่อมูลโค ในสัดส่วน 1:3:1 โดยปริมาตร โดยมีระยะการหมัก 15 วัน ในแต่ละวันจะเติมอากาศด้วยปั๊มลมเข้าภายในถังหมักวันละ 4 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที ทุก 6 ชั่วโมง ด้วยอัตราการไหล 70 ลิตรต่อนาที ทำการบันทึกข้อมูลทุกวัน ได้แก่ อุณหภูมิบรรยากาศ และอุณหภูมิวัสดุในถังหมัก เมื่อหมักครบ 15 วัน จะนำปุ๋ยอินทรีย์ในถังหมักไปตรวจวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติและปริมาณธาตุอาหาร

จากผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในถังหมักในช่วง 10 วันแรกจะค่อยๆ สูงขึ้น โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 42 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิในถังหมักจะค่อยๆ ลดลง ผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติและธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักครบ 15 วัน พบว่าค่าผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) มีค่าเท่ากับ 2.35% ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 34.80% ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3.41 ds/m ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเท่ากับ 7.05 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีค่าเท่ากับ 14.34 และค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 95.04% ซึ่งค่าคุณสมบัติและธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักในถังหมักปุ๋ยอินทรีย์จากเศษอาหารในครัวเรือนระบบเติมอากาศทุกค่ามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศ ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักได้ พบว่าลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์ภายในถังหมักจะมีสีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่น ไม่พบเศษอาหารและเศษวัสดุผสมเหลืออยู่ในถัง

คำสำคัญ: ถังหมัก เศษอาหาร ปุ๋ยอินทรีย์

รหัสบทความ E10-202208300003

การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
Algorithm's Development of Smart Fertigation Systems for Cannabis Cultivation in Plant Factory

กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา[1], พิสิษฏ์ มณีโชติ[1], ธนายุทธ ช่างเรือนงาม[2], ธนพล แสงสุวรรณ[3*]

[1] สาขาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริด มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2] สาขาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

[3] สาขาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Email : thanapon.sae@crru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้ระบบเพื่อผลิตกัญชา โดยมีการพัฒนาระบบ ติดตั้งระบบและทำการทดสอบระบบโดยวัดผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกในระบบปลูกพืชอัจฉริยะเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบเรือนกระ จก และทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยหาอัตราการคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน ผลการวิจัยพบว่าการปลูกกัญชาด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะและการปลูกในระบบเรือนกระจกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยการปลูกพืชแบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักดอกสดและดอกแห้งที่มากว่าการปลูกด้วยระบบเรือนกระจก และมีอัตราคืนทุนในการทำระบบคือ 2ปี 8 เดือน 27 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 6,106,530.31 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 30% และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.78 ทุกตัวชี้วัดผ่านเกณฑ์ทำให้ระบบนี้สามารถลงทุน และนำมาปลูกพืชกัญชาได้

คำสำคัญ: ระบบปลูกพืชอัจฉริยะ โรงเรือนปิด ระบบอัตโนมัติ

บทนำ

ประเทศไทยได้มีแผนแม่บทการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่ สอดคล้องตามนโยบายการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ให้น่าอยู่ มีความทันสมัย สอดคล้องกับ บริบท และโจทย์การพัฒนาของพื้นที่เป้าหมาย ให้เป็นเมืองอัจฉริยะที่แท้จริง มุ่งเน้นการพัฒนาในพื้นที่ที่มีศักยภาพ ไปสู่ความเป็นอัจฉริยะของเมืองตามบริบทของ พื้นที่ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล และพัฒนาหรือส่งเสริมให้เกิดสภาวะแวดล้อมของเมือง อัจฉริยะ ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานรูปแบบต่างๆ การส่งเสริมให้เกิดเครือข่ายของผู้มีส่วน เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ เอกชน เมือง และสถานศึกษา ทั้งนี้ได้แบ่ง รูปแบบของการพัฒนาออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มเมืองใหม่ และกลุ่มเมืองเดิม ตามบริบทการพัฒนาที่แตกต่างกัน [1]

การมุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจอัจฉริยะจะเป็นการพัฒนาเมืองที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในระบบเศรษฐกิจและบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมืองเกษตรอัจฉริยะ เมืองท่องเที่ยวอัจ ฉริยะ เป็นต้น

ระบบการทำเกษตรอัจฉริยะหรือเกษตรแม่นยำ ซึ่งเป็นระบบเกษตรชั้นสูงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่มากที่สุด รวมถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำระบบ AI และ IOT มาช่วยสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจบนฐานข้อมูลสารสนเทศที่ถูกต้อง ทำให้สามารถคาดการณ์ผลผลิตได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดความสูญเสีย ต้นทุน ปริมาณการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี น้ำ และลดการใช้แรงงานคน อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า [2]

รหัสบทความ E11-202208180001

ระบบให้ปุ๋ยและน้ำอัจฉริยะ เป็นการประสานการทำงานและวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างข้อมูลของสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ที่วัดได้จากสถานวัดภูมิอากาศย่อย และเซนเซอร์ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆในแปลงเพาะปลูก มาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อประกอบการตัดสินใจในการให้ปุ๋ยและน้ำ รวมทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนการเพาะปลูก และการวางแผนต้นทุนการผลิต โดยระบบให้ปุ๋ยและน้ำอัจฉริยะจำสามารถช่วยลดต้นทุนทางด้านแรงงาน ความตรงเวลา เพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิต และสามารถปรับตัวได้ไวตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ [3]

การปลูกกัญชาทางการแพทย์เป็นการปลูกพืชที่มีความต้องการควบคุมคุณภาพการผลิต ปริมาณสารตกค้าง และต้องใช้แรงงานในการดูแลสูง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ [4] การผลิตกัญชาทางการแพทย์มีการลงทุนสูงต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพ และปริมาณผลผลิตที่สูง การใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยเฉพาะระบบปลูกพืชอัจฉริยะสามารถที่จะช่วยควบคุมคุณภาพการผลิต เพิ่มปริมาณผลผลิต และลดต้นทุนที่เกิดจากการผลิต (แรงงาน และปัจจัยการผลิต) ทำให้การลงทุนในการผลิตมีโอกาสประสบผลสำเร็จ

ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้ระบบเพื่อผลิตกัญชาทางการแพทย์ หลังจากการวิจัยจะทำให้ได้ระบบให้ปุ๋ยและน้ำที่เหมาะสม และลดต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับเกษตรกร และหน่วยงานอื่นในการนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกกัญชาทางการแพทย์ และพืชอื่นๆต่อไป

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1 การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด

1.1 ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมระบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด

1.2 ทำการออกแบบอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด

1.3 ทำการสร้างและติดตั้งระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด

1.4 ทำการทดสอบระบบ และเก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชที่ปลูกด้วยระบบและแบบ Green houses โดยทำการทดลอง 3 แปลง แปลงละ 10 ต้นต่อระบบ (การทดลองแปลงละ 10 ต้น/ระบบจำนวน 3 ซ้ำ/ระบบ)

1.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบระบบปลูกพืชอัจฉริยะโดยการเปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตดอกกัญชาโดยใช้สถิติคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วย ANOVA

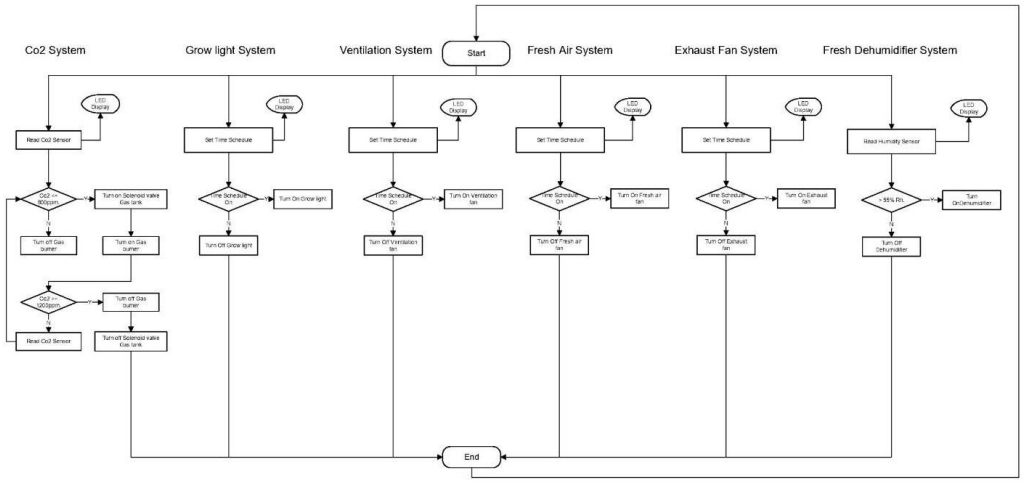
2 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล มีการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ต้นทุน รายจ่าย รายได้ การลงทุน และการเก็บข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) จากเอกสารรายงานทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ วารสาร และแหล่งข้อมูลออนไลน์ เช่น อัตราดอกเบี้ย (MRR)

2.2 ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดคือ อัตราระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาอัลกอริทึมของระบบปลูกในโรงเรือนปิด



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังการทำงานของระบบส่วนต่างๆ ภายในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ

จากภาพที่ 1 แสดงแผนผังการทำงานของระบบส่วนต่างๆ ภายในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ โดยจะมีการทำงานของระบบให้น้ำและปุ๋ย ตามอายุและช่วงเวลาการเติบโตของพืช และระบบควบคุมการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบควบคุมแสง ระบบควบคุมความชื้น ตามช่วงอายุและความต้องการของผู้ปลูกได้เช่น ช่วงทำต้น ช่วงทำดอก ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการแบะจำนวนรอบการปลูกตามความต้องการของผู้ปลูก

2 ผลการทดสอบระบบโดยการเปรียบเทียบระบบปลูกพืชอัจฉริยะกับการปลูกในเรือนกระจก

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลผลิตดอกกัญชาระหว่างระบบปลูกพืชอัจฉริยะกับการปลูกในเรือนกระจก

ประเภท	แปลงทดลอง	ค่าเฉลี่ย (ก.ก.)	Anova test	
		$(\overline{x} \pm SD)$	ค่า F ของ 3 แปลง	ค่า F ของ 6 แปลง
น้ำหนักสด	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 1	0.68 ± 0.20	1.630	17.827*
	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 2	0.81 ± 0.10		
	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 3	0.77 ± 0.18		
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 1	1.08 ± 0.15	0.316	
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2	1.12 ± 0.12		
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3	1.13 ± 0.15		
น้ำหนักแห้ง	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 1	0.27 ± 0.10	0.917	6.70*
	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 2	0.26 ± 0.05		
	ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 3	0.32 ± 0.03		
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 1	0.39 ± 0.01	1.14	
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2	0.43 ± 0.00		
	ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3	0.41 ± 0.03		

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละกลุ่มแต่งต่างกันที่นัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 1 ผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยพบว่า ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 1.13 ± 0.15 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.43 ± 0.00 เมื่อเทียบกับระบบเรือนกระจก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.81 ± 0.10 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 0.32 ± 0.03

รหัสบทความ E11-202208180001

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์อัตราคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน

ปีที่	รายได้	รายได้อัตราคิดลด	รายจ่าย	รายจ่ายอัตราคิดลด	รายรับสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม	การคืนทุน
0			-3399800.00				
1	3,286,000.00	3,030,666.36	1,842,000.00	1,698,870.19	1,331,796.17	1,331,796.17	-2,068,003.83
2	3,286,000.00	2,795,173.03	1,842,000.00	1,566,862.06	1,228,310.97	2,560,107.15	-839,692.85
3	3,286,000.00	2,577,978.35	1,842,000.00	1,445,111.42	1,132,866.93	3,692,974.08	293,174.08
4	3,286,000.00	2,377,660.46	1,842,000.00	1,332,821.23	1,044,839.23	4,737,813.31	1,338,013.31
5	3,286,000.00	2,192,907.97	1,842,000.00	1,229,256.38	963,651.58	5,701,464.89	2,301,664.89
รวม	32,860,000.00	21,632,826.46	18,420,000.00	12,126,496.15	9,506,330.31	NPV = 2,301,664.89	
				ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 8 เดือน 27 วัน			
				มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2,301,664.89 บาท			
				อัตราผลตอบแทนภายใน 30%			
				อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.78			

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการอายุ 5 ปี ปลูกกัญชา 4 รอบ/ปีอัตราคิดลดร้อยละ 8.45 พบว่า ระยะเวลาในการคืนทุนในการลงทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะคือ 2 ปี 8 เดือน 27 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 6,106,530.31 บาท ซึ่งมีมูลค่าเป็นบวกทำให้โครงการนี้สามารถลงทุนได้ และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการคือ 30% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย MRR ของธนาคารแห่งประเทศไทยทำให้โครงการสามารถลงทุนได้ และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1.78 มีค่ามากกว่า 1 ทำให้โครงการสามารถที่จะลงทุนได้

สรุปผลการวิจัย

ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีการทำงานของระบบให้น้ำและปุ๋ย ตามอายุและช่วงเวลาการเติบโตของพืช และระบบควบคุมการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบควบคุมแสง ระบบควบคุมความชื้น ตามช่วงอายุและความต้องการของผู้ปลูกได้เช่น ช่วงทำต้น ช่วงทำดอก ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการแบะจำนวนรอบการปลูกตามความต้องการของผู้ปลูก โดยผลการทดสอบระบบพบว่าผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยพบว่า ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 1.13 ± 0.15 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.43 ± 0.00 และมีอัตราคืนทุนในการทำระบบคือ 2ปี 8 เดือน 27 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 6,106,530.31 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 30% และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.78 ทุกตัวชี้วัดผ่านเกณฑ์ทำให้ระบบนี้สามารถลงทุน และนำมาปลูกพืชกัญชาได้ และระบบนี้สามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนปิดของพืชชนิดอื่นๆต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทจำกัด อิโนลีฟพลัส ที่สนับสนุนสถานที่ งบประมาณในการติดตั้ง ทดสอบ และทดลองระบบปลูกพืชอัจฉริยะ และการให้ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะ

รหัสบทความ E11-202208180001

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเมืองอัจฉริยะประเทศไทย. (2561). **รายงานผลการดำเนินการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ปี 2561**. สืบค้นจาก https://www.smartcitythailand.or.th/

[2] ณัฏฐกิตติ์ ปัทมะ. (2563). **การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะของประเทศไทย**. สำนักวิชาการสำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 10.

[3] มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร. (2562). **คู่มือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบการให้น้ำ Smart Farming ในสวนทุเรียน**. สืบค้นจาก http://www.thai-explore.net/search_detail/result/8294

[4] Martin Woodbridge. (มปป.). **ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์**. สืบค้นจาก https://mdresearch.kku.ac.th/files/cannabis/MedicainalCannabisBook_v4.pdf

[5] Somayeh Tohidyan Far and Kurosh Rezaei-Moghaddam. (2018). Impacts of the precision agricultural technologies inIran: An analysis experts' perception & their determinants. **INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE**, 5, 173–184.

[6] Tanee Sreewongchai and Sutkhet Nakasathien. (2019). **SMART PLATFORM FOR PRECISION AGRICULTURE IN THAILAND**. https://www.fftc.org.tw/upload/files/activities/20190603152320/SMART_PLATFORM_FOR_PRECISION_AGRICULTURE_IN_THAILAND.pdf

[7] Theofanis Gemtosa, S. Fountasa, A. Tagarakisa, and V. Liakosa. (2013). Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Handpicked Fruits. **Procedia Technology**, 8, 324 – 332.

[8] Na Lin, Xuping Wang, Yihao Zhang, Xiangpei Hu, and Junhu Ruan. (2020). Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things. **Journal of Cleaner Production**, 277.

[9] Won Suk Lee and Reza Ehsani. (2015). Sensing systems for precision agriculture in Florida. **Computers and Electronics in Agriculture**, 112, 2-9.

[10] เปรมปรี ณ สงขลา. 2544. **ระบบชลประทานน้ำน้อย: ปัจจัยกำหนดอนาคตชาวสวน. เอกสารประกอบการบรรยายในการ ฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบระบบให้น้ำแบบประหยัด แก่พืช รุ่นที่ 3**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 10 หน้า.

[11] อุดมพร เสือมาก. 2548. **ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการ เจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมังคุดนอกฤดูกาล**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์.

[12] อลงกต กองมรี และ พัชรี ยางยืน. (2558). **การผสมผสานการให้ปุ๋ยในระบบน้ำและภูมิอากาศเฉพาะแห่ง**. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[13] 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**. 14(1).

[14] สุวิทย์ สายสุธนาวิชญ์ และ นิวิท เจริญใจ. (2561). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหนักโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. **Naresuan Univerdity Engineering Journal**. 13(2), 80-98.

การตรวจสอบสมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

Investigation of corn cob biochar properties obtained by the pyrolysis process

ศศิประภา แก้วแดง[1] วิยงค์ กังวานศุภมงคล[2] กนิษฐา บุญภาวาณิชกุล[2] สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี[1] และ หทัยทิพย์ สินธุยา[1]

[1] สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50180

[2] ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

E-mail: hathaithip_nin@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสมบัติของถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดจากการเผา ด้วยเตาไพโรไลซิสขนาด 50 ลิตร สำหรับใช้เป็นวัสดุดูดซับ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณและแบบแยกธาตุ โดยทำการศึกษาเวลาในการเผาที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 15, 25, 35 และ 45 นาที ผลการทดสอบพบว่าการใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้ 35 นาที จะทำให้มีอุณหภูมิภายในเตาเผาสูงถึง 500 องศาเซลเซียส ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้จากเงื่อนไขการทดสอบดังกล่าวมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดที่ 389.09 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 78.86 และมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำ นอกจากนี้การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายนอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าถ่านชีวภาพซังข้าวโพดมีความเป็นรูพรุนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับซังข้าวโพดก่อนการเผาการได้วัสดุที่มีสมบัติต่างๆ ดังกล่าวจึงสามารถนำถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นวัสดุดูดซับทางธรรมชาติได้

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ ซังข้าวโพด ไพโรไลซิส

บทนำ

ข้าวโพดถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย ทั้งนี้ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งซังข้าวโพด ซึ่งมีปริมาณของเหลือทิ้งร้อยละ 30 ของผลผลิตข้าวโพด [1] ผู้เพาะปลูกโดยส่วนใหญ่มักใช้วิธีการกำจัดด้วยการเผาในที่โล่งแจ้ง ทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง จึงมีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแทนการเผาทิ้งที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ [2] เช่น การนำซังข้าวโพดไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน การส่งเสริมการนำซังข้าวโพดมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพสำหรับใช้ประโยชน์ [3] ถ่านชีวภาพเป็นถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส หรือการใช้ความร้อนสลายสารอินทรีย์โดยการจำกัดอากาศ [4] ถ่านชีวภาพมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดี เนื่องจากมีพื้นที่ผิวขรุขระ มีรูพรุนจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในอีกหลายด้าน เช่น ด้านการเกษตรสำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน ด้านพลังงานสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น [5] สำหรับงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาด้วยเตาไพโรไลซิส สำหรับใช้เป็นวัสดุดูดซับทางธรรมชาติ

วิธีการวิจัย

การเตรียมวัสดุดูดซับถ่านชีวภาพซังข้าวโพด

นำซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีขนาดความยาว 5 เซนติเมตร ตากแดดเป็นเวลา 2-3 วัน เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นเผาด้วยเตาไพโรไลซิสขนาด 50 ลิตร เป็นเวลา 15, 25, 35 และ 45 นาที โดยจะมีการวัด

อุณหภูมิภายในเตาเผาทุกช่วงเวลาด้วยเทอร์โมคัปเปิล Type K (โดยเริ่มจับระยะเวลาในการเผาตั้งแต่เริ่มให้ความร้อน) และนำถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้ไปทำการทดสอบการดูดซับไอโอดีนตามมาตรฐาน AST M D4607-94 โดยวิธีการไทเทรชันด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาที่เวลาต่างกันจะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย C และตามระยะเวลาการเผา (นาที) ได้แก่ C15 C25 C35 และ C45 ตามลำดับ

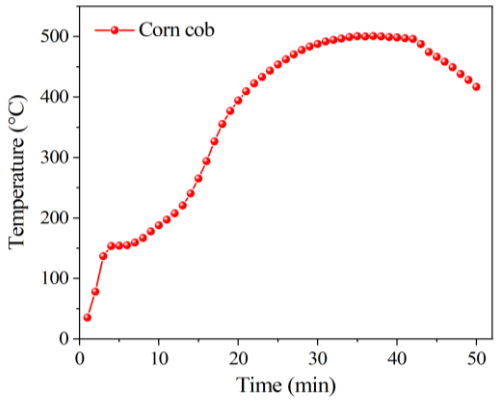
การวิเคราะห์สมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพด

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพดแบบประมาณ (proximate analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172-3175 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis) ด้วยเครื่อง Elemental analyzer LECO CHNS-932 and VTF-900 และศึกษาโครงสร้างลักษณะทางภายนอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM -IT300

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของระยะเวลาต่ออุณหภูมิในการเผาซังข้าวโพด

การเผาซังข้าวโพดด้วยเตาขนาด 50 ลิตร ที่ระยะเวลา 15, 25, 35 และ 45 นาที โดยผลการวัดอุณหภูมิภายในเตาเผา แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งมีอุณหภูมิ 265, 453, 500 และ 466 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยเมื่อระยะเวลาในการเผาเพิ่มขึ้นอุณหภูมิภายในเตาเผาจะมีค่าเพิ่มขึ้น และสำหรับอุณหภูมิการเผาสูงสุด 500 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิการเผาที่อยู่ในช่วงกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า [4]



ภาพที่ 1 อุณหภูมิภายในเตาเผาซังข้าวโพดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

2. การดูดซับไอโอดีน

การดูดซับไอโอดีนเป็นการหาพื้นที่ผิวของถ่านจากจำนวนมิลลิกรัมของสารละลายไอโอดีนที่ถูกดูดซับ จากการทดลองการดูดซับไอโอดีน ดังแสดงผลในตารางที่ 1 พบว่า เมื่อเวลาในการเผาเพิ่มขึ้นค่าการดูดซับไอโอดีนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเวลาการเผาไหม้เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นจะส่งผลให้พื้นที่ผิวของซังข้าวโพดเพิ่มขึ้น [2] จึงมีค่าการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนันทา ข้องสาย [6] ที่ทำการศึกษาการดูดซับโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบมวนยาสูบที่พบว่าเมื่อทำการเพิ่มระยะเวลา หรืออุณหภูมิการเผาจะทำให้ถ่านชีวภาพมีความสามารถในการดูดซับได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากพื้นผิวของวัสดุได้รับความร้อนจากการเผาไหม้จึงส่งผลให้เกิดรูพรุนในการดูดซับได้มากยิ่งขึ้น และจากงานวิจัยนี้พบว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเผาถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพด คือที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 นาที จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดที่ 389.09 มิลลิกรัมต่อกรัม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alsherbeny และคณะ [7] ที่ใช้อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในการไพโรไลซิสซังข้าวโพด เพื่อใช้เป็นวัสดุในการดูดซับสารกำจัดศัตรูพืชออกจากน้ำ

ตารางที่ 1 ผลการดูดซับไอโอดีนของถ่านซังข้าวโพด

วัสดุ	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
ซังข้าวโพด	ไม่เกิดการดูดซับ
C15	211.14 ± 1.16
C25	303.55 ± 4.61
C35	389.09 ± 3.46
C45	362.59 ± 3.94

3. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดแบบประมาณ และแบบแยกธาตุ

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณของซังข้าวโพด และถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่เผาด้วยเวลาต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า วัสดุเริ่มต้นซังข้าวโพดนั้นมีความชื้นและสารระเหยสูงกว่าถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาด้วยกระบวนการไพโรไลซิสที่เวลาต่าง ๆ โดยปริมาณสารระเหยแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีอยู่ภายในซังข้าวโพด แต่เมื่อได้รับความร้อนจากกระบวนการไพโรไลซิสสารระเหยภายในซังข้าวโพดจะมีค่าลดลง ส่วนปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้จะไปสลายสารประกอบภายในชีวมวลซังข้าวโพด เมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นทาร์หรือน้ำมันดินที่เกาะติดอยู่กับรูพรุนหรือพื้นผิวของซังข้าวโพดจะเกิดการสลายตัวได้มากยิ่งขึ้น [8] แต่หากอุณหภูมิหรือระยะเวลาในการเผาไหม้มากเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น และปริมาณคาร์บอนคงตัวลดลง [9] ในการทดลองครั้งนี้การเผาที่ระยะเวลา 35 นาที นั้นพบว่ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดร้อยละ 78.86 แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผาไหม้เป็น 45 นาที จะพบว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวจะลดลง และมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 75.42 และ 6.20 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเผาด้วยระยะเวลาดังกล่าวนี้เกินจุดสมดุลของการเผาไหม้ซังข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุศราวดี ชื่นทิม [2] ที่ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดด้วยเตาปฏิกรณ์ พบว่าหากอุณหภูมิการเผาไหม้เพิ่มขึ้นปริมาณของถ่านชีวภาพที่ได้จะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงจนเกินไปจะทำให้เกิดเป็นเถ้าค่อนข้างมาก

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดแบบประมาณ

ค่าการวิเคราะห์แบบประมาณ	ซังข้าวโพด	C15	C25	C35	C45
ความชื้น (ร้อยละ)	11.89	5.49	5.75	4.61	5.28
สารระเหย (ร้อยละ)	73.37	15.33	12.17	10.76	13.10
เถ้า (ร้อยละ)	1.17	4.12	5.41	5.77	6.20
คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	11.57	75.06	76.67	78.86	75.42

4. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดแบบแยกธาตุ

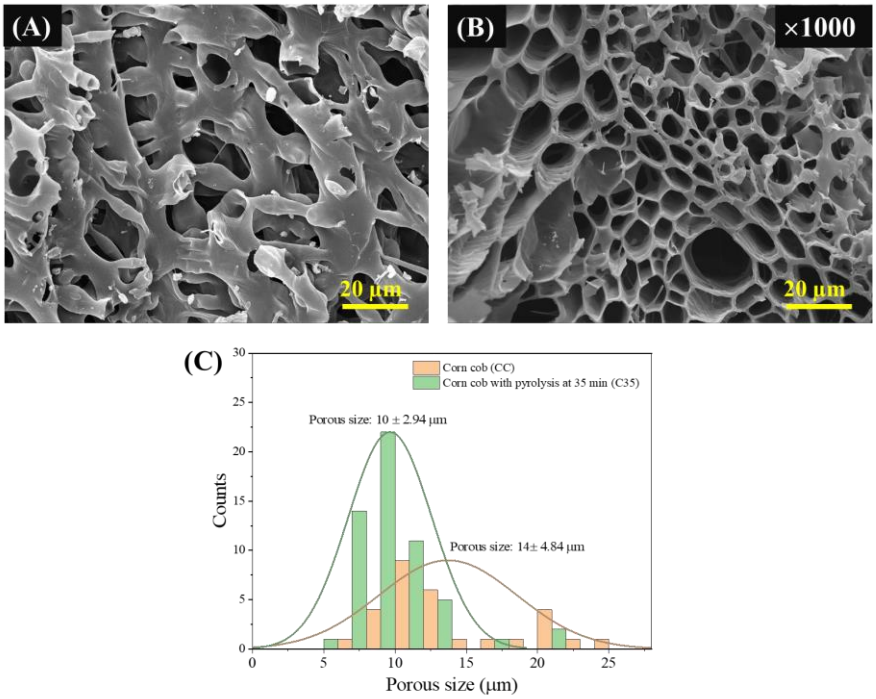
การวิเคราะห์แบบแยกธาตุของซังข้าวโพด และถ่านชีวภาพซังข้าวโพด แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ซังข้าวโพดมีคาร์บอนร้อยละ 48.45 เมื่อผ่านการเผาไหม้ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสจะมีคาร์บอนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 80-82 ในขณะเดียวกันจะมีปริมาณออกซิเจนลดลง โดยจะอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 เนื่องจากลิกนินภายในซังข้าวโพดเกิดการสลายตัวได้มากยิ่งขึ้น [2,10] แสดงให้เห็นว่าเมื่อซังข้าวโพดได้รับความร้อนชีวมวลจะเกิดการสลายตัว ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น [2,4]

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดแบบแยกธาตุ

ค่าการวิเคราะห์แบบประมาณ	ซังข้าวโพด	C15	C25	C35	C45
คาร์บอน (ร้อยละ)	48.45	80.35	80.58	81.16	82.07
ออกซิเจน (ร้อยละ)	45.36	15.72	17.69	16.95	16.15
ไฮโดรเจน (ร้อยละ)	5.86	0.31	0.21	0.28	0.26
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.25	1.47	1.37	1.46	1.38
ซัลเฟอร์ (ร้อยละ)	0.08	0.15	0.15	0.14	0.14

5. การศึกษาโครงสร้างลักษณะทางภายนอก

การศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของของซังข้าวโพด และถ่านชีวภาพซังข้าวโพด แสดงดังภาพที่ 2 (A) - (B) ซึ่งแสดงความแตกต่างของโครงสร้างภายนอกระหว่างซังข้าวโพดและถ่านชีวภาพ จากภาพถ่าย SEM แสดงขนาดรูพรุนโดยเฉลี่ยของซังข้าวโพดที่ 14±4.84 ไมครอน ขณะที่ซังข้าวโพดซึ่งผ่านกระบวนการไพโรไลซิสเป็นเวลา 35 นาที มีขนาดรูพรุนที่เล็กลงอยู่ที่ 10±2.94 ไมครอน ดังแสดงในแผนภาพไดอะแกรมของรูป 2(C) จากผลการทดลองซังข้าวโพดมีความแข็งแรงเนื่องจากมีโครงสร้างของลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เมื่อได้รับความร้อนจากกระบวนการไพโรไลซิสจะทำให้คาร์บอนที่ไม่เสถียร หรือสารระเหยเกิดการสลายตัว ซึ่งก่อให้เกิดรูพรุนที่พื้นผิวของถ่านชีวภาพมากยิ่งขึ้นหรือมีขนาดรูพรุนโดยเฉลี่ยที่เล็กลง แสดงถึงความสามารถในการดูดซับที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน [11]



ภาพที่ 2 (A) ลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของซังข้าวโพดก่อนเผา (B) ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า และ (C) ขนาดรูพรุนของถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาไพโรไลซิสเป็นเวลา 35 นาที ภายใต้กำลังขยาย 1000 เท่า

สรุปผลการวิจัย

ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดที่ได้จากการทดลองจะมีลักษณะมันวาว ดำสนิทนอกจากนี้ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดยังมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดร้อยละ 78.86 และปริมาณสารระเหยเพียงร้อยละ 10.76 อีกทั้งมีโครงสร้างภายนอกที่มีความเป็นรูพรุนสูงสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับที่ดี ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์ถ่านชีวภาพซังข้าวโพดจากการเผาด้วยกระบวนการไพโรไลซิสใช้ระยะเวลา 35 นาที ภายใต้อุณหภูมิในการเผา 500 องศาเซลเซียส ทำให้ถ่านชีวภาพมีรูพรุน

ที่พื้นผิวมากขึ้น ส่งผลให้สามารถตรวจจับค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดที่ 389.09 มิลลิกรัมต่อกรัมได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรชีวมวลเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมระบบเศรษฐกิจและแก้ไขปัญหามลพิษที่จะเกิดผลกระทบต่อโลกอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติตามสัญญารับทุนสนับสนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย เลขที่ SCA-CO-2561-7134TH ในโอกาสนี้ขอขอบคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนและเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พงษ์ภิญโญ ปัญโญใหญ่ ชูรัตน์ ธารารักษ์ กิตติกร สาสุจิตต์ นำพร ปัญโญใหญ่ และนิกราน หอมดวง. (2565). การผลิตและวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวภาพซังข้าวโพดเมื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดเคลื่อนที่. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน.** 5(1) 71-79.

[2] อุศราวดี ชื่นทิม. (2558). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการแยกสลายซังข้าวโพดด้วยความร้อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : เชียงใหม่.

[3] Gwenzi, W., Nhamo, C., Terrence, W., and Munyaradzi, M. (2021). Biochars as Media for Air Pollution Control Systems: Contaminant Removal, Applications and Future Research Directions. **Science of the Total Environment.** 753:142249.

[4] ประภัสสร รัตนไพบูลย์. (2562). **การพัฒนาถ่านชีวภาพโดยใช้ไพโรไลซิสแบบช้า สำหรับประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : เชียงใหม่.

[5] Simon, S., Saran, S., Stuart, H., David, M., and Ondrej, M. (2009). **Biochar, reducing and removing CO_2 while improving soils: A significant and sustainable response to climate change**.

[6] สุนันทา ข้องสาย. (2561). **การดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากมวนยาสูบ**. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[7] Alsherbeny, Sherif, Tarek S. Jamil, Sanaa A. M. El-Sawi, and Fawzy I. Eissa. (2022). Low-Cost Corn Cob Biochar for Pesticides Removal from Water. **Egyptian Journal of Chemistry**. 65(2):639–50.

[8] Ronsse, F., Hecke, S.V., Dickinson, D., and Prins, W. (2013). Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. **Global Change Biology Bioenergy.** 5, 104-115.

[9] Yan, C., Yu, J., Zhao, Y., and Zheng, M. (2017). Biomass burning sources in China. **In Air Pollution in Eastern Asia: An Integrated Perspective**. 135-166.

[10] Huang, Yanqin, Zhiguo Wei, Zejing Qiu, Xiuli Yin, & Chuangzhi Wu. (2012). Study on Structure and Pyrolysis Behavior of Lignin Derived from Corncob Acid Hydrolysis Residue. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 93:153–59.

[11] Purevsuren, B., Avid, B., Tesche, B. and Davaajav, Y. (2003). A biochar from casein and its properties. **Journal of Materials Science.** 38, 2347–2351.

การศึกษาศักยภาพของผลสำโรงสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

The Study on the Potential of Samrong (Sterculia foetida) Fruit Used for Biomass Fuel

ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล[1*] สุภกร บุญยืน[2] ภัทราวดี โชติจำลอง[1] และ ปวีณสุดา ยงเพชร[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
Email: tutanit@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาศักยภาพของผลสำโรงสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ทั้งการใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มโดยตรงและการนำไปผลิตเป็นถ่านผลสำโรง ผลการศึกษาพบว่า ผลสำโรงที่ตากแดด 7 วัน มีค่าความร้อนเท่ากับ 3.86 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม มีค่าความร้อนสูงกว่าแกลบ ฟางข้าว และซังข้าวโพด การนำผลสำโรงไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงจำเป็นต้องนำไปตากแห้งเพื่อลดความชื้นก่อน ซึ่งจะทำให้มีค่าความร้อนมากขึ้นกว่าผลสด และเมื่อนำผลสำโรงไปผลิตเป็นถ่านผลสำโรง โดยเผา ณ อุณหภูมิ 500, 700 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ถ่านผลสำโรงที่เผา ณ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมในการผลิตถ่านมากที่สุด เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่น้อยที่สุดที่ให้ผลผลิตถ่านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาที่อุณหภูมิอื่น โดยถ่านผลสำโรงที่ได้มีค่าความร้อนสูงสุดที่ 4.72 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

คำสำคัญ: ผลสำโรง ถ่าน เชื้อเพลิงชีวมวล

รหัสบทความ E13-202209150023

การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน

Design of the Rapid Shutdown Protection for Hybrid Renewable Energy Applications

ศุภวัฒน์ คำทิพย์[1] ไววิทย์ อุทัยเฉลิม[2] กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์[3] และ วิรชัย โรยนรินทร์[4]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

E-mail: supawatkamtip@rmutl.ac.th supawat_k@mail.rmutt.ac.th

[2]บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน) 1000/65,66,67 อาคาร พี.บี.ทาวเวอร์ชั้น 16 ซอยสุขุมวิท 71 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 E-mail: Waiwit_u@mail.rmutt.ac.th

[3]ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลวงหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110 E-mail: krischonme.b@en.rmutt.ac.th

[4]ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลวงหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110 E-mail: wirachai.r@en.rmutt.ac.th

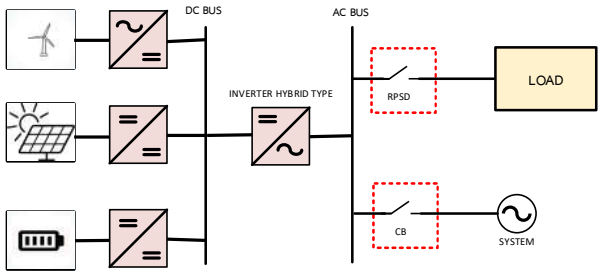
บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานโดยอ้างอิงปัญหาของเซอร์กิตเบรคเกอร์แบบการเคลื่อนที่ทางกล ดังนั้นจึงมีการออกแบบและจำลองสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานคือขั้นตอนการตรวจจับกระแสและแรงดันไฟฟ้าโดยการตรวจจับจะใช้การตรวจจับโดยใช้เทคนิคอาร์เอ็มเอส การตรวจจับค่ายอดและผลรวมของกระแสไหลเข้าและออก ขั้นตอนการสวิตช์ และขั้นตอนการทำงานเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ปัญหาการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันทั่วไปยังไม่สามารถแก้ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าได้ทั้งหมด ดังนั้นบทความนี้จึงได้ศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้สวิตช์อิเลคทรอนิกส์เป็นตัวตัดต่อวงจรและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและส่งสัญญาณ ภายใต้เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าตก แรงดันไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้ารั่ว การลัดวงจรและการอาร์ค โดยการตรวจจับและจำลองเหตุการณ์ แรงดันไฟฟ้าเกิน แรงดันไฟฟ้าตก กระแสไฟฟ้าเกินและกระแสไฟฟ้ารั่วจะใช้วิธีการตรวจจับแบบอาร์เอ็มเอส ส่วนการลัดวงจรจะใช้การตรวจจับค่ายอด และการตรวจจับอาร์คจะใช้วิธีการชี้วัดความแข็งแกร่งของสัญญาณด้านรับ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็ว ระบบพลังงานแบบผสมผสาน

บทนำ
การใช้พลังงานลมร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน หรือระบบไฮบริดจ์ (Hybrid System) จะเป็นระบบพลังงานร่วมโดยใช้งานร่วมกันระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม(5) และ ระบบแบตเตอรี่ ดังที่ทราบว่าระบบผลิตพลังงานแบบผสมผสานซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่แตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป แหล่งกำเนิดไฟฟ้าได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมผลิตไฟฟ้า ในกรณีนี้ระบบไฮบริดจ์จะหมายถึงระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตรวมไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ โดยมีแหล่งพลังงานหลักมาจากพลังงานหมุนเวียนอย่างน้อยหนึ่งชนิด การทำงานของระบบอธิบายได้ดังนี้ 1) ในเวลากลางวันเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์หรือจากลมเพียงพอ เซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม จะผลิตไฟฟ้าออกมา ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดย ไฮบริดอินเวอร์เตอร์ และส่งกำลังไฟฟ้า พลังงานที่ผลิตจากกังหันลมที่ผ่านวงจรเรียงกระแสจากกระแสสลับไปเป็นกระแสตรง หลังจากนั้นก็นำพลังงานเข้าไปสู่ไฮบริดจ์อินเวอร์เตอร์ กรณีที่หากมีไฟฟ้าเหลือใช้จากระบบ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยแบตเตอรรี่และประจุไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้ในเวลากลางคืนหรือในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์และไม่มีลม 2) ในเวลากลางคืนระบบไฮบริดจ์จะจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ โดยใช้ไฟฟ้าที่ประจุอยู่ในแบตเตอรี่ และไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม 3) ในกรณีที่ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่างๆ และพลังงานในแบตเตอรี่ ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะเดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ การทำงานทั้งหมดที่กล่าวมานั้นถูกควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรเลอร์



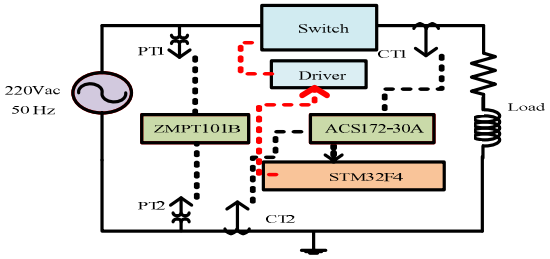
รูปที่ 1 ระบบไฮบริดจ์ใช้พลังงานแบบผสมผสาน

เมื่อกล่าวถึงเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีใช้อยู่ในอดีตและปัจจุบันจะนิยมใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าเมื่อระบบเกิดความผิดปกติอุปกรณ์จะต้องทำงาน แต่ปัญหาของการตรวจจับของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและอดีตจะสามารถป้องกันในสภาวะที่เกิดการลัดวงจรและกระแสเกินเท่านั้นไม่สามารถที่จะตัดวงจรหรือทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติ อาทิเช่น แรงดันผิดปกติ กระแสรั่ว [1]

การกล่าวอ้างถึงการป้องกันและปัญหาที่การป้องกันในอดีตที่ไม่สามารถป้องกันได้ทั้งหมด [2]ดังนั้นการศึกษาอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าสิ่งที่สำคัญและจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับ[3] อุปกรณ์ป้องกันเพื่อจำกัดพื้นที่ของปัญหาและลดความเสียหายและอันตรายที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า

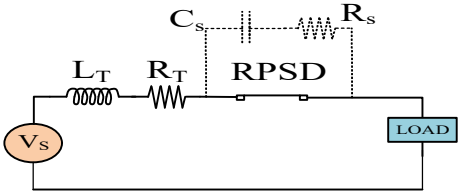
[4]บทความนี้มุ่งประเด็นศึกษาระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ กรณีที่แรงดันไฟฟ้าตก แรงดันไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้ารั่ว การลัดวงจร การอาร์ค ซึ่งส่วนการตรวจจับจะใช้หลักการแปลงกระแสและแรงดันให้เป็นสัญญาณและได้ทำการยกระดับสัญญาณเพื่อจะเข้าไมโครคอนโทลเลอร์

บทความนี้จึงนำเสนอการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วที่ใช้ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ส่วนที่ 2 กล่าวถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วส่วนที่ 3 กล่าวถึงการตรวจจับเมื่อเกิดความผิดปกติของแรงดันและกระแสโดยใช้วิธีการตรวจจับหลายชนิด ส่วนที่ 4 และส่วนที่ 5 กล่าวถึงการจำลองและการทดสอบของการทำงาน ของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วและสรุปการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วมีส่วนประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนการตรวจจับ ส่วนการสวิตช์และส่วนการควบคุม



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็ว

รูปที่ 2 ประกอบด้วยชุดการตรวจจับกระแสจะใช้แบบ Hall Effect แบบ ACS712-30A Current Sensor Module ชนิดกระแส 30-40 แอมแปร์ ความไว 66 มิลลิโวลต์ต่อแอมแปร์ การตอบสนอง 5 ไมโครวินาที แบนวิดธ์ 80 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณออกเป็นแบบอนาล็อก ส่วนชุดการตรวจจับแรงดันจะใช้ AC Volt Senser เบอร์ ZMPT101B Sigle Phase AC Voltage Transformer sensor Module ส่วนตัววงจรควบคุม จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์STM32F4โดยทำงานร่วมกับMatlab/Simulink เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น และสามารถโปรแกรมโดยใช้ Waijung Blocksets ในการต่อร่วมกับโปรแกรม Matlab/Simulinkส่วนการวิเคราะห์วงจรการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วจะมีการเริ่มต้นการทำงานจนกระทั่งมีการตัดวงจร ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้เป็นสมการคณิตศาสตร์ กระแส(1)และแรงดัน(2)แต่ละช่วงของโดเมนเวลาดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

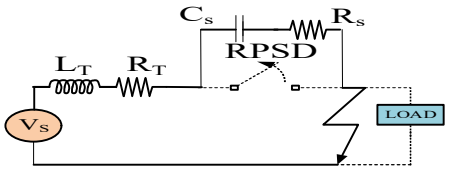


รูปที่ 3 อุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเริ่มทำงาน

$$V_s - I_s(R_T + R_L) = 0 \qquad I_0 = \frac{V_s}{R_T + R_L}$$

$$V_s = L_T \frac{dI_s(t)}{dt} + R_T I_s(t) \tag{1}$$

$$I_s(t) = I_f(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) - I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{2}$$



รูปที่ 4 อุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเมื่อตัดวงจร

$$R_{tot}\frac{dv_c(t)}{dt^2}+v_c(t)-v_s(t)=0 \tag{3}$$

$$v_c(t)=v_s-e^{-\alpha_2 t}\left[b\cos(\beta_2 t)-c\sin(\beta_2 t)\right] \tag{4}$$

$$i_s(t)=e^{-\alpha_2 t}\left[b\cos(\beta_2 t)-c\sin(\beta_2 t)\right] \tag{5}$$

เมื่อ (3)-(5) เป็นการพิสูจน์ให้เห็นการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วเมื่อมีการตัดวงจร ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้เป็นสมการคณิตศาสตร์ กระแสและแรงดันแต่ละช่วงของโดเมนเวลา

การตรวจจับ

จากการศึกษาวิธีการตรวจจับแรงดันด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้าทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ จะใช้วิธีการดังนี้

การตรวจจับแบบอาร์เอ็มเอส

การตรวจจับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าโดยวิธีการตรวจจับแบบอาร์เอ็มเอส เป็นการนำค่ายอดของลูกคลื่นสัญญาณมาเข้าสมการคณิตศาสตร์และเข้าในชุดคำสั่ง เพื่อนำไปสั่งการให้ไฮบริดเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานดัง(6)

$$x_{rms}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^f x(t)dt} \tag{6}$$

การตรวจจับแบบค่ายอด

การตรวจจับแบบค่ายอดจะใช้การตรวจจับของความผิดปกติ จากการลัดวงจรและแรงดันเกิน โดยการอ้างอิงสัญญาณกระแสและแรงดันเข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ $v_i(t)$ คือแรงดันของสัญญาณด้านเข้า

$$v_i(t)=v_p\sin^2(\omega t) \tag{7}$$

เมื่อ v_p คือค่ายอดของสัญญาณด้านเข้า ถ้า มีการเลื่อนมุม 90 องศาทางไฟฟ้าจะการวัดค่าสูงสุด นำสัญญาณมาเข้าสมการคณิตศาสตร์และเข้าในชุดคำสั่ง Mathlab/Embasded เพื่อนำไปสั่งการให้อุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วทำงานดัง(7)

การตรวจจับแบบเปรียบเทียบอาร์เอ็มเอส

การตรวจจับกระแสรั่วจะใช้หลักการ การเปรียบเทียบสัญญาณของกระแสเข้าและกระแสออก โดยจะนำกระแสให้เป็นค่าอาร์เอ็มเอส ดัง(8)

$$i_{com}=i_{in}-i_{out}>25\,\text{mA} \tag{8}$$

เมื่อ i_{com} คือ สัญญาณกระแสอาร์เอ็มเอสของชุดประมวลผล i_{in}คือ สัญญาณกระแสอาร์เอ็มเอสด้านเข้า i_{out} คือสัญญาณอาร์เอ็มเอสด้านออก ถ้าสัญญาณกระแสอาร์เอ็มเอสด้านเข้าลบสัญญาณกระแสอาร์เอ็มเอสด้านออกมีค่ามากกว่า 25 มิลลิแอมแปร์ สัญญาณกระแส i_{com} จะสั่งให้ชุดประมวลผลทำงาน

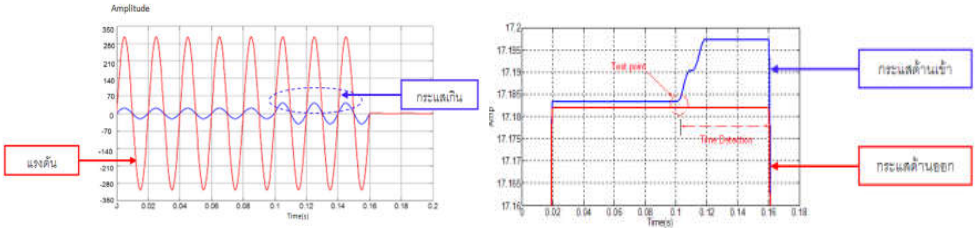
การตรวจจับแบบ Quadrature

เมื่อ $v(t)$ คือ สัญญาณของแรงดันไฟฟ้า v_p คือ แรงดันค่ายอดของสัญญาณของแรงดันไฟฟ้า s_1 และ s_2 คือ ค่าสัญญาณของการควบคุมจากการตรวจจับที่มุมต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้าดัง(9)

$$vrms = \frac{v_p}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}}{\sqrt{2}} \tag{9}$$

ผลการจำลอง

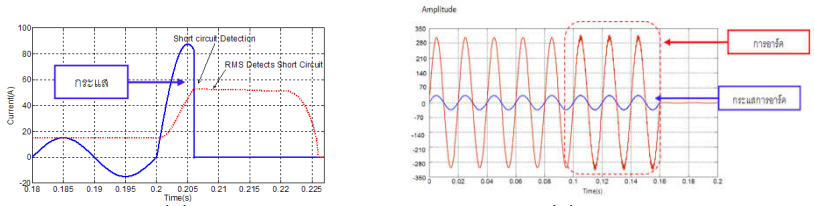
การจำลองการทำงานของวงจรอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วใช้การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของสวิตช์ในการต่อวงจรไฟฟ้า วงจรสมมูล 1 เฟส ขนาดของอัตราการทนกระแสทริป 30 แอมแปร์ พิกัดแรงดัน 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์



(1) (2)

รูปที่ 5 ผลการจำลองอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วเมื่อกระแสเกินและกระแสรั่ว

การจำลองการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วกรณีที่กระแสไฟฟ้าเกินโดยระบบจะเริ่มช่วงเวลาที่ 0 มิลลิวินาทีถึง 200 มิลลิวินาที เริ่มจำลองการเกิดความผิดปกติในกรณีกระแสเกินในช่วงเวลาในการจำลองที่ 100 มิลลิวินาที เริ่มทำให้ค่ากระแสของระบบเป็น 30 แอมแปร์ เส้นสีน้ำเงินคือค่ากระแส ดังรูปที่ 5(1)การจำลองการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วในกรณีที่เกิดการกระแสไฟฟ้ารั่วโดยระบบจะเริ่มช่วงเวลาที่ 2 มิลลิวินาทีถึง 16 มิลลิวินาที เริ่มจำลองการเกิดความผิดปกติในกรณีเกิดการรั่วไหลของกรแสไฟฟ้า ช่วงเวลาในการจำลองที่ 10 มิลลิวินาทีประมวลผล 14 มิลลิวินาทีจึงมีการตัดวงจร ดังรูปที่ 5(2)



(1) (2)

รูปที่ 6 ผลการจำลองอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วเมื่อเกิดลัดวงจรและการอาร์ค

เริ่มทำให้ปรับค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรโดยการลดค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร การประมวลผลการทำงานเริ่มที่ 20.5 มิลลิวินาทีจึงมีการตัดวงจรดังรูปที่ 6(1) การจำลองการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วตั้งค่าการตรวจจับค่าการ

อาร์คโดยใช้วิธีอาร์เอสเอสไอ โดยการนำสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาทำการอนุพันธ์ จากนั้นทำการหาค่าสัมบูรณ์และเปรียบเทียบแรงดันอ้างอิง ทำการเปรียบเทียบผลโดยใช้ฟังชั่นการทำงาน สามารถวัดกระแสอาร์คที่โหลดดังรูปที่ 6(2)

สรุปผลการวิจัย

ผลการจำลองและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสำหรับการใช้งานของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน เพื่อป้องกันปัญหาของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ผิดปกติของระบบไฟฟ้าแบบผสมผสาน สามารถที่จะแก้ปัญหาเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในอดีตและปัจจุบันได้ และสามารถที่จะทำการป้องกันและทำงานเมื่อระบบไฟฟ้าเกิดความผิดปกติเกิดขึ้น ภายใต้เงื่อนไข แรงดันไฟฟ้าตก แรงดันไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้าเกิน กระแสไฟฟ้ารั่ว ลัดวงจรและการอาร์ค ดังนั้นจึงสรุปและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไปและอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วดังนี้ กระแสไฟฟ้าเกินมากกว่า 30 แอมป์ และการลัดวงจร 80 แอมป์ทั้งสองชนิดทำงานได้ แต่การเกิดแรงดันตกแรงดันเกินและการอาร์คอุปกรณ์ป้องกันแบบตัดเร็วสามารถทำงานได้

การทดสอบ	พิกัด	RAPCB	MCB
กระแสไฟฟ้าเกิน	มากกว่า 30 A	✓	✓
แรงดันไฟฟ้าเกิน	มากกว่า 250VAC	✓	X
แรงดันไฟฟ้าตก	ต่ำกว่า 190VAC	✓	X
การลัดวงจร	80 A	✓	✓
การอาร์ค		✓	X

เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภวัฒน์ คำทิพย์,กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์,ณฐภัทร พันธ์คง, “เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโซลิดสเตทสำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำ,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37, 19 - 21 พฤศจิกายน 2557, ขอนแก่น

[2] S. Kamtip; K. Bhumkittipich “Comparison between mechanical circuit breaker and solid state circuit breaker under abnormal conditions for low voltage systems” 18th International Conference on Electrical Machines and System(ICEMS), Oct. 25-28, 2015, Pattaya City, Thailand.

[3] Supawat Kamtip, Krischonme Bhumkittipich, Nathabhat Phankong, “Comparison between Mechanical Circuit Breaker and Solid State Circuit Breaker for Low Voltage System,” 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium, Krabi, Thailand, June 11-14, 2015

[4] Seung Kook Yang, Yeon Su Kim, In-Gun Kim, Taejun Choi, Ju lee “A study on Arc Detection using RSSI(Received Signal Strength Indication)” 18th International Conference on Electrical Machines and System(ICEMS), Oct. 25-28, 2015, Thailand.

[5] รายละเอียดทางเทคนิคของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ ของบริษัท เอฟที เอนเนอร์จี่ จำกัด จาก www.ft-energy.co.th

[6] Deepti Motwani Jagyasi;Hari Kumar Naidu “A Review of MVDC Circuit Breaker Sub-Station supply for Electrical Traction Vehicle” 2022 10th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology - Signal and Information Processing (ICETET-SIP-22)

ออกแบบวิศวกรรมพลังงานทดแทน ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ระบบโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสาน และจำหน่ายอุปกรณ์ด้านพลังงานทดแทน

FT ENERGY

SKY TO THE EARTH

www.ft-energy.co.th

บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด เป็นบริษัทฯระดับแนวหน้าในการบริการด้านพลังงานทดแทน ภายใต้แนวความคิดน้ำสะอาด อากาศบริสุทธิ์ พลังงานสะอาดในระดับประเทศและภูมิภาคอาเซียน โดยเน้นคุณภาพ ในราคายุติธรรม พร้อมบริการหลังการขายที่ดี เพื่อสร้างความประทับใจแก่ลูกค้าที่ให้ความไว้วางใจ

ภาพโครงการและประสบการที่ผ่านมา


โครงการชั่งหัวมัน จ. เพรชบุรี


โครงการซแรย์ อทิตยา จ.สุรินทร์


สนามกอล์ฟกรังปรีย์ จ.กาญจนบุรี


ท่าเรือแหลมฉบัง จ.ชลบุรี


บริษัท MRP Engineering จ.ชลบุรี


ตลาดน้ำนางพิม จ.สุพรรณบุรี


สนามกีฬา อบจ.ชัยภูมิ


ตลาดน้ำนางพิม จ.สุพรรณบุรี


หนองมะโมง จ.ชัยนาท


ตลาดวงศกร กรุงเทพฯ


เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด


อบจ. นนทบุรี จ. นนทบุรี



หลังคาจอดรถอเมซอล
สาขา คลอง 6 จ. ปทุมธานี

บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด (สำนักงานใหญ่)
99/109 หมู่ 2 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Tel. 02-159-0830 Facebook : FT Energy

SOLARTRON





SOLARTRON

เราคือผู้ผลิตและจัดจำหน่าย **แผ่นโซลาร์เซลล์ แผงโซลาร์เซลล์** และ **ระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ครบวงจร** เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้เรายังเป็นผู้จัดจำหน่ายและติดตั้งไปยังต่างประเทศอีกด้วย

หมายเลขโทรศัพท์:
02 392 0224

อีเมล์:
support@solartron.co.th

GROWATT

MAX Your Power and Profits

Smart Commercial & Industrial PV Solution

- Multiple MPPTs
- Highest Power Density
- Smart O&M



MID 15-40KTL3-X， MAX 50-150KTL3-X LV/MV， MAC 50-70KTL3-X LV/MV

WP ENERGY



POSITIVE PROGRESS

พลังแห่งความคิดบวก



SCAN QR CODE TO GET **WEBSITE**
www.wp-energy.co.th

WP ENERGY PUBLIC COMPANY LIMITED
1 East Water Building 15th Floor, Vipavadeerangsit Soi 5
Vipavadeerangsit Road, Jomphol, Jatujak, Bangkok 10900

E-mail : info@wp-energy.co.th www.wp-energy.co.th
WP Energy WP Energy @worldgasfamily

Curiosity WINS
ดินแดนแห่งการค้นพบความมหัศจรรย์ของวิทยาศาสตร์



ร่วมออกเดินทางไปกับ อพวช. สู่ดินแดน ที่จะสร้างแรงบันดาลใจให้ทุกคนสนุกกับการค้นพบ

เรียนรู้ตลอดชีวิตด้วยความมหัศจรรย์ของวิทยาศาสตร์

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.)
National Science Museum Thailand (NSM)
39 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
ติดต่อสอบถามเพิ่มเติม 02 577 9999 www.nsm.or.th
NSM Thailand