จัดประชุมโดย

PROCEEDINGS

การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

13th Thailand Renewable Energy for Community Conference

5-7 พฤศจิกายน 2563
ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

การประชุมสัมมนาวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

13th Thailand Renewable Energy for Community Conference

#TREC
13
พลังงานชุมชน
บนฐาน
วิถีชีวิตใหม่

สารอธิการบดี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ยินดีต้อนรับผู้เข้าร่วมงานทุกท่าน เข้าสู่การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 (13th Thailand Renewable Energy for Community Conference; TREC 13) ทางมหาวิทยาลัยรู้สึกเป็นเกียรติและมีความยินดีอย่างยิ่งในการจัดงานครั้งนี้ ภายใต้แนวคิด “พลังงานชุมชน บนฐานวิถีชีวิตใหม่” เพื่อส่งเสริม สนับสนุน และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนจากบุคคล ชุมชน องค์กร มหาวิทยาลัย และหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ (New Normal)

การจัดการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศไทยให้เกิดความยั่งยืนโดยนำแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ไปประยุกต์ใช้กับชุมชนนั้นๆซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน เช่น การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์การใช้รถพลังงานไฟฟ้าเป็นต้นรวมถึงการส่งเสริมงานวิจัยทางด้านพลังงานเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับชุมชนและประชาชนทั่วประเทศ

ขอขอบคุณคณะผู้จัดงานนักวิจัยและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วนที่สนับสนุนและให้ความร่วมมือในการจัดงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลของการจัดงานในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการขับเคลื่อนการใช้พลังงานทดแทนสู่ชุมชนของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

(รองศาสตราจารย์ เกศินี วิฑูรชาติ)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สารอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พลังงาน (Energy) เป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยขับเคลื่อนหลายสิ่ง นับแต่อดีต กระทั่งปัจจุบันอันหมายรวมถึงในโลกยุคดิจิทัลปริมาณความต้องการพลังงานจึงเพิ่มขึ้นและจะทวีความต้องการต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุดในขณะที่พลังงานหลายประเภทมีข้อจำกัดและมีปริมาณลดลงพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกจึงเป็นคำตอบและตอบโจทย์เรื่องดังกล่าวได้อย่างดีที่สุด

การศึกษาวิจัย และสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศ โดยเน้นการนำพลังงานและรูปแบบการจัดการพลังงานเพื่อนำไปใช้ได้จริงอย่างเหมาะสมต่อชุมชนในประเทศเพื่อให้เกิดผลอย่างแท้จริงจากการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดจากพลังงานต้นกำเนิดที่มีอยู่ในชุมชนนับเป็นประเด็นหลักอันสำคัญที่สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญที่นำไปสู่การดำเนินกิจกรรมงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมดังกล่าวในครั้งนี้ ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

กิจกรรมการดำเนินงาน และภารกิจหลายด้านของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ล้วนมุ่งเน้นและตระหนักถึงพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดการประหยัดพลังงานรวมถึงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับพลังงานเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดคุ้มค่าและทรงประสิทธิภาพในการที่จะร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการหาแนวทางแก้ปัญหาเรื่องพลังงานของประเทศไทยซึ่งได้รับความร่วมมือร่วมใจที่ดีจากคณะผู้บริหาร บุคลากร นักศึกษา และประชาชนโดยรอบพื้นที่มหาวิทยาลัยเป็นอย่างดี ทั้งยังสามารถเป็นต้นแบบให้กับหน่วยงานอื่นได้เข้ามาศึกษา เรียนรู้และร่วมแลกเปลี่ยนระหว่างกัน

งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยที่จัดขึ้นในครั้งนี้ จะก่อให้เกิดองค์ความรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสนับสนุนโซลูชั่นที่ดีในการจัดการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน โดยเรื่องราวของพลังงานที่เกิดขึ้นนี้มีความสำคัญควบคู่ไปกับด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชนอันจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์บนโลกใบนี้

ในอนาคตเราอาจได้เห็นการนำองค์ความรู้จากงานประชุมวิชาการนี้นำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับนวัตกรรมเทคโนโลยีสำหรับการจัดการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนเพิ่มมากยิ่งขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ดีสำหรับทุกคนที่เข้าร่วมการประชุม เพื่อปรับตัวเกี่ยวกับพลังงานทดแทน โดยท้ายที่สุดแล้วจะนำไปสู่ความยั่งยืนอย่างแท้จริง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารคณบดี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จะเป็นบ่อน้ำของประชาชนได้นั้น ย่อมต้องมีทั้งศาสตร์และศิลป์ ทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จึงได้ถูกจัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ.2529 ด้วยปณิธานที่จะเป็นคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อให้บริการสังคมทางวิทยาศาสตร์ เน้นการการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์เพื่อรับใช้สังคมโดยสามารถผสมผสานทั้งวิทยาศาสตร์และศิลปะความรู้เชิงสังคมเพื่อก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลกอย่างยั่งยืน ซึ่งทำให้โลกมนุษย์เราอยู่ได้อย่างสมดุลและผาสุก

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รู้สึกยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ทางคณะผู้จัดงานเลือกใช้สถานที่บริเวณคณะฯเพื่อจัดการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 (TREC13) ภายใต้แนวคิด “พลังงานชุมชน บนฐานวิถีชีวิตใหม่” ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อประชาชน นักศึกษา บุคลากร อาจารย์ นักวิจัย องค์กร และหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้แลกเปลี่ยนความคิดในการนำพลังงานทดแทนที่เหมาะสมเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไปใช้กับชุมชนเมืองและชนบทในประเทศไทยให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

สุดท้ายนี้ขออวยพรให้จัดการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 นี้ มีความราบรื่นและประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สารคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางการศึกษาและวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีโดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดการศึกษาฝึกอบรมและพัฒนาผลงานด้านวิศวกรรมศาสตร์เพื่อเป็นพลังขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศให้เจริญก้าวหน้า โดยเน้นผลิตวิศวกรนักปฏิบัติ ที่มีคุณภาพระดับมืออาชีพ มีทักษะในการปฏิบัติงาน มีคุณธรรมจริยธรรม ตามจรรยาบรรณวิชาชีพ อีกทั้งผลิตผลงานวิชาการ งานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศและภูมิภาคอาเซียน

การมีส่วนร่วมในโครงการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความยินดีที่ได้รับเกียรติในการมีส่วนร่วมดำเนินการจัดโครงการประชุมวิชาการร่วมกับมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยมีศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินโครงการจนกระทั่งเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยด้านพลังงานที่ได้ทำการนำเสนอ ในการประชุมประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่13 นี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการลดปัญหาด้านพลังงานในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารจากประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ในนามประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่งได้ก่อตั้งขึ้นมากว่า 15 ปีแล้ว ก็เพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยเราเพื่อความยั่งยืน โดยเน้นการนำพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดอีกทั้งรูปแบบการจัดการพลังงานเพื่อนำไปใช้ได้จริงอย่างเหมาะสมต่อชุมชนในประเทศไทยเพื่อให้เกิดผลได้อย่างแท้จริงจากการใช้พลังงานทดแทนแบบผสมผสานกับบริบทของประชาชนในประเทศนั้นคือการใช้พลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมชีวมวลและพลังงานจากน้ำและพลังงานรูปแบบอื่นใด ซึ่งเป็นพลังงานต้นกำเนิดที่มีอยู่ในชุมชนทุกที่ และในการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการในครั้งที่ 13 นี้จะเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อทุกๆคนในประเทศในการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆในชุมชนอีกทั้งจะมีผลต่อการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศอย่างเหมาะสมส่งเสริมนโยบายของรัฐบาลและโลกที่มีหลายอย่างที่ต้องช่วยกันในสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาของการระบาดของโควิด 19 ซึ่งจะทำให้เราเข้าใจในการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและสามารถที่จะพึ่งพาตนเองได้ในอนาคตหากมีเหตุการณ์ต่างๆเกิดขึ้นโดยสมาคมฯก็พร้อมที่จะเป็นศูนย์กลางในการดำเนินกิจกรรมที่ดี ทางด้านพลังงานที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ความมั่นคง การบริหารจัดการที่เหมาะสม มีการสร้างรายได้ให้กับชุมชนและลดการนำเข้าเชื้อเพลิงและเทคโนโลยี อย่างยั่งยืนคู่กับประเทศไทยตลอดไป

ในฐานะของประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยผมขอโอกาสพิเศษนี้ใคร่ขอขอบคุณ ทุกๆท่านที่ช่วยกันเป็นเจ้าภาพร่วมกัน ในการจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการในครั้งนี้ รวมทั้งผู้สนับสนุนทุกๆ ท่านในการช่วยให้การจัดงานครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่13 ประจำปี 2563 นี้จะเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมทั้งภาคชุมชนและภาควิชาการของประเทศไทยต่อไป

(ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)
ประธานที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทน
สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

สารจากนายกสมาคม พลังงานทดแทนสู่ชุมชน แห่งประเทศไทย

ปี 2563 นับได้ว่าเป็นปีแห่งการเปลี่ยนผ่านและการเผชิญกับภาวะวิกฤติการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้ภาพรวมของความต้องการหรือการใช้พลังงานที่ลดลง แต่ส่งผลให้พลังงานชุมชนกลับมีบทบาทมากขึ้นเพราะต้องการเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมกับบริบทของแต่ละชุมชนเช่นการแปรรูปหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานมาตรการการใช้พลังงานให้คุ้มค่าหรือการเลือกใช้พลังงานที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยที่สุดรวมไปถึงการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงาน

ในนามของนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ซึ่ง สมาคมฯ ได้ดำเนินกิจกรรม "งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย" เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการของนักวิชาการนักศึกษาประชาชนทั่วไปและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นรวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ในชุมชน อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 12 ปี ซึ่งงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ภายใต้ชื่องาน "พลังงานชุมชนบนฐานวิถีชีวิตใหม่" ช่วงยุคโควิด 19 พลังงานชุมชนจะอยู่รอดได้อย่างไรรวมถึงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานราก ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และเครือข่ายพลังงานชุมชน ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) นับได้ว่าเป็นงานประชุมวิชาการแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีการบูรณาการระหว่างภาคนักวิชาการ ภาคเอกชน และภาคชุมชน เข้าด้วยกัน

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 หรือ TREC 13 นี้สามารถตอบโจทย์ด้านพลังงานชุมชนในยุคโควิท 19 ทำให้ทุกภาคส่วนร่วมมือร่วมใจกันทำประโยชน์ให้กับสังคมและชุมชนสามารถปรับตัวและอยู่รอดได้อย่างแท้จริงส่งเสริมให้งานด้านวิชาการ ขยายผลลงสู่ภาคชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

(ดร.อำพล อาภาธนากร)
นายกสมาคมพลังงานทดแทน
สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

คณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการระดับชาติ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

1. คณะกรรมการอำนวยการ

1. อธิการบดีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ประธานกรรมการ
2. อธิการบดีหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ประธานกรรมการร่วม
3. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
4. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
5. หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
6. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
7. นายกสมาคมพลังงานทพแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย	กรรมการและเลขานุการ

2. คณะที่ปรึกษากิตติมศักดิ์และที่ปรึกษาสมาคมฯ

1. ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์
2. ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์
3. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ประธานที่ปรึกษา
4. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	ที่ปรึกษา
5. พลอากาศโท เอกราช ชาติชัย	ที่ปรึกษา
6. ดร.มนตรี ชาลีเครือ	ที่ปรึกษา
7. ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์	ที่ปรึกษา
8. ดร.วิชัย เพ็ชร์ทองคำ	ที่ปรึกษา
9. นายประเดิม สุดสงวน	ที่ปรึกษา

3. คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

1. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง	กรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	กรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	กรรมการ
5. รองศาสตรจารย์ ดร.วรางคณา สมพงษ์	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วุฒิพล สินธุนาวารัตน์	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	กรรมการ
8. ดร.นพรัตน์ พฤกษ์ทวีศักดิ์	กรรมการ
9. ดร.กฤติยา เขื่อนเพชร	กรรมการ
10. ดร.อำพล อาภารธนากร	กรรมการและเลขานุการ
11. นางสาววรรณิตา ทองพัด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

4. คณะกรรมการฝ่ายสถานที่

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	ประธานกรรมการ
2. ดร.อำพล อาภาธนากร	รองประธานกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิรขจรกุล	กรรมการ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนารัตน์ กรอิสรานุกูล	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ วีระศิริ	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพล ตันติสัตยกุล	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล จันทร์แก้ว	กรรมการ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ รักผกาวงศ์	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล ศากยวงศ์	กรรมการ
11. อาจารย์ ดร.เยาวทัศน์ บุญกล้า	กรรมการ
12. อาจารย์ ดร.อมรเทพ จิรศักดิ์จำรูญศรี	กรรมการ
13. นายจาตุรนต์ จันทะมาตร	กรรมการ
14. นางสาวสุญาดา โสธรร	กรรมการ
15. นางสาวปนัดดา โตชัยภูมิ	กรรมการและเลขานุการ
16. นางสาววรรนิภา พงษ์ไทยสงค์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

5. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทางวิชาการ

1. ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ที่ปรึกษา
2. ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ที่ปรึกษา
3. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์	ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์	ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทางวิชาการ

10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง	ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราชญ์ อัศวนรากุล	ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ประทุมนพรัตน์	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
14. ดร.วินัย จันทร์เพ็ง	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
15. ดร.สถาพร ทองวิก	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
16. ดร.วิเชียร อูปแก้ว	ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
17. รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา สมพงษ์	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
18. รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิรขจรกุล	สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
19. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร บุญยืน	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
20. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป สามารถ	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพล สินธุนาวารัตน์	ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพล ตันติสัตยกุล	สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
24. ดร.นพรัตน์ พฤกษ์ทวีศักดิ์	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

5. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทางวิชาการ

25.ดร.กฤติยา เขื่อนเพชร	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
26.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฎ์ มณีโชติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
27.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธารี์ ธนารักษ์	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
28.ดร.บงกช ประสิทธิ์	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
29.ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
30.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
31.ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
32.ดร.สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
33.ดร.ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
34.รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยภัทร บุษบาบดินทร์	ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
35.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
36.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีรัตน์ วงษ์ซิ้ม	สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
37.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่	สาขาสถาปัตยกรรมผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
38.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล	ภาควิชาสื่อนฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
39.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน	ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
40.ดร.อมฤต สมพงษ์	สาขาวิชาการบัญชี คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
41.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทางวิชาการ

42. ดร.อำพล อาภารธนากร	ฝ่ายนวัตกรรมเพื่อสังคม สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
43. ดร.นุวงศ์ ชลคุป	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
44. ดร.กัมปนาท ซิลวา	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิภา ยงประยูร	สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
46. รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน	สาขาวิชาวิศกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
47. ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน รัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
48. ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน รัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
49. ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	สาขาวิศกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวง	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6. คณะทำงานการจัดประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ที่ปรึกษา
2. ดร.มนตรี ชาลีเครือ	ที่ปรึกษา
3. ดร.อำพล อาภารธนากร	ประธานคณะทำงาน
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	รองประธานคณะทำงาน
5. นายวิสูตร์ ยังพลขันธ์	คณะทำงาน
6. นายประเดิม สุดสงวน	คณะทำงาน
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฎ์ มณีโชติ	คณะทำงาน
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	คณะทำงาน
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	คณะทำงาน
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์	คณะทำงาน
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	คณะทำงาน
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีรัตน์ วงษ์ซิ้ม	คณะทำงาน
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่	คณะทำงาน
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล	คณะทำงาน
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธารี์ ธนารักษ์	คณะทำงาน
16. ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	คณะทำงาน
17. ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	คณะทำงาน
18. ดร.นุวงศ์ ชลคุป	คณะทำงาน
19. นางสาววรรณิตา ทองพัด	คณะทำงานและเลขานุการ
20. นางสาววรรนิภา พงษ์ไทยสงค์	คณะทำงานและเลขานุการร่วม

7. คณะทำงานเครือข่ายพลังงานชุมชน

1. นางอัจฉริยา เจริญศักดิ์	ประธานคณะทำงาน
2. นายประเดิม สุดสงวน	รองประธานคณะทำงาน
3. นายวิสูตร์ ยังพลขันธ์	คณะทำงาน
4. นายอภิชาติ คงแป้น	คณะทำงาน
5. นางสาวทรรศนีย์ รณะนันทน์	คณะทำงาน
6. นางสาวลักษิกา กองวิเชียร	คณะทำงาน
7. นายสาณท ทองสุจริตพันธ์	คณะทำงาน
8. นายพันธกานต์ เจียรทวีสิน	คณะทำงาน
9. นายรัฐเขต มูลรินต๊ะ	คณะทำงาน
10. นายกิติคุณ คัมภิรานนท์	คณะทำงาน
11. นายศรัญพงศ์ วงศ์จันทร์คำ	คณะทำงาน
12. นายสิทธิชัย จิตติมงคล	คณะทำงาน
13. นางสาวภัทราณี นาคคงคำ	คณะทำงาน
14. นางสาวพรรณรินทร์ แผนสมบูรณ์	คณะทำงาน
15. นายชัชพล แซ่โง้ว	คณะทำงาน
16. นายศักดิ์นรินทร์ นนท์วงศา	คณะทำงาน
17. นายเทอดศักดิ์ กองพรม	คณะทำงาน
18. นายณัฐวัฒน์ วิเศษสุวรรณ	คณะทำงาน
19. นายทวี สร้อยสุนทร	คณะทำงาน
20. นายภานุพงษ์ วงค์จำปา	คณะทำงาน
21. นายวรพจน์ ดำรงกิจ	คณะทำงานและเลขานุการ
22. นางสาวรุจิรา ทนงกิจ	คณะทำงานและเลขานุการร่วม

กำหนดการ
งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

“พลังงานชุมชนบนฐานวิถีชีวิตใหม่”

ระหว่างวันที่ 5-7 พฤศจิกายน 2563
ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

วันพฤหัสบดีที่ 5 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม
08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียน ณ ห้องประชุมใหญ่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
09.00 – 09.30 น.	พิธีเปิดงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 “พลังงานชุมชนบนฐานวิถีชีวิตใหม่” กล่าวต้อนรับ โดย รองศาสตราจารย์ เกศินี วิฑูรชาติ อธิการบดีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสะอาด อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กล่าวรายงาน โดย ดร.อำพล อาภาธนากร นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
09.30 – 10.00 น.	กล่าวเปิดงาน และ ปาฐกถาพิเศษ หัวข้อ “พลังงานชุมชนบนฐานวิถีชีวิตใหม่” โดย นายสุพัฒนพงษ์ พันธ์มีเชาว์ รองนายกรัฐมนตรีและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน
10.00 – 10.15 น.	บรรยายพิเศษ “เครือข่ายพลังงานชุมชนสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานราก” โดย นายอรรถพล ฤกษ์พิบูลย์ ประธานเจ้าหน้าที่บริหารและกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)
10.15 – 10.30 น.	มอบโล่ที่ระลึกแก่ผู้สนับสนุนการจัดงาน ถ่ายรูปร่วมกัน
10.30 – 12.00 น.	การเสวนาพิเศษ “ยุคโควิด 19 พลังงานชุมชนจะอยู่รอดได้อย่างไร” โดย ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช เมธีวิจัยอาวุโส มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์ ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ดร.มนตรี ชาลีเครือ นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยภูมิ ดร.อำพล อาภาธนากร นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย คุณอัจฉริยา เจริญศักดิ์ ผู้จัดการฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ดำเนินรายการ โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฎ์ มณีโชติ

วันพฤหัสบดีที่ 5 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม
12.00 – 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน ณ โถงใต้ตึก บร.5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
13.00 – 15.30 น.	บรรยายบทความพิเศษ (ห้องประชุมใหญ่)
13.00 – 13.15 น.	1. “การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนแบบผสมผสานพลังงานลมและแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการอัยสววรย์ อ.บางนางบวช จ.สุพรรณบุรี” Keynote: ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
13.15 – 13.30 น.	2. “การจัดการพลังงานโดยใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและการบูรณาการเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมกับบริบทกับชุมชน กรณีศึกษา : ตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น” Keynote: ผศ.ดร.ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
13.30 – 13.45 น.	3. “การเชื่อม พลังงาน-น้ำ-ของเสีย เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรในชุมชนฉลาด” Keynote: ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
13.45 – 14.00 น.	4. “IoT สำหรับระบบบริหารจัดการฟาร์มเกษตรอัจฉริยะ” Keynote: ผศ.ดร.มณีรัตน์ วงษ์ซิ้ม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
14.00 – 14.15 น.	5. “การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน ” Keynote: ผศ.ดร.พิสิษฎ์ มณีโชติ มหาวิทยาลัยนเรศวร
14.15 – 14.30 น.	6. “การพัฒนาไปสู่เมืองที่ยั่งยืนด้วยมูลค่าเพิ่มของเทคโนโลยีไบโอดรายสำหรับการจัดการขยะชุมชน” Keynote: ผศ.ดร.ประพิธารี์ ธนารักษ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
14.30 – 14.45 น.	7. “การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW” Keynote: ดร.นุวงศ์ ชลคุป ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)
14.45 – 15.00 น.	8. “Town Lab: แฮกเปลี่ยนเมืองให้เคลื่อนที่ช้าลง” Keynote: ผศ.ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
15.00 – 15.30 น.	9. “เตามณฑล” การออกแบบ ผลิตและใช้งานที่ถูกต้อง Keynote: ดร.มณฑล หัสดินทร์ สำนักงานพลังงานจังหวัดพังงา
15.30 – 17.00 น.	กิจกรรมเสวนาชุมชน Show & Share (ห้องประชุมใหญ่) เครือข่ายพลังงานชุมชน 4 ภาค ปตท.
17.00 น. เป็นต้นไป	เดินทางกลับที่พัก และพักผ่อนตามอัธยาศัย

วันศุกร์ที่ 6 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม
08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียน ณ ห้องประชุมใหญ่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
09.00 – 17.00 น.	นิทรรศการพลังงานชุมชน/ กิจกรรมคลีนิคชุมชน/ Workshop “Smart Farming” ณ ห้อง C207
09.30 – 12.00 น.	เสวนาพิเศษ “โรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก?” ณ ห้องประชุม S209

วันศุกร์ที่ 6 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม			
09.00 – 10.40 น. **หมายเหตุ** ลำดับการนำเสนอ อาจมีการเปลี่ยนแปลง	**ห้อง R301**	**ห้อง R302**	**ห้อง R303-1**	**ห้อง R303-2**
	EI : นวัตกรรมพลังงาน (นำเสนอผลงานวิชาการ) EI-001 EI-002 EI-003 EI-004 EI-005	EA: พลังงานเพื่อการเกษตร (นำเสนอผลงานวิชาการ) EA-001 EA-002 EA-003 EA-004 EA-005	FH : เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (นำเสนอผลงานวิชาการ) FH-001 FH-002 FH-003 FH-004 FH-005	CE : ไฟฟ้าชุมชน (นำเสนอผลงานวิชาการ) CE-001 CE-002 CE-003 CE-004 CE-005
10.40 – 10.50 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม			
10.50 – 12.10 น. **หมายเหตุ** ลำดับการนำเสนอ อาจมีการเปลี่ยนแปลง	**ห้อง R301**	**ห้อง R302**	**ห้อง R303-1**	**ห้อง R303-2**
	EI : นวัตกรรมพลังงาน (นำเสนอผลงานวิชาการ) EI-006 EI-007 EI-008 EI-009	EA: พลังงานเพื่อการเกษตร (นำเสนอผลงานวิชาการ) EA-006 EA-007 EA-008 EA-009	FH : เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (นำเสนอผลงานวิชาการ) FH-006 FH-007 FH-008 FH-009	CE : ไฟฟ้าชุมชน (นำเสนองานวิชาการ) CE-006 CE-007 CE-008
12.10 – 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน			
13.00 – 14.40 น. **หมายเหตุ** ลำดับการนำเสนอ อาจมีการเปลี่ยนแปลง	**ห้อง R301**	**ห้อง R302**	**ห้อง R303-1**	**ห้อง R303-2**
	EI : นวัตกรรมพลังงาน (นำเสนอผลงานวิชาการ) EI-013 EI-014 EI-015 EI-016 EI-020	EA: พลังงานเพื่อการเกษตร (นำเสนอผลงานวิชาการ) EA-010 EA-011 EA-012 EA-013 EA-014	FH : เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (นำเสนอผลงานวิชาการ) FH-010 FH-011 EV : สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (นำเสนอผลงานวิชาการ) EV-001 EV-002 EV-003	EM : การบริหารจัดการพลังงานชุมชนฯ (นำเสนอผลงานวิชาการ) EM-001 EM-002 EM-003 EM-004 EM-005
14.40 – 14.50 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม			

วันศุกร์ที่ 6 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม			
14.50 – 16.30 น.	ห้อง R301	ห้อง R302	ห้อง R303-1	ห้อง R303-2
หมายเหตุ ลำดับการนำเสนอ อาจมีการเปลี่ยนแปลง	EI : นวัตกรรมพลังงาน (นำเสนอผลงานวิชาการ) EI-021 EI-022	EA: พลังงานเพื่อการเกษตร (นำเสนอผลงานวิชาการ) EA-015	EV : สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (นำเสนองานวิชาการ) EV-004 EV-005 EV-006 EV-007 EV-008	EM : การบริหารจัดการพลังงานชุมชนฯ (นำเสนอผลงานวิชาการ) EM-006 EM-007 EM-008 EM-009
17.30 – 21.00 น.	งานเลี้ยงพิธีปิด ณ อาคาร บร.5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต			
18.00 – 18.30 น.	พิธีกล่าวต้อนรับ โดย รองศาสตราจารย์ เกศินี วิฑูรชาติ อธิการบดีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์			
18.30 – 21.00 น.	พิธีมอบรางวัล และมอบธง TREC 14			

วันเสาร์ที่ 7 พฤศจิกายน 2563

เวลา	กิจกรรม
08.30 – 09.30 น.	ลงทะเบียน ณ หน้าห้องประชุมใหญ่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
09.00 – 12.00 น.	กิจกรรมศึกษาดูงาน 1. "ระบบเกษตรอัจฉริยะ" ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 2. "ระบบผลิตพลังงานสะอาด" ณ ศูนย์วิจัยและบริการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ลงทะเบียนสำรองที่นั่งได้ภายในงานฯ)
12.00 น. เป็นต้นไป	เดินทางกลับโดยสวัสดิภาพ

EI นวัตกรรมด้านพลังงาน (Energy Innovation)

EI-001 จำนวนแผงและเวลาใช้งานของระบบโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับปั้มน้ำ
EI-002 การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาระบบแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟ
EI-003 การพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สด
EI-004 การพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับใช้ในชุมชน
EI-005 การศึกษาและพัฒนาระบบไฮโดรไซฟอนควบคุมความเสถียรในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำคอยาวที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่สูงลาดชัน
EI-006 การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์มูลวัว
EI-007 การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ดเพื่อผลิตแก๊สร้อนสะอาด
EI-008 การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับการใช้งานผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ

EI นวัตกรรมด้านพลังงาน (Energy Innovation)

EI-009 การวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรเมื่อใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกัน
EI-013 การศึกษาเบื้องต้นด้านการถ่ายเทความร้อนของไม้ไผ่สำหรับการใช้งานในสถานีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์
EI-014 การศึกษาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวที่โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นฉนวนกันความร้อน
EI-015 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านอุณหภูมิจากความสูงแตกต่างต่อผลการผลิตของระบบผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์บนหลังคาจอดรถขนาด 10 กิโลวัตต์
EI-016 การศึกษาเปรียบเทียบแบบไม่มีและแบบมีการหาจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์
EI-020 การศึกษาความเป็นไปไดเชิงเศรษฐศาสตร โครงการผลิตไฟฟาพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา
EI-021 การพัฒนากระบวนการเผาถ่านกัมมันต์จากเจาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84
EI-022 การผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีทางกายภาพจากวัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มด้วยรังสีไมโครเวฟ

EA พลังงานเพื่อการเกษตร (Energy for Agricultural)

EA-001 การเพิ่มรายได้ของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ จังหวัดพิษณุโลก ผ่านกระบวนการบริการวิชาการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
EA-002 การศึกษาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในการผลิตตะเกียบและการบริโภคทุเรียน
EA-003 การศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชัน
EA-004 การอบแห้งฆ่าด้วยรังสีไมโครเวฟ
EA-005 การปรับปรุงสมบัติของชีวมวลแกลบด้วยกระบวนการทอร์รีแฟกชันจากเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่
EA-006 การศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในลานกะเทาะเมล็ด
EA-007 การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว
EA-008 อิทธิพลของอุณหภูมิและความเป็นกรดด่างต่อค่าสีของกลูโคสไซรับในการผลิตกลูโคสไซรัสจากมันสำปะหลัง
EA-009 การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม
EA-010 การปรับปรุงกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแปรรูปโดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบ ของกลุ่มขุนงาวฟาร์ม อำเภองาว จังหวัดลำปาง
EA-011 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ความยาวคลื่นแสง
EA-012 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
EA-013 การพัฒนาเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่
EA-014 การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือของประเทศไทย
EA-015 การศึกษาการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบรดน้ำการเกษตรสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จังหวัดนครราชสีมา

EV สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (Environment for Community)

EV-001 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโรงงานสีเขียว
EV-002 การศึกษาประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขนาด PM1-PM10 ด้วยเทคนิคแผ่นกรองละเอียด สเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าและไฟฟ้าสถิต
EV-003 การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
EV-004 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่าน
EV-005 การแปรรูปถ่านไม้ไผ่ตงเพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นในชุมชนบ้านควนขี้แรด ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
EV-006 การสังเคราะห์ซีโอไลต์ A โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอยและการประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพสำหรับการกำจัดแคดเมียม (II) ไอออนและสีย้อมมาลาไคท์ กรีน จากสารละลายในน้ำ
EV-007 การเตรียมคอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษสำหรับใช้เป็นวัสดุกรองระดับนาโน
EV-008 การพัฒนาเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

CE ไฟฟ้าชุมชน (Community Electricity)

CE-001 การศึกษาความปลอดภัยของผู้พักอาศัยภายในอาคารใกล้ระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศแรงดัน 24 kV ในพื้นที่จ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง
CE-002 การศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กในประเทศไทย
CE-003 การก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริม เพื่อรองรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า
CE-004 การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร
CE-005 การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ของห้องเย็นสหกรณ์การเกษตรแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่
CE-006 การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก
CE-007 การเปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน
CE-008 การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชมในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

FH เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (Fuel and Heat for Communities)

FH-001 การแยกกลีเซอรีนจากไบโอดีเซลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้พัลส์สนามไฟฟ้า
FH-002 การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนจากน้ำมันทอดไก่
FH-003 การผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดลมร้อน
FH-004 ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์
FH-005 การอบแห้งแกงไตปลาด้วยเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก
FH-006 การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการกระจายความร้อนโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลาง สำหรับเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG
FH-007 การศึกษาการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สำหรับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์
FH-008 การประเมินประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวลแบบบังคับอากาศโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
FH-009 การเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิส
FH-010 ประสิทธิภาพเตาชีวมวลเชื้อเพลิงแกลบ
FH-011 กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรท ในการผลิตเอทานอล

EM การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (Community Energy Management by Digital Technology)

EM-001 Automatically Home Energy Management System for Peak Load Reduction Under Real-Time Pricing
EM-002 การสำรวจข้อมูลและความพร้อมของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง
EM-003 รูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย สำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่
EM-004 การใช้งานเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประยุกต์ใช้งานการเกษตรสำหรับ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี
EM-005 การจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า: กรณีศึกษาสำหรับถนนมิตรภาพ
EM-006 การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานแบบออนไลน์ราคาถูกสำหรับระบบบริหารจัดการพลังงาน ภายในบ้านผ่านเครือข่ายไร้สาย
EM-007 Conceptual Study of Community Peer to Peer Energy Trading in City of Korat
EM-008 การศึกษาและการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดบ้านที่อยู่อาศัยด้วยโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และระบบไฟฟ้า โดยโปรแกรม MATLAB/Simscape
EM-009 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโซล่าเซลล์ โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าผ่านระบบ IOT สำหรับที่อยู่อาศัย

#TREC
13
พลังงานชุมชน
บนฐาน
วิถีชีวิตใหม่

สารบัญ

บทความพิเศษ

1.การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนแบบผสมผสานพลังงานลม และแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการอัยสววรย์ อ.บางนางบวช จ.สุพรรณบุรี 25
2.ระบบตรวจวัดมุมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้ IoT 26
3.การจัดการพลังงานโดยใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและการบูรณาการเทคโนโลยี พลังงานที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน กรณีศึกษา : ตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น 27
4.การเชื่อม พลังงาน-น้ำ-ของเสีย เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรในชุมชนฉลาด 28
5.IoT สำหรับระบบบริหารจัดการฟาร์มเกษตรอัจฉริยะ 29
6.การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการ เพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน 30
7.การพัฒนาไปสู่เมืองที่ยั่งยืนด้วยมูลค่าเพิ่มของเทคโนโลยีไบโอดรายสำหรับการจัดการขยะชุมชน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี 31
8.การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW 32
9.Town Lab: แฮกเปลี่ยนเมืองให้เคลื่อนที่ช้าลง 33

EI : นวัตกรรมด้านพลังงาน (Energy Innovation)

EI-001 จำนวนแผงและเวลาใช้งานของระบบโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับปั้มน้ำ 34
EI-002 การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาระบบแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟ 42
EI-003 การพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สด 48
EI-004 การพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับใช้ในชุมชน 62
EI-005 การศึกษาและพัฒนาระบบไฮโดรไซฟอนควบคุมความเสถียรในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำ คอยาวที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่สูงลาดชัน 68
EI-006 การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์มูลวัว 82
EI-007 การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ด เพื่อผลิตแก๊สร้อนสะอาด 90
EI-008 การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับการใช้งานผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ 100
EI-009 การวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรเมื่อใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกัน 106
EI-013 การศึกษาเบื้องต้นด้านการถ่ายเทความร้อนของไม้ไผ่สำหรับการใช้งานในสถานีชาร์จ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ 112
EI-014 การศึกษาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัววีโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ เป็นฉนวนกันความร้อน 120
EI-015 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านอุณหภูมิจากความสูงแตกต่างต่อผลการผลิตของระบบผลิตไฟฟ้า ของโซลาร์เซลล์บนหลังคาจอดรถขนาด 10 กิโลวัตต์ 126
EI-016 การศึกษาเปรียบเทียบแบบไม่มีและแบบมีการหาจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 134
EI-020 การศึกษาความเป็นไปไดเชิงเศรษฐศาสตร โครงการผลิตไฟฟาพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา 146
EI-021 การพัฒนากระบวนการเผาถ่านกัมมันต์จากเจาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 156
EI-022 การผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีทางกายภาพจากวัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ด้วยรังสีไมโครเวฟ 162

สารบัญ

EA : พลังงานเพื่อการเกษตร (Energy for Agricultural)

EA-001 การเพิ่มรายได้ของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ จังหวัดพิษณุโลก ผ่านกระบวนการบริการวิชาการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 168
EA-002 การศึกษาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในการผลิตตะเกียบและการบริโภคทุเรียน 174
EA-003 การศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชัน 184
EA-004 การอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟ 192
EA-005 การปรับปรุงสมบัติของชีวมวลแกลบด้วยกระบวนการทอร์รีแฟกชันจากเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ 198
EA-006 การศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในลานกะเทาะเมล็ด 204
EA-007 การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว 209
EA-008 อิทธิพลของอุณหภูมิและความเป็นกรดด่างต่อค่าสีของกลูโคสไซรับในการผลิตกลูโคสไซรัสจากมันสำปะหลัง 223
EA-009 การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม 230
EA-010 การปรับปรุงกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแปรรูปโดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบของกลุ่มขุนงาวฟาร์ม อำเภองาว จังหวัดลำปาง 236
EA-011 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ความยาวคลื่นแสง 246
EA-012 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 254
EA-013 การพัฒนาเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่ 261
EA-014 การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือของประเทศไทย 268
EA-015 การศึกษาการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบรดน้ำการเกษตรสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จังหวัดนครราชสีมา 276

EV : สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (Environment for Community)

EV-001 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโรงงานสีเขียว 283
EV-002 การศึกษาประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขนาด PM1-PM10 ด้วยเทคนิคแผ่นกรองละเอียดสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าและไฟฟ้าสถิต 290
EV-003 การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 297
EV-004 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่าน 303
EV-005 การแปรรูปถ่านไม้ไผ่ตงเพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นในชุมชนบ้านควนขี้แรด ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 310
EV-006 การสังเคราะห์ซีโอไลต์ A โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอยและการประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพสำหรับการกำจัดแคดเมียม (II) ไอออนและสีย้อมมาลาไคท์ กรีน จากสารละลายในน้ำ 317
EV-007 การเตรียมคอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษสำหรับใช้เป็นวัสดุกรองระดับนาโน 323
EV-008 การพัฒนาเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 330

CE : ไฟฟ้าชุมชน (Community Electricity)

CE-001 การศึกษาความปลอดภัยของผู้พักอาศัยภายในอาคารใกล้ระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศแรงดัน 24 kV ในพื้นที่จ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง 339
CE-002 การศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กในประเทศไทย 345
CE-003 การก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริม เพื่อรองรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 352
CE-004 การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุโรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร 358

สารบัญ

CE : ไฟฟ้าชุมชน (Community Electricity)

CE-005 การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของห้องเย็นสหกรณ์การเกษตรแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ 363
CE-006 การวิเคราะห์ผลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก 369
CE-007 การเปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน 377
CE-008 การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชมในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา 386

FH : เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน (Fuel and Heat for Communities)

FH-001 การแยกกลีเซอรีนจากไบโอดีเซลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้พัลส์สนามไฟฟ้า 392
FH-002 การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนจากน้ำมันทอดไก่ 399
FH-003 การผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดลมร้อน 406
FH-004 ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ 412
FH-005 การอบแห้งแกงไตปลาด้วยเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก 419
FH-006 การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการกระจายความร้อนโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางสำหรับเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG 426
FH-007 การศึกษาการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สำหรับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์ 441
FH-008 การประเมินประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวลแบบบังคับอากาศโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 447
FH-009 การเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิส 456
FH-010 ประสิทธิภาพเตาชีวมวลเชื้อเพลิงแกลบ 465
FH-011 กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอล 470

EM : การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (Community Energy Management by Digital Technology)

EM-001 Automatically Home Energy Management System for Peak Load Reduction Under Real-Time Pricing 477
EM-002 การสำรวจข้อมูลและความพร้อมของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง 484
EM-003 รูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ 491
EM-004 การใช้งานเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประยุกต์ใช้งานการเกษตรสำหรับศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 498
EM-005 การจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า: กรณีศึกษาสำหรับถนนมิตรภาพ 505
EM-006 การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานแบบออนไลน์ราคาถูกสำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านผ่านเครือข่ายไร้สาย 511
EM-007 Conceptual Study of Community Peer to Peer Energy Trading in City of Korat 518
EM-008 การศึกษาและการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดบ้านที่อยู่อาศัยด้วยโซลาร์เซลล์แบตเตอรี่ และระบบไฟฟ้า โดยโปรแกรม MATLAB/Simscape 526
EM-009 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโซล่าเซลส์โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าผ่านระบบ **IOT** สำหรับที่อยู่อาศัย 533

บทความพิเศษ

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนแบบผสมผสานพลังงานลมและแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการอัยสวรรย์ อ.บางนางบวช จ.สุพรรณบุรี

วิรชัย โรยนรินทร์[11] วงศกร วิเศษสัจจา[1] นฤมล แสนเสนา[1] สุเทพ สีมาลา[1]
[1]สาขาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงผลการสำรวจออกแบบระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อทำการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและการวิเคราะห์ทางเศรษศาสตร์ของการลงทุนระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการติดตั้งให้กับโครงการอัยสวรรย์ อำเภอบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการนำข้อมูลการสำรวจจากพื้นที่จริงมาทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานในพื้นที่ทั้งความเข้มของแสงแดดและศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่ที่จะติดจั้งเพื่อให้สามารถมองเห็นว่าหากต้องการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าแล้วสมควรจะติดตั้งระบบที่มีการผลิตเท่าใดที่จะเหมาะสมต่อการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจ จากการสำรวจพบว่าพื้นที่ มีศักยภาพ และข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางด้านพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการพบว่ามีความเป็นไปได้ของการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานโครงการที่พักอัยสวรรย์อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรีและพื้นที่นั้นควรมีการใช้ความเหมาะสมของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน 2 รูปแบบคือโซล่าร์เซลล์และกังหันลมความเร็วลมต่ำโดยผลการวิเคราะห์ควรจะดำเนินการติดตั้งแผงโซล่าร์เซลล์ขนาด 100 กิโลวัตต์ บนหลังคาโครงการ, ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าร์เซลล์แบบทุ่นลอยน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์, ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าร์เซลล์หลังคาที่จอดรถขนาด 5 กิโลวัตต์ และกังหันลมความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์ซึ่งจะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งรวมกันได้ถึง 185,430 หน่วยไฟฟ้าต่อปี คิดเป็นเงินโดยประมาณ 932,985 บาทต่อปี โดยจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7.34 ปี ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ประมาณ 100 ตันคาร์บอน-ไดออกไซด์ต่อปีสามารถตอบสนองการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศอีกทั้งเป็นสถานที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ทางพลังงานทดแทนที่เป็นเชิงสัญลักษณ์ในการใช้เป็นต้นแบบการพัฒนาที่ยั่งยืนของจังหวัดสุพรรณบุรีได้ต่อไป

คำสำคัญ: พลังงานทดแทนแบบผสมผสาน ระบบพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์

Corresponding author: Tel.: 089 771 4294
E-mail address: wirachai.r@en.rmutt.ac.th

ระบบตรวจวัดมุมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้ IoT
IoT Monitoring system for Photovoltaic tracking system

ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล*, กัญญาภัทร์ มงคลพรสุข, และ อารยา เลิศสกุลภัทร
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ ทำการติดตั้งระบบตรวจวัดมุมโดยใช้เทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) เพื่อตรวจสอบแสดงผลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์สองแกนที่ติดตั้งแบบอิสระ (PV Stand-Alone system) ขนาด 600 วัตต์ แบบออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ผ่านแอปพลิเคชัน Line ซึ่งอุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจวัดมุมเพื่อติดตามการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์สองแกน ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU V.2) ติดตั้งในกล่องควบคุม และ เซนเซอร์ตรวจวัดมุม (3-axis Accelerometer/ Gyro module) ติดตั้งใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจวัดมุมเพื่อติดตามการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์สองแกน และนำมาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดมุมมาตรฐาน (แอปพลิเคชัน Clinometer) พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบมีความคลาดเคลื่อนของมุมเมื่อเทียบกับการวัดโดยใช้แอปพลิเคชัน Clinometer ร้อยละ 4.45 และสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Line ได้ และสามารถแจ้งเตือนเมื่อระบบทำงานผิดปกติ เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขระบบติดตามดวงอาทิตย์สองแกนให้กลับมาทำงานตามปกติได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที

คำสำคัญ: IoT Blynk ระบบติดตามดวงอาทิตย์

*Corresponding author: Tel.: 084 752 8947
E-mail address: tutanit@hotmail.com

การจัดการพลังงานโดยใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการบูรณาการเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน กรณีศึกษา : ตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Energy management by applied philosophy of sufficiency economy and appropriate energy technology integration with context of community Case study : Tambon khamkhaen Amphor Manchakhiri, Khon Kaen

ปรีชา ศรีประภาคาร[1] คำภา สีภา[2] ปัญญา อุปถัมภ์[3]
[1]สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย มหาสารคาม 44150
[2]สำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง ขอนแก่น 40000
[3]องค์การบริหารส่วนตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี ขอนแก่น 40160

บทคัดย่อ

ตำบลคำแคนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ตำบลคำแคนเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีการส่งเสริมการเกษตรแบบพันธะคือการทำฟาร์มสุกรซึ่งผลกระทบจากการเลี้ยงสุกรทำให้เกิดข้อร้องเรียนเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม มลพิษ และกลิ่นมูลสุกร ซึ่งเป็นวิกฤตความขัดแย้งทางสังคมของหลายพื้นที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคามองค์การบริหารส่วนตำบลคำแคนและสำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่นจึงร่วมหารือและเปลี่ยนวิกฤตเป็นโอกาสโดยใช้เทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสม และการจัดการพลังงานแบบบูรณาการโดยมองว่ามูลสุกรเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตพลังงานใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้กับชาวบ้านในชุมชนซึ่งเป็นการบริหารจัดการพลังงานแบบครบวงจรจนเกิดเป็นวิสาหกิจชุมชน “พออินคำแคน” ในปัจจุบัน วัตถุประสงค์หลักเพื่อ ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากวัตถุดิบที่มีอยู่ในชุมชน ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ตำบลคำแคน โดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนตามหลักการทำแผนพลังงานชุมชน 10 ขั้นตอนมีโครงการคือ โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร ขนาดรวม 700 ลูกบาศก์เมตร ชาวบ้านได้รับประโยชน์ 350 ครัวเรือน สามารถลดรายจ่ายจากก๊าซหุงต้มได้ครัวเรือนละ 3,300 บาท/ครัวเรือน/ปี ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และขายคาร์บอนเครดิตปี 2560-2562 รวม 2,024 ตันและมีการขายไปแล้ว 1,037 ตัน คิดเป็นเงิน 103,800 บาท โครงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเกษตรและแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ได้แก่ แบบน้ำหยดระบบที่ 1 ขนาด 3,300 วัตต์ 3 ระบบ ผู้ใช้ 15 ครัวเรือน ระบบที่ 2 ขนาด 3,000 วัตต์ 1 ระบบ ผู้ใช้ 5 ครัวเรือน ระบบที่ 3 ขนาด 2,400 วัตต์ 2 ระบบ ผู้ใช้ 10 ครัวเรือน ในพื้นที่ขาดแคลน 4 หมู่บ้านและ ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการประปาขนาด 5,000 วัตต์ ทำให้รายได้ของกลุ่มเพิ่มขึ้น 70,000 บาท/ปี และโครงการผลิตถ่านอัดแท่งประสิทธิภาพสูงจากเหง้ามันสำปะหลังและถ่านดูดความชื้น กลุ่มผลิตเตาซุปเปอร์อั้งโล่ นอกจากนั้นยังสามารถลดความขัดแย้งและสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับชุมชน มีการจัดตั้งคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมและภาคีเครือข่ายตำบลคำแคน ทำหน้าที่ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานในพื้นที่ เกิดเวทีในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ชุมชนได้ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ ร่วมวางแผนและกำหนดบทบาทการทำงานร่วมกับเครือข่ายภาครัฐภาคการศึกษาและภาคประชาชนร่วมกันจนทำให้ความยั่งยืนตลอดโครงการและเป็นผลผลสัมฤทธิ์ได้รับพิจารณารางวัลเลิศรัฐ ประจำปี 2563 ด้านการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม

คำสำคัญ: เทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสม การจัดการพลังงานชุมชน

Corresponding author: Tel.: 082 629 8916
E-mail address: preecha.sr@msu.ac.th

การเชื่อม พลังงาน-น้ำ-ของเสีย เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรในชุมชนฉลาด
Energy-Water-Waste Nexus for Smart Community Resource Management

ธนัญชัย สาทะกลาง[1] สกลวัฒน์ เศวตรัตนกุล[1] นุวงศ์ ชลคุป[2] และ วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1]*
[1]วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300
[2]ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้นำแนวคิดของ Smart City มาใช้ในการพัฒนาเมืองขนาดใหญ่ต่าง ๆ เช่น เชียงใหม่ ขอนแก่น และ ภูเก็ต เป็นต้น ซึ่งแนวคิด Smart City นี้สามารถนำมาปรับให้เหมาะสมและเป็นประโยชน์กับชุมชนขนาดเล็กได้ งานวิจัยนี้มีหลักการใช้เทคโนโลยีระบบ Smart ผสมผสานกับกรอบแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อให้เกิดเป็นแนวทางของ Smart Community ซึ่งเป็นชุมชนฉลาด ที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบนแนวคิดของความยั่งยืนการพึ่งพาตนเองและลดการพึ่งพาการใช้ทรัพยากรภายนอกรวมถึงการลดการปลดปล่อยของเสียสู่ระบบนิเวศ การพัฒนา Smart Community จำเป็นต้องรู้ถึงข้อมูลภายในชุมชนเพื่อวิเคราะห์บริบทของชุมชน ควรมีระบบการเก็บข้อมูลภายในชุมชนให้มีความรวดเร็วและถูกต้อง และบูรณาการให้อยู่ในฐานข้อมูลเดียวกันในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาข้อมูลของความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงาน การใช้น้ำ และ การผลิตของเสียภายในชุมชน ทั้งนี้เมื่อทราบถึงความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภายในชุมชนแล้วชุมชนจะสามารถใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์แนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรที่เหมาะสมสำหรับชุมชนงานวิจัยนี้จะดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลชุมชนจาก 2 ชุมชนตัวอย่าง คือ adiCET Smart Community (ASC) ตั้งอยู่ภายในวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม และ ชุมชนแม่ตะมาน ตำบลกึ้ดช้าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

คำสำคัญ: ชุมชนฉลาด ระบบการเก็บข้อมูล การบริหารจัดการทรัพยากร

*Corresponding author: Tel.: 089 839 8049
E-mail address: worajit@g.cmru.ac.th

IoT สำหรับระบบบริหารจัดการ
ฟาร์มเกษตรอัจฉริยะ

มณีรัตน์ วงษ์ซิ้ม[1]* สมโภช ทองน้ำเที่ยง[2] นิพจน์พัทธ์ เมืองโคตร[3]
ณัฐอาภา สัจจวาที[4] อมฤต สมพงษ์[5]
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
manirath.w@acc.msu.ac.th[1], sompoch.t@acc.msu.ac.th[2],
nipotepat.m@acc.msu.ac.th[3], natarpha.s@acc.msu.ac.th[4], amarit.s@acc.msu.ac.th[5]

บทคัดย่อ

ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำจัดเป็นนวัตกรรมใหม่ของการเกษตรในยุคดิจิตอล มีการนำเอาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหลายด้านมาใช้ในฟาร์ม เช่น GPS, GIS, remote-sensing, proximal-sensing, VRT, weather station, soil sensor yield, monitoring sensor ร่วมกับการใช้พลังงานทดแทนอย่างเหมาะสม และ DSS โดยผ่านเครือข่ายสัญญาณอินเตอร์เน็ต ไร้สายในการรับส่งข้อมูล และมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้ฟาร์มอัจฉริยะ มีขั้นตอนการดำ เนินงาน 7 ขั้นตอนคือ การเก็บข้อมูล การวินิจฉัยข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบระบบฟาร์มอัจฉ ริยะ การพัฒนาระบบและทดสอบ การติดตั้ง และการประเมินผล โดยมีการจัดการฟาร์มในทุกขั้นตอน คื อ การจัดทำแผนที่สภาพดิน การให้น้ำ การให้ปุ๋ย การกำจัดศัตรูพืช การเก็บเกี่ยว การคำนวณต้นทุน กำไร ตลอดจนการวางแผนการเพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป การดำเนินการฟาร์มอัจฉริยะ ส่งผลให้เกิดการ ใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ คุ้มค่าต่อการลงทุน ลดผลกระทบต่ อสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุน ลดการจ้างแรงงาน ประหยัดเวลา และนำไปสู่การเกษตรยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่ งแวดล้อม

คำสำคัญ: IoT ฟาร์มเกษตรอัจฉริยะ เกษตรแม่นยำ นวัตกรรมการเกษตร

*Corresponding author: Tel.: 086 872 2722
E-mail address: manirath.w@acc.msu.ac.th

การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบ จากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการ เพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน

Development of biogas prototype from rice straw using microorganisms to accelerate the process to raise the level of electricity and heat generation for communities

พิสิษฎ์ มณีโชติ[1] บงกช ประสิทธิ์[1]* และศักดา สมกุล[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก ผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวพืชทางการเกษตรต่างๆเหล่านี้ จะมีชีวมวลหรือเศษวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น ที่เราเรียกว่า ชีวมวลซึ่งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานสามารถนำชีวมวลมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชนด้วยกระบวนการMicro-organism จึงมีความจำเป็นและต้องรีบดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพราะจะช่วยลดการเผาฟางข้าวที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 ก่อให้เกิดโมเดลการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวในการผลิตไฟฟ้าเพื่อก่อให้เกิดรายได้ภายในชุมชนจากการขายไฟฟ้า 15 kW x 24 ชม. X 365 วัน X 4 บาท/kWh = 525,600 บาท ต่อปี ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาฟาง 262.8 ตันต่อปี x 1.350 tCO2eq/ตันเศษวัสดุเหลือทิ้ง2 = 354.78 tCO2eq ต่อปี ลดการปล่อยอนุภาค PM2.5 262.8 ตันต่อปี x 11.7 kgPM2.5/ ตันเศษวัสดุเหลือทิ้ง2 = 3.075 tonPM2.5 ต่อปี เกิดรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (ราคาซื้อขาย 10-200 บาท /tCO2eq5) ซึ่งคาดว่าจะสร้างรายได้ 3,548-70,956 บาทต่อปี รายได้จากการขายปุ๋ยหมักที่ได้จากการย่อยสลายของฟางข้าว (เหลือ 20% ของฟางข้าววัตถุดิบ) 0.20 X 262,800 กิโลกรมต่อปี x 10 บาทต่อกิโลกรัม = 525,600 บาทต่อปี และลดการเจ็บป่วยเนื่องจากปัญหาหมอกควัน

คำสำคัญ: การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว / จุลินทรีย์เร่งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

*Corresponding author: Tel.: 083 625 9396
E-mail address: bongkotprasit19@gmail.com

การพัฒนาไปสู่เมืองที่ยั่งยืนด้วยมูลค่าเพิ่มของเทคโนโลยีไบโอดรายสำหรับการจัดการขยะชุมชน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
Towards Sustainable Cities: Value-Added of Biodrying Technology for Community Waste Management : Thamanao Subdistrict Administration Organization, Chaibadan District, Lopburi Province

ประพิธารี ธนารักษ์[1]* พิสิษฎ์ มณีโชติ[1] พัชรินทร์ เยาวรัตน์[1] บงกช ประสิทธิ์[1]
ชูศักดิ์ รักเสนาะ[2] อันธิกา เพชรี[1]และ สุรนาท แซ่ย่าง[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
[2]กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองอรัญญิก พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเมืองทั่วโลกประสบปัญหาและความท้าทายในเรื่องต่างๆเช่นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศปัญหาเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งส่งผลให้ภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน จำเป็นต้องแก้ปัญหาและพัฒนาเมืองเพื่อความยั่งยืน นำไปสู่ผลลัพธ์ที่สำคัญ เช่น ความสามารถในการยืดหยุ่นรับการเปลี่ยนแปลง (Resilience) การพึ่งพาตนเอง (Self-reliance) และประโยชน์ต่อเมืองอื่น (Positive Externality) บทความนี้นำเสนอแนวคิดการบริหารจัดการขยะและการผลิตพลังงานสะอาด ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการพัฒนาไปสู่เมืองที่ยั่งยืน โดยการส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมของการบริหารจัดการขยะที่ใช้ระบบ Biodry ในการปรับปรุงคุณภาพขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel : RDF) ที่ผ่านระบบบำบัดเชิงกลชีวภาพ (Mechanical and Biological Waste Treatment : MBT) เนื่องจากในประเทศไทยมีขยะมูลฝอยที่ไม่ผ่านการคัดแยกจำนวนมาก ทำให้มีการปะปนกันของขยะแห้ง ขยะสด และขยะพลาสติก ในขณะที่มีปริมาณฝนตกมากก็ส่งผลให้ขยะที่ผ่านกระบวนการ MBT ที่สะสมก่อนนำไปใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะมีค่าความร้อนต่ำและความชื้นสูงส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลานานกว่า 9 เดือนในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยรับซื้อขยะเพื่อไปผลิตเป็นพลังงานโดยพิจารณาจากความร้อนและความชื้นที่ส่งผลต่อราคาขยะที่ได้ การนำเทคโนโลยี Biodry มาใช้กับขยะหลังผ่านกระบวนการ MBT จะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นและความชื้นของขยะลดลงและลดระยะเวลาในการย่อยสลายขยะ การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิต RDF โดยใช้เทคโนโลยีไบโอดรายร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานให้กับปั๊มลมเพื่อป้อนอากาศโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจัดการขยะชุมชนสำหรับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นขนาดกลางจะเป็นการนำขยะชุมชนมาแปรรูปเป็น RDF และสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงด้านพลังงานทดแทนทั้งในรูปของไฟฟ้าหรือความร้อนซึ่งจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการจัดการสิ่งแวดล้อมในเรื่องของขยะ โดยระบบต้นแบบได้ดำเนินการติดตั้งที่ องค์การบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี จากผลของการศึกษาวิจัยพบว่า ระบบ Biodry ที่ถูกพัฒนามีลักษณะเป็นตู้เติมอากาศ มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการปรับสภาพขยะสด ให้มีค่าความร้อนสูงขึ้นและความชื้นลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลจากกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนเกิดความร้อนซึ่งเมื่อนำมาทดลองกับขยะสดมีความร้อนสูงถึง 49 องศาเซลเซียส โดยความร้อนนี้จะช่วยในการระบายความชื้นส่วนเกินออกจากขยะและเพิ่มค่าความร้อนจนขยะภายในแห้งเมื่อขยะมีความแห้งจะทำให้พื้นผิวที่มีการปนเปื้อนจากดินหรือสารเคลือบฉาบหลุดออกไปสามารถทำให้ค่าความร้อนสูงขึ้นในระยะเวลา 30 วันเป็นระยะเวลาอันสั้นและใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบเติมอากาศสามารถปรับสภาพขยะให้มีค่าความร้อนมากกว่า 5,000 kcal/kg และความชื้นน้อยกว่า 30% ขยะเหล่านี้จะเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมความร้อนหรืออุตสาหกรรมทั่วไปได้ส่งผลให้เกิดมูลค่าเพิ่มของชุมชนจากการจัดการขยะและเกิดความยั่งยืนในส่วนของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและภูมิทัศน์ การจัดการขยะอย่างถูกสุขลักษณะและเศรษฐกิจของชุมชน

คำสำคัญ: เมืองยั่งยืน เมืองอัจฉริยะ การจัดการขยะ ขยะชุมชน Biodry มูลค่าเพิ่ม

*Corresponding author: Tel.: 055-963182
E-mail address: prapitat@nu.ac.th

การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW
Energy Resilience Assessment: Case Study of a 4.9-MW Biomass Power Plant

กัมปนาท ทับมณี[1] ภูมิอานันท์ นิยมนา[1] พิสิษฐ์ มณีโชติ[2] นุวงศ์ ชลคุป[1] และกัมปนาท ซิลวา[1]*
[1]ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[2]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

การคืนสภาพทางพลังงานเป็นแนวคิดใหม่ที่สามารถใช้ในการรับมือกับภัยคุกคามต่างๆที่อาจเกิดขึ้นกับโรงไฟฟ้าการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากภัยพิบัติหรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่ส่งผลให้เกิดการหยุดผลิตหรือหยุดจ่ายไฟฟ้า และนำเสนอมาตรการที่จะช่วยเสริมสร้างศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงาน โดยเลือกประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าชุมชนที่ใช้ชีวมวลขนาด 4.9 MW เพื่อให้สอดรับกับ BCG Model ซึ่งเป็นโมเดลการพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ที่สำคัญของประเทศไทย จากการลงพื้นที่พบว่าภัยธรรมชาติส่วนใหญ่ไม่ส่งผลกระทบกับโรงไฟฟ้า ยกเว้นฤดูฝนที่ยาวนานขึ้นซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเข้าไปตัดไม้ได้ และอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้ารับมือภัยคุกคามนี้โดยสำรองเชื้อเพลิงในช่วงฤดูแล้งเพื่อไว้ใช้ในฤดูฝนอย่างไรก็ดีเนื่องจากยังไม่มีการบันทึกข้อมูลการสำรองเชื้อเพลิงจึงทำให้ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิงสำรองที่เหมาะสมโดยได้เสนอมาตรการเสริมสร้างศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าให้มีการจัดทำการบันทึกและรวบรวมสถิติการสำรองเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจัดเก็บสำรองเชื้อเพลิงให้เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการสำรองเชื้อเพลิงเกินจำเป็น

คำสำคัญ: BCG Model ,การคืนสภาพทางพลังงาน, ภัยคุกคาม, โรงไฟฟ้าชีวมวล, โรงไฟฟ้าชุมชน

*Corresponding author: Tel.: 087 812 0502
E-mail address: kampanart.sil@mtec.or.th

Town Lab:
แฮกเปลี่ยนเมืองให้เคลื่อนที่ช้าลง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สักรินทร์ แซ่ภู่*
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Co-founder Hug Town

บทคัดย่อ

กระบวนการออกแบบสภาพแวดล้อมและชุมชนในศตวรรษที่ 21 มีความหลากหลายอย่างมากในประเด็นทางการออกแบบ เช่น การออกแบบเพื่อทุกคน การออกแบบเพื่อการปรับตัวและพลวัตของการเปลี่ยนแปลง การออกแบบเพื่อการประหยัดหรือลดการใช้พลังงาน เมืองสีเขียวและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งจากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าเป็นมุมมองที่มีแนวโน้มในการลดการใช้พลังงานในการเดินทางและเน้นไปสู่การใช้การเดินเท้าจักรยานและสกูตเตอร์เพิ่มมากขึ้นแต่กระนั้นก็ตามกระบวนการเปลี่ยนผ่านทางพฤติกรรม ทัศนคติ และความคุ้นเคยจากสังคมที่ใช้เครื่องยนต์ เครื่องจักร และน้ำมัน ไปสู่สังคมและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเดินไม่ใช่สิ่งที่เป็นไปได้โดยง่าย ดังนั้นกระบวนการในรูปแบบ Tactical Urbanism ซึ่งเป็นการสร้างรูปแบบของการทำการทดลองเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมแบบชั่วคราวเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและการสร้างประสบการณ์ก่อที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงจริงทั้งนี้การทดลองในเมืองก่อนการเปลี่ยนแปลงจริงนี้ก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมากที่เกิดจากการก่อสร้างและมากยิ่งไปกว่านั้นหากการใช้สอยไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของเมืองที่รวดเร็วอาจทำให้เกิดสูญเปล่าของการใช้งานอันจะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่สิ้นเปลืองไปด้วย ในทางกลับกันหากการทดลองสอดคล้องกับพฤติกรรมและความต้องการของผู้คนการปรับปรุงสภาพแวดล้อมเหล่านั้นก็จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบแผนการเดินทางซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ช้าลงในย่านเมืองเป็นผลให้เกิดการลดการใช้พลังงานในรูปแบบของ Passive Urban Design

คำสำคัญ: Tactical Urbanism, การทดลองออกแบบสภาพแวดล้อมเมือง, การออกแบบชุมชนเมือง, การออกแบบร่วมกัน, เมืองเดินได้

*Corresponding author: Tel.: 080 419 5490
E-mail address: sakkarin.s@msu.ac.th

การออกแบบระบบโซล่าเซลล์และช่วงเวลาทำงานที่เหมาะสมสำหรับปั๊มน้ำ

Solar Cell System Design and Working Time of Solar System to Suitable for Water Pump

ปรัชญา มุขดา[1]*, กฤษณ์ ไชยวงศ์[1], ทัดทอง พราหมณี[2] และขวัญชัย หนาแน่น[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000

บทคัดย่อ

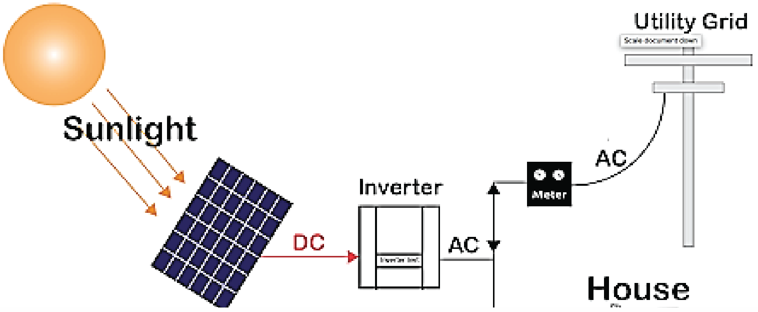
งานวิจัยนี้ เป็นการหาความเหมาะสมระหว่างส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดกับปั๊มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก แผงโซล่าเซลล์ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 6 แผง 8 แผง และ 10 แผง นำมาทดสอบกับปั๊มน้ำขนาด 2.2 กิโลวัตต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน และเวลาเปิดปั๊มที่แตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น. เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่จากผลแสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่เหมาะสม คือแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก และโซล่าเซลล์ ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 8 แผง เปิดเครื่องในเวลาไม่เกิน 08.00 น. (ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง) เงื่อนไขนี้การชาร์จพลังงานไฟฟ้าจะเพียงพอกับพลังงานที่ปั๊มต้องการใช้ในรอบวันเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ (Input) เหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มใช้ (Output)

ระบบกำเนิดไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ ออฟกริด

บทนำ

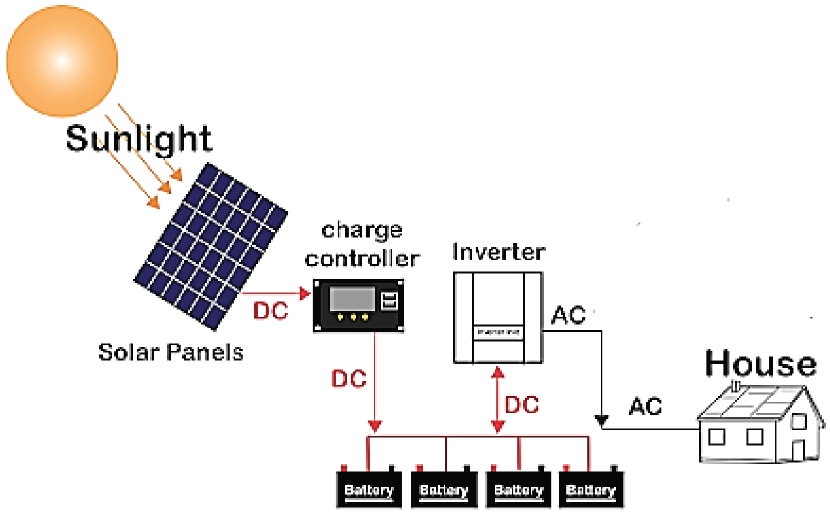
ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซล่าเซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบออนกริด (On Grid System) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ (Solar Panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า จะใช้อุปกรณ์เพียง แผงโซล่าเซลล์ และอินเวอร์เตอร์ออนกริด (On Grid Inverter) โดยหลักการแปลงไฟกระแสตรง (DC) จากแผงโซล่าเซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้าเพื่อทำการขายไฟฟ้าคืนหรือลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้[1]ซึ่งระบบแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบไฟฟ้าแบบออนกริด (On Grid System) [1]

2. ระบบออฟกริด (Off Grid System) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ที่ไม่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้ารายใหญ่ระบบออฟกริดนี้จะแยกเดี่ยวออกมาโดยผู้ติดตั้งโซล่าเซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาการไฟฟ้าซึ่งสามารถแยกหมวดย่อยลงไปได้อีกตามลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้งานว่าเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับโดยต้องเลือกโหลด(เครื่องใช้ไฟฟ้า)ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งมีวิธีการต่อระบบที่หลากหลายทั้งต่อโหลดกระแสตรงกับแผงโซล่าเซล่าเซลล์ (ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง) โดยตรง หรือนำไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงไปชาร์จไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย Charge Controller แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ด้วยInverterสำหรับไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนซึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับอยู่แล้ว[2]ซึ่งระบบในแสดงในภาพที่ 2 โดยระบบโซล่าเซลล์นี้จะมีข้อดีคือสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้คงที่และเหมาะสม มากกว่านั้นคือสามารถเก็บสำรองไฟฟ้าไปใช้ได้ในตอนกลางคืน



ภาพที่ 2 ระบบไฟฟ้าแบบออฟกริด (Off Grid System) [2]

ระบบไฟฟ้าแบบออฟกริดนี้จึงสามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการพลังงานโดยเฉพาะพื้นที่ทำการเกษตรที่กว้างขวางและห่างไกลจากระบบสายส่งของการไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี [3] แต่อย่างไรก็ตาม ระบบกำเนิดไฟฟ้านี้เกษตรกรหรือประชาชนเข้าถึงได้ค่อนข้างลำบากเพราะราคาการติดตั้งระบบและระยะคุ้มทุนที่สูงซึ่งเหตุผลหนึ่งของการที่ทำให้ราคาการติดตั้งสูงเนื่องจากความไม่เหมาะสมระหว่างความต้องการของกำลังไฟฟ้า (Output) กับกำลังการผลิตไฟฟ้า (Input) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปั๊มน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานที่จำเป็นในงานเกษตรทั่วไปซึ่งเหตุผลที่ทำให้ราคาการติดตั้งที่สูงอย่างหนึ่งเกิดจากการใช้ปริมาณของชุดอุปกรณ์ที่เกินความความจำเป็น อาทิ จำนวนหรือขนาดของแผงโซล่าเซลล์ แบตเตอรี่ ที่มากหรือน้อยเกินไปกับปริมาณพลังงานของปั๊มน้ำที่ต้องการใช้ [4,5]

ดังนั้นโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด หาความเหมาะสมระหว่างจำนวนแบตเตอรี่ จำนวนแผงเซลล์ให้น้อย และเวลาในการใช้งานของปั๊ม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความคุ้มค่ามากที่สุด

วิธีการวิจัย

1. ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบอิสระ กำลังผลิตไฟฟ้าประมาณ 4 kW (330 W x 12 แผง = 3,960 W) ที่ติดตั้งในพื้นที่ของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี เพื่อใช้ในการทดสอบ ดังแสดงใน ภาพที่ 3 (ก)

2. ใช้แผงโซล่าเซลล์ ชนิด Polycrystalline ขนาดกำลังการผลิต 330 W ต่อแบบอนุกรม 2 แผง แล้วนำมาต่อแบบขนาน 3, 4 และ 5 คู่ (หรือ 6, 8 และ 10 แผง) เพื่อเปรียบเทียบการชาร์จ (อธิคม อนุจิตร อนันต์, 2559) ดังแสดงใน ภาพที่ 3 (ข)

3. ใช้แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah ต่ออนุกรม 4 ลูก (48 V) แล้วกันมาต่อแบบขนานกัน 2 ชุด (หรือ 8 ลูก) ดังแสดงใน รูปที่ 3 (ค) ซึ่งพลังงานในแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคำนวณได้จาก (100 Ah x 12 V x 8 = 9,600 Wh/2 = 4.8 kWh) [6]

4. โหลดที่ใช้ได้แก่ ปั๊มน้ำ AC 220 V Single Phase ขนาด 2.2 kW (3 Hp) ทำงาน 2 ชั่วโมง พลังงานที่ปั๊มใช้คำนวณได้จาก (2,200 W x 2 h = 4.4 kWh) [7]

5. หาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการใช้ปั๊มน้ำขนาด 2.2 kW กับการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ โดยปั๊มทำงาน 2 ชั่วโมง เวลาเริ่มต้นที่ปั๊มเริ่มทำงาน คือ 08.00 น.10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.

6. ทดสอบเฉพาะวันที่ท้องฟ้าโปร่ง อากาศแจ่มใส ของช่วงเดือน มีนาคม ถึง เมษายน 2563

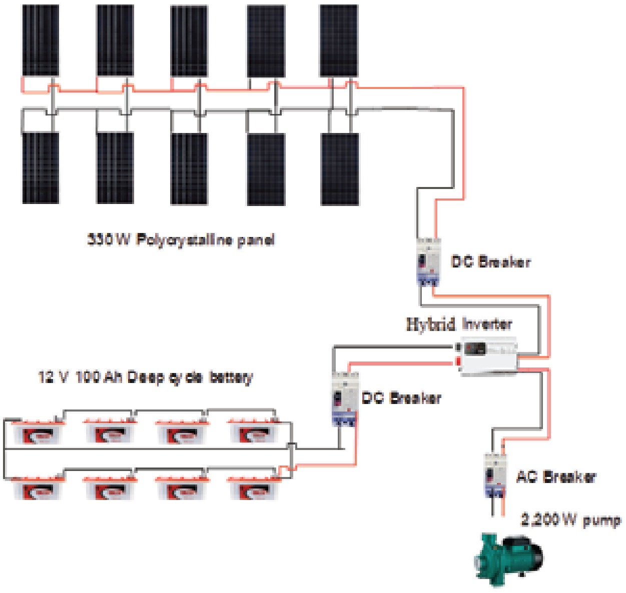
(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

(ข) แผงโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline

(ค) แบตเตอรี่แบบ Deep cycle และ Inverter ขนาด 6 kW

ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบออฟกริดได้ถูกออกแบบและสร้าง โดยกำหนดแผงโซล่าเซลล์ขนาด 330 W ต่อแบบอนุกรมชุดละ 2 แผง ที่ต่อขนานกันทั้งหมด 6 ชุด รวมเป็น 12 แผง ที่มีแรงดันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ประมาณ 80 V เข้าสู่ Charger controller (ซึ่งจะรวมอยู่ในตัวของ Hybrid Inverter) มีหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้าสู่แบตเตอรี่ ด้วยแรงดันประมาณ 48 V หลังจากนั้น Inverter ที่ต่อพ่วงกับโหลด (ปั๊มน้ำ) มีหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ 220 V (ไฟบ้าน) ดังแสดงในภาพที่ 4 ทดสอบกับการทำงานของปั๊มขนาด 2.2 kW เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบการชาร์จตามลำดับ



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

การทดสอบ ใช้จำนวนแผงด้วยการต่อแบบอนุกรมชุดละ 2 แผง แล้วนำมาต่อแบบขนานกัน 3 ชุด 4 ชุด และ 5 ชุด (6 แผง 8 แผง และ 10 แผง ตามลำดับ) โดยขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

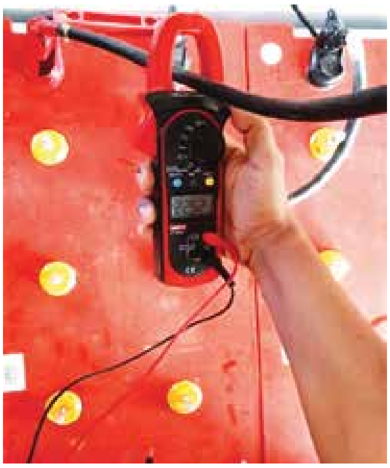
1. การตรวจสอบความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยโดยใช้เครื่องมือวัด Solar Power Meter ในการวัดจะว่างอุปกรณ์ให้ตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์ค่าจะปลากฎบนหน้าจอแสดงผลเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์มีหน่วยเป็น W/m² และ Btu ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยทำการตรวจวัดแสงตั้งแต่เวลา 06.00 น. – 18.00 น. ทุกหนึ่งชั่วโมง

ภาพที่ 5 การวัดความเข้มแสง

ภาพที่ 6 การวัดกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์

2.การตรวจสอบไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ด้วยแคลมป์มิเตอร์ใช้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีลัดวงจรหรือที่เรียกว่า “short circuit” ที่แสดงในภาพที่ 6

3.การตรวจสอบการชาร์จไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่โดยการใช้แคลมป์มิเตอร์แคลมป์ที่เส้นขั้วบวกระหว่างสายแบตเตอรี่กับอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในภาพที่7ซึ่งหากอ่านค่าจากแคลมป์มิเตอร์กระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีการชาร์จไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ และหากอ่านค่าเป็นลบแสดงว่าไม่มีการชาร์จไฟหรือกำลังการใช้โหลดมากว่ากำลังการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์



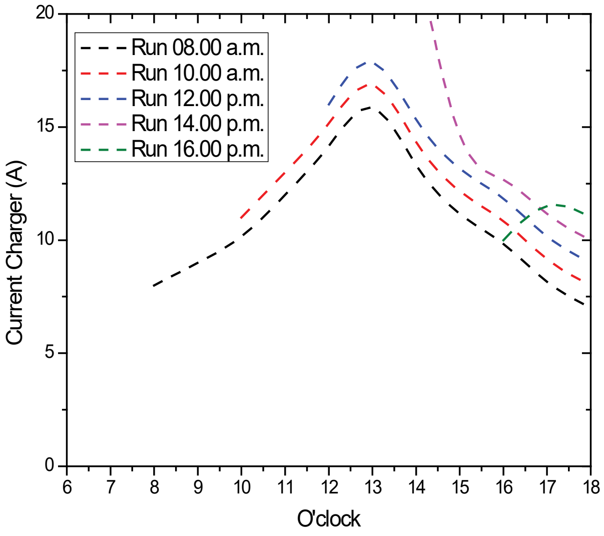
ภาพที่ 7 การวัดการชาร์จกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่

ดังนั้นการตรวจสอบความเหมาะสมระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดกับปั๊มน้ำสามารถตรวจสอบเพื่อเปรียบได้จากค่ากระแสไฟไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์และค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้าหรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อนำไปสู่การได้จำนวนและขนาดที่พอดีกับปริมาณโหลดที่ใช้ อาทิ จำนวนแผงโซล่าเซลล์ และจำนวนแบตเตอรี่ เป็นต้น

ผลและการวิเคราะห์ผลวิจัย

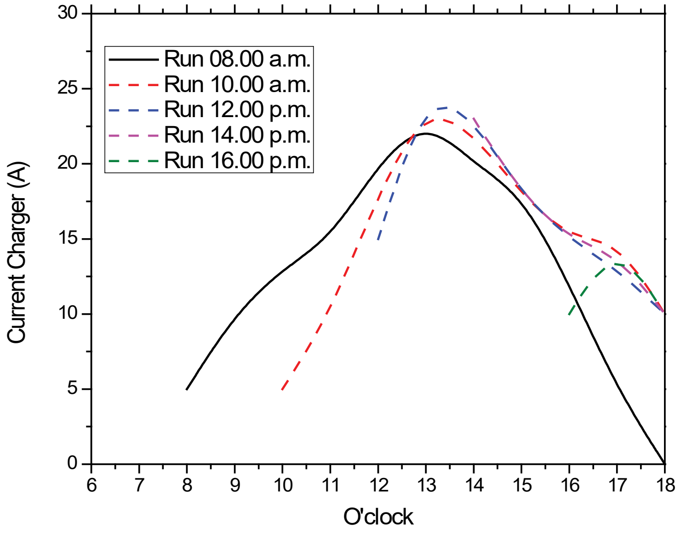
จากภาพที่ 8–10 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ที่มีจำนวนแผงที่แตกต่างกันคือ 6, 8 และ 10 แผงตามลำดับ โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีส้ม) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) ซึ่งเส้นประหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบวัน และเส้นทึบหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่พอดีหรือมากกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวัน

ภาพที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ที่ใช้จำนวน 6 แผง โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีส้ม) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) โดยทุกเส้นจะเป็นเส้นประทั้งหมด ซึ่งหมายถึงการชาร์จที่น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าในรอบวัน



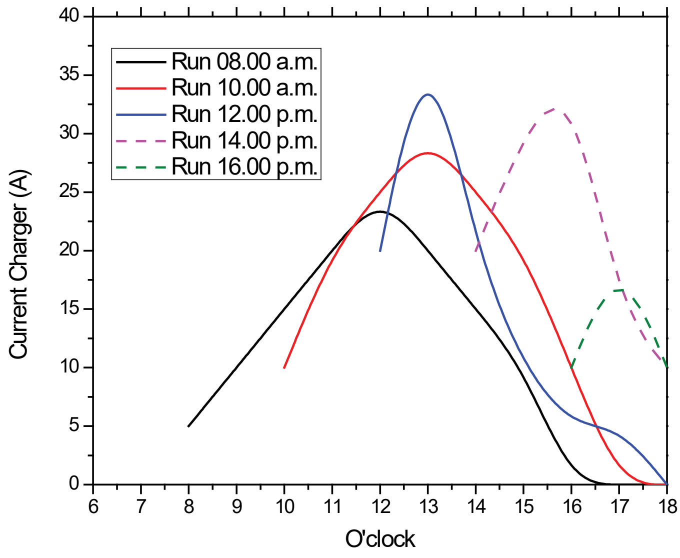
ภาพที่ 8 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซล่าเซลล์จำนวน 6 แผง

ภาพที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ที่ใช้จำนวน 8 แผง โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีส้ม) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) โดยทุกเส้นจะเป็นเส้นประยกเว้นเส้นสีดำ (Run 08.00 น.) ซึ่งหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวัน โดยสังเกตได้จากค่าการชาร์จกระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์พอดีที่เวลา 18.00 น. เกิดจากการที่ไม่มีการชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่เพิ่ม (แบตเตอรี่เต็ม)



ภาพที่ 9 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซล่าเซลล์จำนวน 8 แผง

ภาพที่ 10 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่ใช้จำนวน 10 แผง โดยเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีส้ม) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) เป็นเส้นทึบ ซึ่งหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวันโดยสังเกตได้จากค่าการชาร์จกระแสไฟฟ้าเป็นลดลงเป็นศูนย์ ซึ่งเกิดจากการที่ไม่มีการชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่เพิ่ม (แบตเตอรี่เต็ม) ต่อมาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลา14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) ซึ่งหมายถึงเป็นช่วงเวลาที่ไม่สามารถชาร์จได้ทันเวลาของรอบวัน



ภาพที่ 10 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซล่าเซลล์จำนวน 10 แผง

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ที่มีจำนวนแผงที่แตกต่างกัน คือ 6, 8 และ 10 แผงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาในการเปิดปั๊มทำงานและจำนวนแผงที่ใช้เป็นปัจจัยที่สำคัญในการชาร์จพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้โซล่าเซลล์จำนวน 6 แผงนั้นไม่สามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของปั๊ม 2.2 kW ทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวันได้ไม่ว่าจะเปิดเครื่องในเวลาใดก็ตาม ต่อมา การใช้โซล่าเซลล์จำนวน 8 แผง หากมีการเปิดปั๊มทำงาน 08.00 น. ก็จะสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้พอดีในรอบวัน และการใช้โซล่าเซลล์ 10 แผง ปรากฏว่าหากมีการเปิดให้ปั๊มทำงานไม่เกิน 12.00 น. จะสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้ทันเวลาในรอบวันแต่อาจจะสิ้นเปลืองแผงเกินความจำเป็น

ดังนั้น การทำงานของปั๊มน้ำขนาด 2.2 kW เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน จำเป็นจะต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด แผงโซล่าเซลล์ Polycrystalline ขนาด 330 W จำนวน 8 แผง แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 8 ลูก และควรเปิดเครื่องในเวลา 08.00 น. (ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง) จะมีความเหมาะสมพอดีกันระหว่างพลังงานขาเข้ากับพลังงานที่ต้องการใช้ในรอบวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุน โครงการวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2563 และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอกสารอ้างอิง

[1] นครินทร์ รินพล (2558). คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ.
[2] นภัทร วัจนเทพินทร์ (2554). การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตัวเอง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สกายบุ๊ก ปทุมธานี. 116 หน้า.
[3] วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร, สมชาย สุวราห์วรรณ, สังวาล เพ็งพัด, สุขฤดี นาถกรรณกุล และนิพันธ์ ประทุมศิริ (2536). พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จากสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านเด่นไม้ซุง จังหวัดตาก. รายงานการวิจัย. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.
[4] เจษฎาวรรณศรี, วัชรพันธ์อินทมาศ และสุรวุฒิยะนิล (2558). เครื่องสูบน้ำแผงโซล่าเซลล์. ในการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
[5] สมชาย สุวราห์วรรณ (2537). การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคและเศรษฐกิจของระบบสูบน้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเพื่อการเกษตร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
[6] ปรัชญา มุขดา และขวัญ หนาแน่น (2562). เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33. จังหวัดอุดรธานี.
[7] อัครธร ธิเขียว, กล้าณรงค์ วงศ์สุวรรณ และธนชาต รักษ์ศิลป์ (2560). การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรบนพื้นที่สูงด้วยระบบสูบน้ำพลังงานทดแทนของโครงการสวมหมวกใส่รองเท้าให้ภูเขาหัวโล้นจังหวัดน่าน. รายงานการวิจัย. วิทยาลัยชุมชนน่าน.
[8] อธิคม อนุจิตรอนันต์ (2559). ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในจังหวัดระยอง กรณีศึกษาบริษัท ยูนิตรอน กรุ๊ป.

การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน : กรณีศึกษา ระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
Energy Resilience Assessment: Case Study of a Biogas Production System with a Generator

ภูมิอานันท์ นิยมนา[1] กัมปนาท ทับมณี[1] ปรีชา ศรีประภาคาร[2] นุวงศ์ ชลคุป[1] และกัมปนาท ซิลวา[1]
[Corresponding author: Tel.: 087 812 0502. E-mail address: kampanart.sil@entec.or.th]
[1]ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44130

บทคัดย่อ

เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยขับเคลื่อนโมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG Model อย่างไรก็ดีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมีความท้าทายหลายอย่างโดยหนึ่งในนั้นคือเรื่องการรับมือภัยคุกคามประเภทต่าง ๆ เช่น ภัยธรรมชาติ หรือภัยพิบัติที่มนุษย์สร้างขึ้น การคืนสภาพพลังงานเป็นแนวคิดหนึ่งที่จะช่วยเตรียมความพร้อมให้ระบบผลิตพลังงานทั้งในการรับมือภัยคุกคามและฟื้นฟูระบบที่อาจเสียหายจากภัยคุกคาม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินและพัฒนาศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในฟาร์มสุกร ณ มยุราฟาร์ม อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น จากการประเมินพบว่า ภัยคุกคามที่สำคัญคือสภาพอากาศที่รุนแรง และความเปราะบางที่สำคัญคือการขาดการเก็บสถิติที่เกี่ยวข้องกับแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า การขาดทักษะการซ่อมแซมอุปกรณ์ในบ่อหมัก และการขาดแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ คณะผู้วิจัยเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ คือ การติดตั้งระบบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพและหมั่นจดบันทึกข้อมูล การฝึกอบรมให้ความรู้การปะผ้ายาง และการวางแผนตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ มาตรการเหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการรับมือภัยคุกคามต่างๆให้ระบบผลิตแก๊สชีวภาพและสนับสนุนให้สามารถผลิตและจ่ายแก๊สชีวภาพได้อย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: การคืนสภาพทางพลังงาน, ภัยคุกคาม, แก๊สชีวภาพ, ฟาร์มสุกร, มัญจาคีรี

Abstract

Biofuel is one of the important drivers of the new economic model: BCG model. However, there are several challenges in biofuel utilization. One of them is the management of various types of threats, e.g. natural disasters, technological disasters. Energy resilience is a concept that can help energy generating systems prepare for threats and recover after being damaged by any threats. This research aims to assess and build energy resilience capacity of a biogas generation system with a generator in a swine farm at Mayura Farm, Manjakiri, Khon Kaen. It was found that the important threat is the extreme weather, and the major vulnerabilities are lack of records of biogas and electricity generation, lack of repairing skills, and inexistence of maintenance planning. Three energy resilience measures were proposed including installation of biogas information record system, training of fabric repairing, and monitoring and maintenance planning. These measures will enhance the capability of the biogas production system in coping with threats, and support continuous gas production and distribution.

Keywords: energy resilience, threats, biogas, swine farm, Manjakiri

บทนำ

การนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ในการผลิตความร้อนและไฟฟ้าในชุมชนเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจให้กับชุมชน เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยขับเคลื่อนโมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG Model ซึ่งบูรณาการการพัฒนาเศรษฐกิจใน 3 มิติ คือเศรษฐกิจชีวภาพ (bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) โดยการนำองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มาต่อยอดฐานความเข้มแข็งของประเทศไทยที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม [1] นอกจากนี้ การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพยังเป็นการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 [2] อีกด้วย อย่างไรก็ดี การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมีความท้าทายหลายอย่าง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การจัดหาเชื้อเพลิงให้เพียงพอ การอยู่ร่วมกับชุมชน ฯลฯ ภัยคุกคามต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยธรรมชาติ ภัยพิบัติทางเทคโนโลยี หรือภัยพิบัติที่มนุษย์สร้างขึ้นก็เป็นความท้าทายที่สำคัญอย่างหนึ่งของการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่จำเป็นจะต้องมีการศึกษาให้ทราบถึงรายละเอียดเพื่อให้สามารถกำหนดมาตรการในการป้องกันและรับมือได้

การคืนสภาพทางพลังงาน (energy resilience) เป็นแนวคิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแนวทางในการป้องกันและรับมือภัยคุกคามต่าง ๆ ที่อาจเกิดกับระบบผลิตพลังงาน โดยมากหมายถึงศักยภาพของระบบผลิตพลังงานในการเตรียมการ (prepare) ดูดกลืน (absorb) ฟื้นตัว (recover) และปรับตัว (adapt) เพื่อให้ระบบผลิตพลังงานและชุมชนโดยรอบสามารถรับมือกับภัยคุกคามทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้ [3, 4]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการใช้งานเชื้อเพลิงชีวภาพ และเสนอมาตรการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการคืนสภาพทางพลังงานให้กับระบบผลิตแก๊สชีวภาพนั้น คณะผู้วิจัยเลือกประเมินระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกร ณ มยุราฟาร์ม บ้านคำปากดาว ต. คำแคน อ.มัญจาคีรี จ. ขอนแก่น เนื่องจากเป็นระบบผลิตแก๊สชีวภาพที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรับมือกับปัญหาการต่อต้านฟาร์มสุกรจากชุมชนโดยการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อส่งให้ชาวบ้านในชุมชนใช้งาน ทั้งยังเป็นระบบที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 50 kW 60 kVA เพื่อนำแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มากกว่าความต้องการไปผลิตเป็นไฟฟ้าเพื่อใช้ในฟาร์มสุกรอีกด้วย ทำให้เป็นระบบที่มีความน่าสนใจทั้งในมุมของการอยู่ร่วมกับชุมชนและการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มศักยภาพในการคืนสภาพทางพลังงานจะทำให้ระบบนี้สามารถรับมือกับภัยคุกคามรูปแบบต่าง ๆ ได้และทำให้สามารถใช้เป็นตัวอย่างของระบบผลิตแก๊สชีวภาพที่ประสบความสำเร็จในการรับมือความท้าทายได้หลายรูปแบบ

วิธีการวิจัย

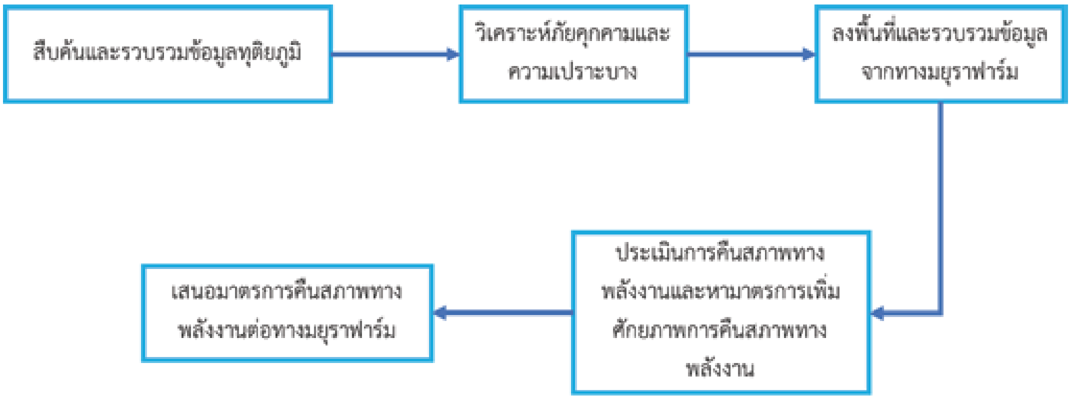
ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของมยุราฟาร์ม จ.ขอนแก่น คณะผู้วิจัยเริ่มต้นการประเมินโดยการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับระบบการผลิตแก๊สชีวภาพและผลิตไฟฟ้า ภัยคุกคามที่เกิดขึ้นในบริเวณ อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น และความเปราะบางของระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกร เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และชุมชนโดยรอบ หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์โอกาสในการเกิดภัยคุกคามต่าง ๆ และระดับของผลกระทบที่อาจจะเกิดจากความเปราะบางแต่ละอย่างของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เมื่อวิเคราะห์เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงลงพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิผ่านการเยี่ยมชมมยุราฟาร์มและการสัมภาษณ์เจ้าของมยุราฟาร์ม ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงผลการวิเคราะห์โอกาสการเกิดภัยคุกคามและความเปราะบางของระบบ แล้วจึง

ประเมินการคืนสภาพทางพลังงานโดยพิจารณาศักยภาพของระบบในการกลับคืนสู่สภาพเดิมหากเกิดภัยคุกคามแต่ละรูปแบบภายใต้ความเปราะบางต่าง ๆ ที่มี คณะผู้วิจัยจะพิจารณามาตรการคืนสภาพทางพลังงานที่จะช่วยแก้ความเปราะบางของระบบการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อให้สามารถรับมือภัยคุกคามได้ และขั้นตอนสุดท้ายคือการนำเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงานที่เหมาะสมต่อมยุราฟาร์ม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการลงพื้นที่และสัมภาษณ์

จากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เจ้าของมยุราฟาร์มดังที่แสดงในภาพที่2พบว่าระบบผลิตแก๊สชีวภาพนี้มีบ่อหมักมูลสุกร 2 บ่อ ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร และ 400 ลูกบาศก์เมตร รวมเป็น 500 ลูกบาศก์เมตร ดังที่แสดงในภาพที่ 3 สามารถส่งแก๊สชีวภาพให้ชุมชนใช้ได้ 130 ครัวเรือน และมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 50 kW 60 kVA ที่ใช้แก๊สชีวภาพที่เหลือจากการส่งให้ชุมชนเป็นเชื้อเพลิง ดังที่แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

ภาพที่ 2 บรรยากาศการลงพื้นที่และสัมภาษณ์
เจ้าของมยุราฟาร์ม

ภาพที่ 3 บ่อหมักมูลสุกร ขนาด 400 ลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 50 kW 60 kVA

ภัยคุกคามและผลกระทบ

ภัยคุกคามหลายอย่างที่พบในจ.ขอนแก่นจะไม่พบในมยุราฟาร์มเช่นจะไม่มีเหตุการณ์น้ำท่วมเพราะทำเลที่ตั้งของฟาร์มอยู่บริเวณที่ราบสูงจึงไม่มีน้ำท่วมหรือน้ำป่าไหลหลาก และจะไม่ได้รับผลจากภัยแล้งเพราะมีแหล่งน้ำอยู่บริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้โอกาสในการเกิดไฟป่าหรือแผ่นดินไหวก็น้อยมาก ปัญหาการต่อต้านจากชุมชนซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในระบบผลิตแก๊สชีวภาพหลายแห่งก็เกิดขึ้นได้ยากในมยุราฟาร์ม เนื่องจากชุมชนได้ใช้แก๊สชีวภาพโดยไม่เสียค่าแก๊ส โดยจะเสียเงินเข้ากองทุนเพียงเดือนละเล็กน้อยเพื่อเป็นค่าบำรุงรักษาเท่านั้น อย่างไรก็ดี ภัยคุกคามที่อาจส่งผลกระทบต่อมยุราฟาร์มคือสภาพอากาศที่รุนแรง (extreme weather) เช่นอากาศเย็นจัดหรืออากาศร้อนจัดโดยอากาศเย็นจัดจะผลิตแก๊สชีวภาพได้น้อยและอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งานในทางกลับกันอากาศร้อนจะส่งผลให้ผลิตแก๊สชีวภาพมากเกินความจุของบ่อหมัก

ความเปราะบาง

ระบบผลิตแก๊สชีวภาพในมยุราฟาร์มยังไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่รุนแรงหรือสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้เนื่องจากไม่มีระบบตรวจวัดการอัตราการผลิตแก๊ส ปริมาณแก๊สที่อยู่ในบ่อหมัก ปริมาณแก๊สที่ถูกส่งไปใช้ และปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยปัจจุบัน ทางมยุราฟาร์มจะสังเกตปริมาณแก๊สที่มีอยู่จากการพองตัวของผ้ายางที่คลุมบ่อหมักมูลสุกรเท่านั้นความเปราะบางนี้ทำให้ผ้ายางเป็นรูรั่วหรือเกิดการฉีกขาดมาแล้วหลายครั้งโดยหากเป็นรูรั่ว คนงานในฟาร์มมยุราสามารถซ่อมแซมได้เองแต่หากเป็นรอยฉีกขาดขนาดใหญ่จะต้องให้ช่างที่มีความชำนาญมาช่วยซ่อมแซมให้ทำให้ต้องรอการซ่อมแซมเป็นเวลานานนอกจากนี้การไม่มีแผนการบำรุงรักษาระบบทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในสถานีจ่ายแก๊สชีวภาพ ช่วงที่คณะผู้วิจัยลงพื้นที่ ฟาร์มมยุราจึงไม่สามารถส่งแก๊สชีวภาพให้ชุมชนได้ แม้จะมีแก๊สชีวภาพในบ่อหมัก ความเปราะบางอีกอย่างหนึ่งคือการต้องกำหนดรอบการเลี้ยงสุกรให้ตรงกันทั้งฟาร์ม เพื่อหลีกเลี่ยงการติดโรคของลูกสุกรจากสุกรที่โตเต็มวัย ทำให้มีช่วงพักคอกเป็นเวลา 1 เดือน รวม 2 ครั้งต่อปี ที่ฟาร์มจะไม่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพให้ชุมชนได้ อย่างไรก็ดี ทางฟาร์มได้แจ้งให้ชุมชนทราบแล้วว่าจะมีช่วงที่ไม่สามารถใช้แก๊สชีวภาพได้ทำให้ชาวบ้านในชุมชนมีเชื้อเพลิงสำรองเช่นแก๊สหุงต้มหรือฟืนอยู่ในครัวเรือนแล้วและฟาร์มจะแจ้งชุมชนผ่านเสียงตามสายทุกครั้งที่เริ่มและหยุดจ่ายแก๊สชีวภาพ ทำให้ชุมชนทราบว่าเมื่อใดบ้างที่จะมีแก๊สชีวภาพใช้งาน

มาตรการคืนสภาพทางพลังงาน

คณะผู้วิจัยนำเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ ดังนี้

1.เก็บรวบรวมสถิติการผลิตแก๊สชีวภาพปริมาณแก๊สชีวภาพคงเหลือในบ่อหมักการจ่ายแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ โดยอาจจะเก็บเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ดูจากความสูงของผ้ายางที่คลุมบ่อหมัก หรืออาจจะติดตั้งอุปกรณ์ง่าย ๆ เพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณด้วย เช่น ติดมิเตอร์เพื่อวัดแก๊สตามจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น บริเวณท่อที่ลำเลียงแก๊สจากบ่อหมักสู่สถานีจ่ายแก๊ส หรือบริเวณท่อขาออกจากสถานีจ่ายแก๊สหรือเก็บข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากหน้าจอของระบบผลิตไฟฟ้าส่วนสำคัญของมาตรการนี้คือการหมั่นจดบันทึกข้อมูลอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีสถิติในระยะยาวที่จะใช้ในการวางแผนจ่ายแก๊สให้เหมาะสมไม่ให้เกิดรู้รั่วหรือการฉีกขาดของผ้ายางและยังเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตและจ่ายแก๊ส และประเมินความคุ้มค่าของระบบอีกด้วย

2.ให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้การปะผ้ายาง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญมาฝึกให้คนงานในฟาร์มสุกร เพื่อให้สามารถซ่อมแซมได้ด้วยตนเองแม้จะเกิดรอยฉีกขาดขนาดใหญ่

3. ให้มีแผนการตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ เช่น อุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานีจ่ายแก๊ส ข้อต่อของท่อต่าง ๆ เพื่อให้ระบบส่งจ่ายแก๊สสามารถใช้งานได้เสมอเมื่อมีการผลิตแก๊สชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของมยุราฟาร์ม บ้านคำปากดาว ต. คำแคน อ.มัญจาคีรี จ. ขอนแก่น จากการประเมินพบว่า ภัยคุกคามที่สำคัญคือสภาพอากาศที่รุนแรงหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็วและความเปราะบางที่อาจเป็นเหตุให้เกิดความเสี่ยงคือ การขาดการเก็บสถิติการผลิต จ่าย และใช้งานแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า การขาดทักษะการซ่อมแซมรอยขาดขนาดใหญ่บนผ้ายางคลุมบ่อหมัก และการขาดแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ คณะผู้วิจัยเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ คือ การติดตั้งระบบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพและหมั่นจดบันทึกข้อมูลการฝึกอบรมให้ความรู้การปะผ้ายางและการวางแผนตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สชีวภาพมาตรการเหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการรับมือภัยคุกคามต่าง ๆ ให้ระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อให้สามารถผลิตและจ่ายแก๊สชีวภาพได้อย่างสม่ำเสมอภายใต้ทุกสถานการณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางมยุราฟาร์มที่อนุเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิเกี่ยวกับระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในฟาร์มและข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับฟาร์มซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] ประชาคมวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว, (2561), สมุดปกขาว BCG in Action, การพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทยเพื่อเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว Bio – Circular – Green Economy
[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2560), แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015)
[3] Mazur C., et al., (2019), A holistic resilience framework development for rural power systems in Emerging economies, Applied Energy, 235:219–32
[4] Roege P. E., et al., (2014), Metrics for energy resilience, Energy Policy, 72:249–56

การพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบน็อคดาวน์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สด
The Development of a Knockdown Solar Greenhouse Dryer for Drying Bamboo Chopsticks

วีระ พันอินทร์[Corresponding author: E-mail address: verapunin@hotmail.com]
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้โครงสร้างสามารถถอดประกอบได้ ลักษณะของตัวห้องโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 2 เมตร หลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมมีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 0.8 เมตร ส่วนผนังของตัวห้องและหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกปิดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับใช้อบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดของชุมชนบ้านปางตุ้ม ตำบลแม่สุก อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง การทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัมด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ.2562 สภาพอากาศในขณะทดลองท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆรังสีอาทิตย์คลื่นยาวมีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย910วัตต์ต่อตารางเมตรและกลายเป็นรังสีความร้อนทำให้อากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร้อนขึ้นมีอุณหภูมิเฉลี่ย 45 องศาเซลเซียสและถ่ายเทความร้อนไปยังตะเกียบไม้ไผ่สดที่มีความชื้นร้อยละ61ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในตัวตะเกียบไม้ไผ่สดออกสู่อากาศโดยมีพัดลมดูดอากาศช่วยในการระบายอากาศชื้นออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จนความชื้นสุดท้ายของตะเกียบไม้ไผ่สดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12 ตามความต้องการเมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดผ่านไป7ชั่วโมงซึ่งช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดตามธรรมชาติแบบเดิมได้ถึง11ชั่วโมงตะเกียบไม้ไผ่แห้งที่ได้มีคุณภาพไม่ปนเปื้อนฝุ่นละอองดังนั้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ13และสุดท้ายนี้การลงทุนติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดสามารถคืนภายในระยะเวลา 4.5 เดือน

คำสำคัญ: โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์ พลังงานแสงอาทิตย์ ไผ่ซาง ตะเกียบไม้ไผ่สด ระยะเวลาคืนทุน

บทนำ

จากปัญหาเชื้อราขึ้นตะเกียบไม้ไผ่ส่งผลกระทบต่อรายได้ที่ผู้ประกอบกิจการผลิตตะเกียบไม้ไผ่และเกษตรกรที่จะได้รับและอาจขยายวงกว้างจนส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจท้องถิ่นของประเทศได้เนื่องจากทั่วประเทศมีผู้ประกอบกิจการผลิตตะเกียบไม้ไผ่ที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมให้ประกอบกิจการผลิตตะเกียบไม้ไผ่ ทั้งสิ้น 71 โรงงาน ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งสร้างอาชีพให้กับประชาชนในท้องถิ่นได้มีรายได้ โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดลำปางมีโรงงานผลิตตะเกียบไม้ไผ่ จำนวน 10 โรงงาน [1] ทั้งนี้เนื่องจากจังหวัดลำปางตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มรอบล้อมด้วยหุบเขามีแม่น้ำวังเป็นแหล่งน้ำสำคัญจึงเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชประจำถิ่นอย่างกับต้นไผ่ซางที่ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตะเกียบไม้ไผ่ [2]

จากการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามแบบการสัมภาษณ์กับเจ้าของโรงงานผลิตตะเกียบไม้ไผ่ชุมชนบ้านปางตุ้มพบว่าโรงงานแห่งนี้ได้มีการรับซื้อไม้ไผ่ซางสดจากเกษตรกรในพื้นที่รอบอำเภอแจ้ห่มเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นตะเกียบไม้ไผ่เส้นเฉลี่ยเดือนละ 20000 กิโลกรัม โดยรับซื้อมาในราคากิโลกรัมละ 1.50 บาท จากนั้นนำต้นไผ่ซางสดที่รับซื้อมาตัดเป็นท่อนด้วยเครื่องตัดท่อนขนาด 1000 วัตต์ ให้แต่ละท่อนมีความยาว 20 เซนติเมตร ก่อนนำเข้าเครื่องยิงไม้ไผ่เส้นสดขนาด 2500 วัตต์ เพื่อผลิตเป็นไม้ไผ่เส้นสดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง0.5เซนติเมตรซึ่งจากขั้นตอนเบื้องต้นไม้ไผ่ซางสด20000กิโลกรัมนำมาผลิตไม้ไผ่เส้นสดได้16000กิโลกรัมในขั้นตอนถัดไปไม้ไผ่เส้นสดจะถูกนำไปลดความชื้นด้วยการตากแดดตามธรรมชาติในพื้นที่โล่งแจ้งประมาณ2วันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงของฤดูกาลซึ่งปริมาณไม้ไผ่เส้นสดที่ผ่านการตากแดดมวลลดลงเหลือ 8500 กิโลกรัม จากนั้นถูกแพ็คใส่ถุงกระสอบก่อนส่งออกไปขายในราคากิโลกรัมละ 13 บาท เพื่อนำไปแปรรูปเป็นตะเกียบไม้ไผ่ต่อไป ดังนั้นจะเห็นว่าในแต่ละเดือนโรงงานผลิตตะเกียบแห่งนี้มีค่าใช้จ่ายจากการรับซื้อไม้ไผ่สดเฉลี่ยเดือนละ 30000 บาท และมีรายได้ประมาณการจากการขายไม้ไผ่เส้นเฉลี่ยเดือนละ 110500 บาท แต่ในความเป็นจริงในช่วงที่ผ่านมาโรงงานผลิตไม้ไผ่เส้นแห่งนี้ประสบปัญหาการอบแห้งไม้ไผ่เส้นโดยใช้วิธีการตากแดดตามธรรมชาติหลายประการ เช่นทำให้ไม้ไผ่เส้นที่ได้มีการปนเปื้อนจากการรบกวนของแมลงต่าง ๆ และฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศมีผลทำให้ไม้ไผ่เส้นหลังตากแดดโดยธรรมชาติไม่ได้มาตรฐานในเรื่องของความสะอาด นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนทำให้ไม้ไผ่เส้นเกิดการเน่าเสียหรือเกิดเชื้อรา เป็นเหตุให้ไม่สามารถเก็บไม้ไผ่เส้นไว้ได้ไม่นานหรือเกิดความเสียหายได้ทำให้ผลตอบแทนที่ควรจะได้รับไม่เป็นไปตามเป้าหมายข้างต้น การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ซึ่งอาศัยการพาความร้อนสามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การพาความร้อนตามธรรมชาติอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อนของของไหลและการพาความร้อนแบบบังคับอากาศอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [3] ซึ่งการพาความร้อนแบบบังคับได้รับพัฒนาและนำไปประยุกต์ใช้จากนักวิจัยหลายท่านในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบริบทของแต่พื้นที่นั้นได้แก่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบรูปทรงพาราโบลาขนาดใหญ่ที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตสำหรับอบแห้งผักและผลไม้[4-6]โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร [7] และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้งสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ชุมชน[8]เป็นต้นรวมทั้งลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น [9]

ด้วยเหตุนี้กลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่เส้นสดจากต้นไผ่ซางของชุนชนบ้านปางตุ้ม ตำบลแม่สุก อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ได้เล็งเห็นความสำคัญและโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่เส้นสดให้มีกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานและมีต้นทุนที่ต่ำลงจึงได้ร่วมมือกับทางสาขาวิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางช่วยกันพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับอบแห้งไม้ไผ่เส้นสดเพื่อลดความชื้นลงอย่างสม่ำเสมอช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการตากแดดด้วยวิธีตามธรรมชาติโดยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบสำคัญคือตัวห้องของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมปกคลุมด้วยโพลีคาร์บอเนตใสและมีการติดตั้งพัดลมเพื่อระบายความชื้นออกจากไม้ไผ่เส้นสด มีลักษณะเด่นเป็นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์ที่ออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย สามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมีต้นทุนการผลิตต่ำและได้ไม้ไผ่เส้นที่มีคุณภาพสำหรับนำไปผลิตเป็นตะเกียบไม้ไผ่ต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถนำแนวคิดของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์ไปพัฒนาต่อยอดสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เพื่อให้การอบแห้งเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน๊อคดาวน์ให้มีความเหมาะสมกับทักษะช่างฝีมือแรงงานในชุมชนสำหรับนำมาใช้อบแห้งตะเกียบในโรงงานผลิตตะเกียบไม้ไผ่สดชุมชนบ้านปางตุ้ม ตำบลแม่สุก อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบน๊อคดาวน์หรือสามารถถอดประกอบได้ให้มีความเหมาะสมกับทักษะช่างฝีมือแรงงานในชุมชนและดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดเพื่อให้ความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่เส้นสดลดลงอย่างสม่ำเสมอช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดและช่วยยกระดับคุณภาพของตะเกียบไม้ไผ่ให้ได้มาตรฐานและถูกสุขลักษณะอนามัย โดยมีรายละเอียดของวิธีการดังนี้

(ก) การเทพื้นคอนกรีตสำหรับใช้เป็นฐาน

(ข) การกำหนดตำแหน่งการติดตั้ง

(ค) โครงสร้างตัวห้องและหลังคา

(ง) การติดตั้งพัดลมบังคับการไหลของอากาศ

(จ) ตะแกรงสำหรับชั้นวางตะเกียบไม้ไผ่สด

(ฉ) ตะเกียบไม้ไผ่เส้นแห้ง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1. การออกแบบและติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบซึ่งอาศัยการพาความร้อนสำหรับโครงการวิจัยนี้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดอาศัยหลักการพาความร้อนแบบบังคับอากาศด้วยพัดลมนอกจากนี้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ยังออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้เพื่อสะดวกสำหรับการติดตั้งและมีความเหมาะสมกับทักษะช่างฝีมือแรงงานในชุมชนตามความต้องการของผู้ประกอบการผลิตตะเกียบไม้ไผ่โดยมีรายละเอียดที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1) การออกแบบและการเทพื้นคอนกรีตสำหรับเป็นฐานติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การเทพื้นคอนกรีตที่วางบนพื้นดินสำหรับใช้เป็นฐานติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญยิ่งและจำเป็นต้องทำให้มีความแข็งแรงทนทานเนื่องจากเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1 (ก) การตีแบบและการเทพื้นทำฐานด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเส้นกลม (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร) ให้มีความหนา 15 เซนติเมตร ความกว้าง 4.5 เมตร และความยาว 6.5 เมตร รวมทั้งการเทพื้นคอนกรีตสำหรับใช้เป็นทางเดินรอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความกว้างยาวด้านละ1.0เมตรและให้มีความลาดเอียงเพื่อป้องกันน้ำไหลเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2) การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากจังหวัดลำปางตั้งอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 17 องศา ถึง 19 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นลองติจูด 98 องศา 45 ลิปดา ถึง 100 องศา 15 ลิปดาตะวันออกดวงอาทิตย์จึงขึ้นเอียงทำมุมกับขอบฟ้า72องศาในแต่ละวันดวงอาทิตย์จะไม่ขึ้นและตกตำแหน่งเดิมเสมอไปเนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียงทำมุม 23.5 องศากับระนาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ภาพที่ 1(ข)ตำแหน่งของการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันจะต้องติดตั้งโดยหันด้านหน้าของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้อยู่ทางทิศตะวันออกและด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ทางทิศตะวันตกโดยด้านข้างหรือด้านตามยาวของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะอยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งจะทำให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน

3) การออกแบบและสร้างตัวห้องและหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การก่อสร้างตัวห้องโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมและหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมมีความจำเป็นต้องออกแบบให้สามารถรับแผ่นโพลีคาร์บอเนตและมีพื้นที่ใช้สอยเพียงพอสำหรับใช้เป็นพื้นที่บรรจุตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัม รวมทั้งโครงสร้างสามารถประกอบได้ง่ายในการติดตั้งตัวห้องและหลังคาของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ภาพที่ 1 (ค) การติดตั้งโครงสร้างตัวห้องและหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเหล็กท่อกลมกัลวาไนซ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร) เชื่อมส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างด้วยข้อต่อแล้วยึดแน่นด้วยน๊อตทำให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย ตัวห้องโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 2 เมตร ส่วนหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 0.8 เมตร ผนังของตัวห้องและหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกปิดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร ดังนั้นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีพื้นที่ใช้สอยสำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดเท่ากับ 24 ตารางเมตร

4) การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบบบังคับอากาศโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

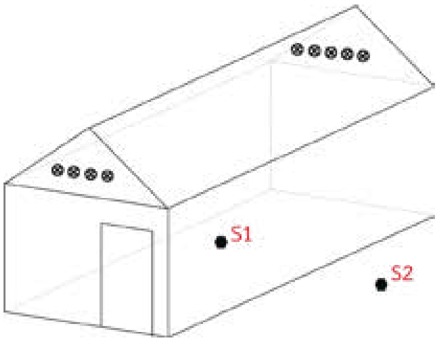
โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อาศัยหลักการพาความร้อนแบบบังคับอากาศด้วยพัดลมซึ่งนับได้ว่าการบังคับการไหลของอากาศด้วยพัดลมเป็นหัวใจสำคัญของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดนี้ ซึ่งการคำนวณขนาดของพัดลมดูดอากาศที่เหมาะสม (อัตราการไหลของอากาศ) กับอัตราการระเหยของน้ำในตะเกียบไม้ไผ่สดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้กับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ภาพที่ 1 (ง) การติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาด 5 วัตต์ จำนวน 8 ตัว สำหรับใช้ในการบังคับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยความกดดันต่ำ ๆ เข้าสู่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อัตราการไหลต่อเนื่อง 1400 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีซึ่งแบ่งเป็นพัดลมดูดอากาศกระแสตรงใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ขนาด 25 วัตต์ ตำแหน่งการติดตั้งด้านหน้าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่ดูดอากาศจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และพัดลมระบายอากาศกระแสตรงใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ขนาด 25 วัตต์ ตำแหน่งการติดตั้งด้านหลังโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่บังคับอากาศร้อนที่มีความชื้นสะสมอยู่ออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

5) การออกแบบและติดตั้งตะแกรงสำหรับชั้นวางตะเกียบไม้ไผ่สด

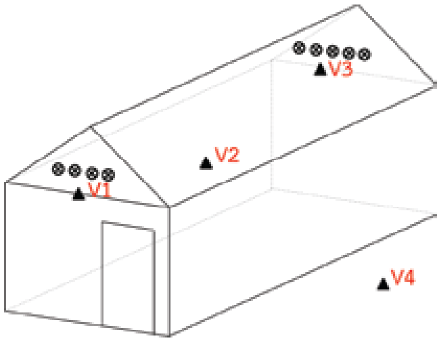
ตะแกรงสำหรับวางตะเกียบไม้ไผ่สดเป็นอุปกรณ์ที่สัมผัสกับตะเกียบไม้ไผ่สดจำเป็นต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับรองรับปริมาณตะเกียบไม้ไผ่สดที่นำมาอบแห้งไม่ให้เกิดการซ้อนทับกันจนเป็นอุปสรรคต่อการระเหยของความชื้นออกจากตะเกียบไม้ไผ่สด ภาพที่ 1 (จ) การติดตั้งตะแกรงสำหรับวางตะเกียบไม้ไผ่สดที่นำมาอบแห้ง โครงสร้างตะแกรงทำจากเหล็กฉากวางตัวรูปตัวยูขนาดความกว้าง 1.5 เมตร และความสูง 0.8 เมตร เว้นช่องทางเดินอยู่ตรงกลางระหว่างตะแกรง ส่วนตะแกรงทำจากเหล็กฉีก XS31 ขนาดของรูตะแกรง 12 x 30.5 มิลลิเมตร ความหนา 1.2 มิลลิเมตร และสันตะแกรง 1.5 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่ใช้งานเพียงพอสำหรับรองรับตะเกียบไม้ไผ่สดที่นำมาอบแห้งและขนาดของรูตะแกรงเหมาะสมที่จะให้ความร้อนไหลผ่านด้านล่างตะแกรงพาความความชื้นที่มีอยู่ในตะเกียบไม้ไผ่สดลอยตัวสู่ด้านบนก่อนจะถูกพัดลมดูดอากาศบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนที่มีความชื้นสะสมอยู่ไหลออกด้านนอกของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2. ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเก็บผลทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สด

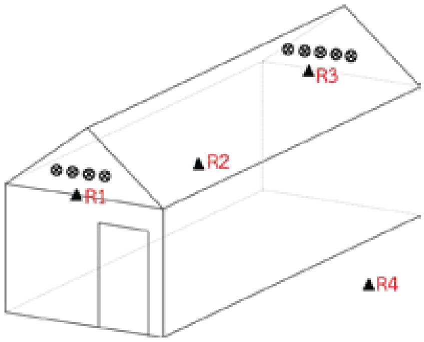
การทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัม ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดำเนินการติดตั้งระบบตรวจวัดพารามิเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ อัตราการไหลของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่หลังการอบแห้ง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



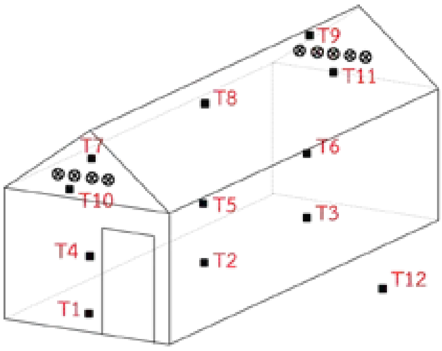
(ก) ตำแหน่งการวัดความเข้มรังสี
ดวงอาทิตย์



(ข) ตำแหน่งการวัดอัตราการไหล
ของอากาศ



(ค) ตำแหน่งการวัดความชื้นสัมพัทธ์
ของอากาศ



(ง) ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ
ของอากาศ

ภาพที่ 2 ตำแหน่งการการติดตั้งอุปกรณ์และเก็บผลทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สด

1) การวัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (Pyranometer) ยี่ห้อ LI-19 ทำการวัดและบันทึกผลของค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ภาพที่ 2 (ก) ตำแหน่งการวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ขณะทำการทดสอบอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยกำหนดสัญลักษณ์ของการตรวจวัดตำแหน่งดังนี้ S1 คือตำแหน่งกึ่งกลางภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และตำแหน่ง S2 คือบริเวณภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์(สิ่งแวดล้อม) ตามลำดับ

2) การวัดค่าอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมยี่ห้อ Air Velocity Meter TM-412 ทำการวัดและบันทึกผลค่าอัตราการไหลของอากาศทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ภาพที่ 2 (ข) ตำแหน่งการวัดค่าอัตราการไหลของอากาศขณะทำการทดสอบอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยกำหนดสัญลักษณ์ตำแหน่งการวัดต่าง ๆ ดังนี้ V1 คือ ตำแหน่งหลังคาด้านหน้าของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บริเวณพัดลมดูดอากาศเข้าระบบ) V2 คือ ตำแหน่งตรงกลางโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ V3 คือ ตำแหน่งหลังคาด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บริเวณพัดลมดูดอากาศ) และ V4 คือ บริเวณภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (สิ่งแวดล้อม) ตามลำดับ

3) การวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) ยี่ห้อ testo 635 รุ่น D-79853 ทำการวัดและบันทึกผลค่าความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ภาพที่ 2 (ค) ตำแหน่งการวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะทำการทดสอบอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยกำหนดสัญลักษณ์ตำแหน่งการวัดต่าง ๆ ดังนี้ R1 คือตำแหน่งหลังคาด้านหน้าภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บริเวณพัดลมดูดอากาศ) R2 คือตำแหน่งตรงกลางภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ R3 คือ ตำแหน่งหลังคาด้านหลังภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บริเวณพัดลมดูดอากาศ) และ R4 คือ บริเวณภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (สิ่งแวดล้อม) ตามลำดับ

4) การวัดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเคและบันทึกข้อมูลลงเครื่องบันทึกข้อมูล Multi-Channel Data Logger-20 Channels รุ่น GL820 ยี่ห้อ Graphtec ทำการวัดและบันทึกผลค่าอุณหภูมิอากาศทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ภาพที่ 2 (ง) ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยกำหนดสัญลักษณ์ตำแหน่งการวัดต่าง ๆ ดังนี้ ตำแหน่ง T1 T2 และ T3 คือ การวัดอุณหภูมิส่วนล่างของตัวห้องเหนือชั้นวางตะเกียบไม้ไผ่บริเวณด้านหน้า ตรงกลาง และด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับ ตำแหน่ง T4 T5 และ T6 คือ การวัดอุณหภูมิส่วนกลางของตัวห้องบริเวณด้านหน้า ตรงกลาง และด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับ ตำแหน่ง T7 T8 และ T9 คือ การวัดอุณหภูมิตำแหน่งส่วนบนของตัวห้องบริเวณด้านหน้า ตรงกลาง และด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับ ตำแหน่ง T10 และ T11 คือ การวัดอุณหภูมิตำแหน่งส่วนบนของหลังคาบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับและตำแหน่ง T12 คือ การวัดอุณหภูมิบริเวณภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (สิ่งแวดล้อม) ตามลำดับ

5) การวิเคราะห์ค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดก่อนและหลังทดลองอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการทดลองหาค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดตามมาตรฐาน ASTM E 3173 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สด จำนวน 1 กิโลกรัม นำมาหามวลเริ่มต้นแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า FN 500 ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสโดยให้ความร้อนกระจายทั่วถึงตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่ทั้งหมด ทุก ๆ 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดมาตรวจสอบมวลแล้วบันทึกผลจนกว่ามวลคงที่ จากนั้นนำค่ามวลก่อนและหลังอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

ความชื้นมาตรฐานแห้ง หาได้จากสูตร

$$M_d = \left(\frac{w - d}{d}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
w คือ มวลของตะเกียบไม้ไผ่สด (kg)
d คือ มวลของตะเกียบไม้ไผ่แห้ง (kg)

ค่าความชื้นแบบมาตรฐานแห้งนำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าความชื้นหลังกระบวนการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากประมาณได้ว่ามวลของตะเกียบไม้ไผ่แห้งมีค่าคงที่

3.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดซึ่งผลต่างของอุณหภูมิอากาศไหลเข้าและออกระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาใช้คำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ดังนี้

$$\eta = \frac{m_a C_{p,a} \Delta T_a}{A_p I} \qquad (2)$$

เมื่อ	η	คือ	ประสิทธิภาพทางความร้อนของโรงอบแห้ง (%)
	ma	คือ	อัตราการไหลของอากาศผ่านห้องอบแห้ง (kg/s)
	$C_{p.a}$	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kg K)
	ΔT_a	คือ	ผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าและออกจากโรงอบแห้ง (K)
	A_p	คือ	พื้นที่รับแสงอาทิตย์ (m2)
	I	คือ	ความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m2)

3.6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์นำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกโครงการหรือวิธีดำเนินการใด ๆ โดยมีเป้าหมายของการวิเคราะห์โครงการ คือการวิเคราะห์โครงการนั้นจะต้องนำไปสู่ข้อสรุปขั้นสุดท้ายในการเลือกลงทุนในโครงการว่าควรลงทุนในโครงการนั้นหรือไม่การอาศัยเทคนิคในการวิเคราะห์การลงทุนจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการลงทุนในโครงการลงทุนนั้นจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผู้ประกอบการได้

เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ คือ ระยะเวลาคืนทุนซึ่งการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดนั้นมีต้นทุนการผลิตเป็นการลงทุนจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และจัดจ้างแรงงานช่างเพื่อใช้ในการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเริ่มใช้งานโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่ในช่วงระยะเวลาแรกจะอยู่ในสภาวะขาดทุนแต่เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะเริ่มคืนทุนและมีผลกำไรตามมา สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้จากสมการต่อไปนี้

(3)

ระยะเวลาคืนทุน = **จำนวนงวดก่อนคืนทุน** + **(เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน/กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีคืนทุน)**

ดังนั้นการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้อบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจะช่วยเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้ประกอบการที่สนใจจะลงทุนเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดแทนวิธีการลดความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยวิธีตากแดดตามธรรมชาติแบบเดิม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

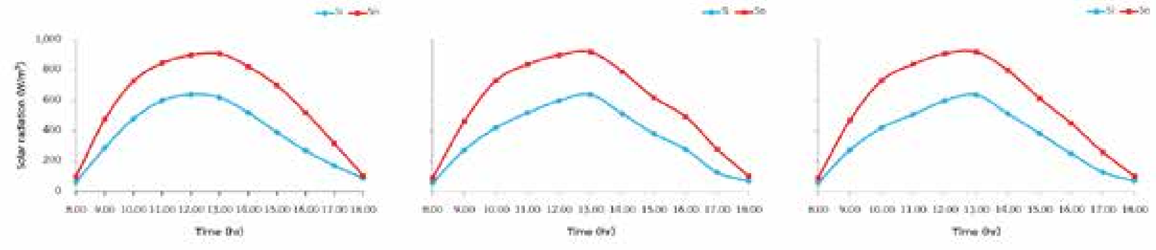
งานวิจัยในส่วนนี้เป็นผลทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์โดยใช้หลักการพาความร้อนแบบบังคับอากาศด้วยพัดลมสำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดเพื่อทำให้ความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดลดลงทั่วกันอย่างสม่ำเสมอลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่ปนเปื้อนฝุ่นละออง ช่วยยกระดับคุณภาพของตะเกียบไม้ไผ่ให้ได้มาตรฐานและถูกสุขลักษณะอนามัย โดยมีผลการดำเนินงานวิจัยดังนี้

4.1 ผลการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัมด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์ระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ.2562 สภาพอากาศในขณะนั้นท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆ เริ่มตรวจวัดและบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความชื้นตะเกียบไม้ไผ่ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ อัตราการไหลของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. ผลการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

การวัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์(Pyranometer) ยี่ห้อ LI-19 ทำการวัดและบันทึกผลของค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้งภายใน (Si) และภายนอก (So) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 3

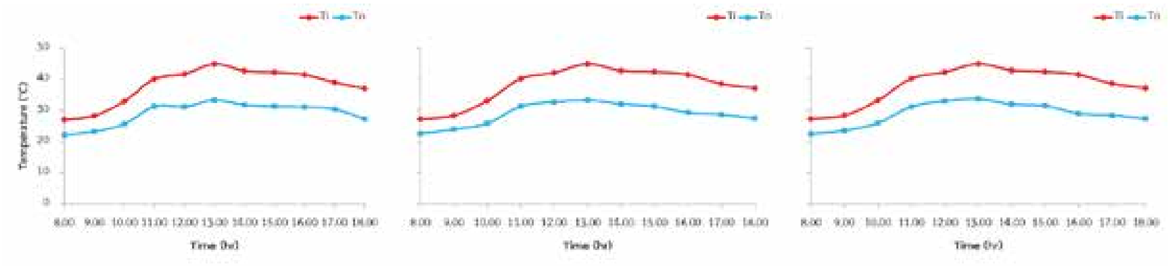


ภาพที่ 3 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่4.1พบว่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาสภาพอากาศและมลภาวะทางอากาศของแต่ละวันโดยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 06.00 น. จนถึงเวลา 13.00 น. ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงที่สุดเฉลี่ย 910 วัตต์ต่อตารางเมตร หลังจากนั้นความเข้มแสงอาทิตย์จะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั้งเวลา 18.00 น. มีค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เท่ากับศูนย์

2) อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

การวัดอุณหภูมิของอากาศ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค และบันทึกข้อมูลลงเครื่องบันทึกข้อมูล Multi-Channel Data Logger-20 Channels รุ่น GL820 ยี่ห้อ Graphtec ทำการวัดและบันทึกผลค่าอุณหภูมิอากาศทั้งภายใน (Ti) และภายนอก (To) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4

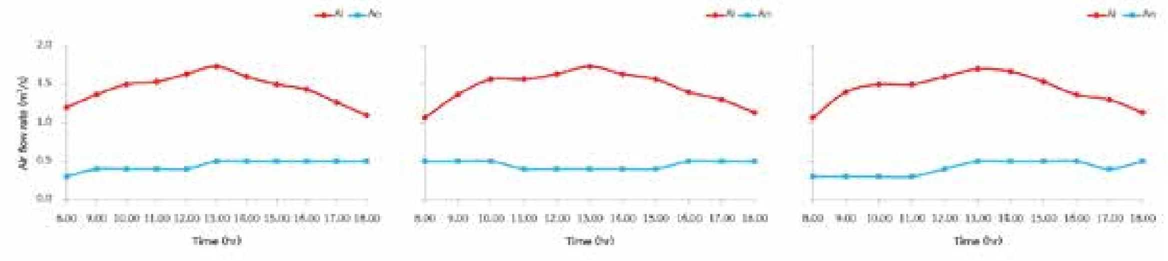


ภาพที่ 4 อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยระหว่างระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่ 4 พบว่าอุณหภูมิของอากาศภายใน (Ti) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (To) จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุด 45 องศาเซลเซียสในขณะที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเนื่องจากเมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้ามาภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รังสีจากดวงอาทิตย์บางส่วนจะสะท้อนกลับด้วยพื้นผิวของวัสดุหลากหลายชนิดภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ บางส่วนจะสะท้อนกลับออกไปสู่ภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในขณะที่รังสีจากดวงอาทิตย์ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซับด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนส่วนใหญ่จะไม่สามารถสะท้อนทะลุผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่มุงหลังคาและฝาผนังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ออกไปได้และจะถูกเก็บกักไว้ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นและสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

3) อัตราการไหลของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การวัดค่าอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมยี่ห้อ Air Velocity Meter TM-412 ทำการวัดและบันทึกผลค่าอัตราการไหลของอากาศทั้งภายใน (Ai) และภายนอก (Ao) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5

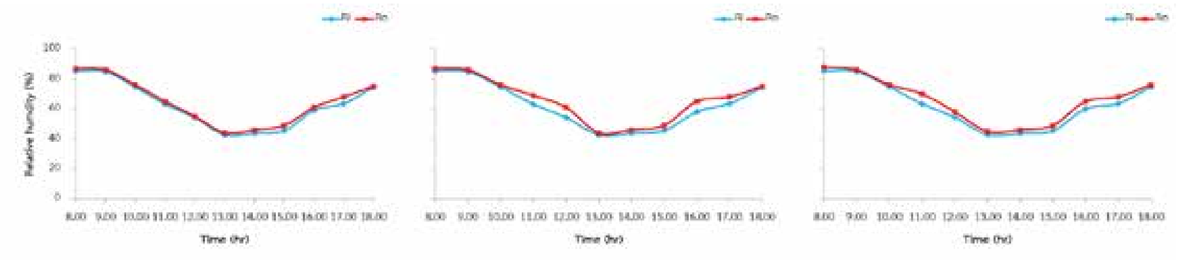


ภาพที่ 5 อัตราการไหลของอากาศระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่ 5 พบว่าอัตราการไหลของอากาศภายใน (Ai) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดและอัตราการไหลของอากาศสิ่งแวดล้อม (Ao) จะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้งนี้เนื่องจากการบังคับอัตราการไหลของอากาศด้วยพัดลมทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาเซลล์ซึ่งมีค่าแปรผันตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์โดยอัตราการไหลของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลของอากาศที่เพียงพอต่อการระบายความร้อนชื้นที่ระเหยออกมาจากตะเกียบไม้ไผ่สดขณะทำการอบแห้งออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4) ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) ยี่ห้อ testo 635 รุ่น D-79853 ทำการวัดและบันทึกผลค่าความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายใน (Ri) และภายนอก (Ro) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6



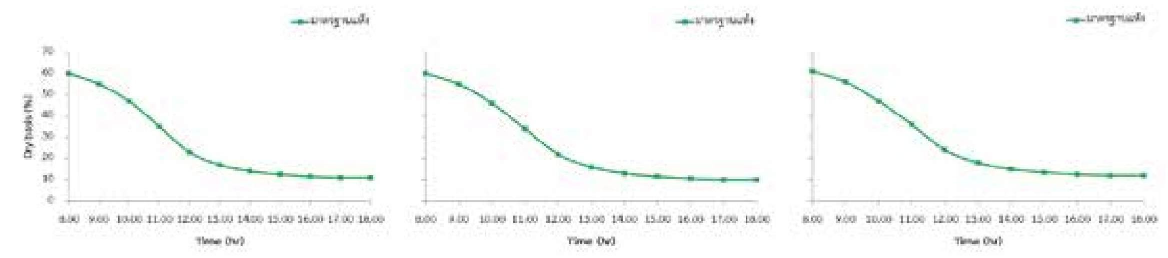
ภาพที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่6พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายใน(Ri)โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก(Ro)โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สดหรือสิ่งแวดล้อมซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ42ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ45เนื่องจากน้ำที่ระเหยออกจากตะเกียบไม้ไผ่สดภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกระบายออกไปด้วยพัดลมดูดอากาศจึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในต่ำกว่าภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

5) ความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดหลังอบด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การหาค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดดำเนินการตามมาตรฐานASTME3173โดยการสุ่มตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 1 กิโลกรัม นำมาหามวลเริ่มต้นแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า FN 500 ตั้งค่าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึงตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดจากนั้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดมาหามวลที่เปลี่ยนไปแล้วบันทึกผลจนกว่ามวลคงที่(ทำตัวอย่างล่ะ3ซ้ำ)จากนั้นนำค่ามวลก่อนและหลังอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของตะเกียบไม้ไผ่สดซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความชื้นของตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดมีค่าร้อยละ 61

ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดหลังการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัมมาหามวลเริ่มต้นแล้วนำไปอบแห้งในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และทุก ๆ 1 ชั่วโมงจะนำตัวอย่างตะเกียบไม้ไผ่สดมาหามวลที่เปลี่ยนไปแล้วบันทึกผลจนกว่ามวลคงที่จากนั้นนำค่ามวลก่อนและหลังอบแห้งที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของตะเกียบไม้ไผ่สด โดยมีผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความชื้นเฉลี่ยของตะเกียบไม้ไผ่ระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่ 7 พบว่าค่าความชื้นของตะเกียบไม้ไผ่สดจะค่อย ๆ ลดต่ำลงแปรผันตามอัตราการระเหยน้ำของตะเกียบไม้ไผ่สดและอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นซึ่งค่าความชื้นสุดท้ายของตะเกียบไม้ไผ่สดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12 (dry basis) และมวลของตะเกียบไม้ไผ่แห้งเฉลี่ยเท่ากับ 714 กิโลกรัม เมื่อเวลาที่ใช้อบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดผ่านไป 7 ชั่วโมง เนื่องจากการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้อัตราการระเหยน้ำออกจากตะเกียบไม้ไผ่สดที่สูงและสม่ำเสมอจึงช่วยร่นระยะเวลาในการอบแห้งได้ถึง 11 ชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดด้วยวิธีธรรมชาติที่ใช้ระยะเวลาในการตากแดดนานถึง 18 ชั่วโมง

4.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัมด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะอากาศแจ่มใส ท้องฟ้าปลอดโปร่ง สามารถนำพารามิเตอร์ของผลการทดลองไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ ค่าความชื้นเริ่มต้นของตะเกียบไม้ไผ่เฉลี่ยร้อยละ 61 พื้นที่รับแสงจาดดวงอาทิตย์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 24 ตารางเมตร ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 910 วัตต์ต่อตารางเมตร อัตราการไหลอากาศผ่านห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 0.9592 กิโลกรัมต่อวินาที และผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าและออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 288 องศาเควิน สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

จาก
$$\eta = \frac{m_a C_{p,a} \Delta T_a}{A_p I}$$
$$= \frac{(0.9592\ kg/s) \times (1.02 \times 10^3\ kJ/kg\ K) \times (288\ K)}{(24\ m^2) \times (910\ W/m^2)}$$
$$= 13\ \%$$

4.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สด ณ ชุมชนบ้านปางตุ้ม อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง โดยการติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้มีต้นทุนต่าง ๆ เช่น ต้นทุนค่าวัสดุ ต้นทุนค่าอุปกรณ์ และต้นทุนค่าแรงงาน เป็นต้น เมื่อพิจารณาแล้วพบว่ามีต้นทุนการก่อสร้างรวมเท่ากับ 150000 บาท และมีค่าใช้จ่ายจากการรับซื้อไม้ไผ่สดเท่ากับ 30000 บาท ค่าแรงงานยิงไม้ไผ่เท่ากับ 12000 บาท ค่าแรงงานตัดไม้ไผ่เท่ากับ 10500 บาท ค่าผ่าไม้ไผ่เท่ากับ 9000 บาท ค่ามัดตะเกียบไม้ไผ่เท่ากับ 8500 บาท และค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 6000 บาท ขายตะเกียบไม้ไผ่เส้นแห้งได้เงินเท่ากับ 110500 บาท ดังนั้นผลกำไรสุทธิหลังจากขายตะเกียบไม้ไผ่ต่อเดือนเท่ากับ 34500 บาท สำหรับกระแสเงินสดรับสุทธิในแต่ละเดือนสามารถแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ระยะเวลาคืนทุนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เดือนที่	กระแสเงินสดรับสุทธิ (บาท)	กระแสเงินสดรับสุทธิสะสม (บาท)
1	34,500	34,500
2	34,500	69,000
3	34,500	103,500
4	34,500	138,000
5	34,500	172,500

จากสมการระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}}$$

$$= 4 + \frac{172{,}500}{34{,}500}$$

$$= 4.5 \text{ เดือน}$$

ดังนั้นการลงทุนติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดช่วยลดระยะเวลาอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดตะเกียบไม้ไผ่แห้งที่ได้มีคุณภาพไม่ปนเปื้อนฝุ่นละอองและสามารถคืนทุนในระยะเวลาเท่ากับ 4.5 เดือน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการออกแบบลักษณะโครงสร้างของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถถอดประกอบได้สะดวกในการติดตั้ง ตัวห้องโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 2 เมตร หลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมมีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 6 เมตร และมีความสูง 0.8 เมตร ส่วนผนังของตัวห้องและหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกปิดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับใช้อบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัม พบว่าการก่อสร้างและติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบนี้มีความเหมาะสมกับทักษะช่างฝีมือแรงงานในชุมชนและมีต้นทุนต่ำกว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปที่ยึดติดถาวรรวมทั้งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามความต้องการของผู้ประกอบการผลิตตะเกียบไม้ไผ่สดนั่นคือเมื่อนักวิจัยคืนพื้นที่วิจัยผู้ประกอบการสามารถดูแลบำรุงรักษาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยช่างฝีมือแรงงานในชุมชนได้เอง

ในส่วนของผลการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สดโดยทดลองอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดจำนวน 800 กิโลกรัม ระหว่างวันที่ 22-24 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สภาพอากาศในขณะทดลองท้องฟ้าแจ่มใส ปราศจากเมฆ รังสีดวงอาทิตย์ทะลุผ่านชั้นโอโซนเข้ามายังบรรยากาศโลกเมื่อเคลื่อนที่ผ่านมายังบริเวณแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่ใช้สร้างหลังคาครอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะเกิดการสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตออกไป แต่รังสีอาทิตย์คลื่นสั้นจะสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เกิดการกระทบและดูดกลืนกับวัสดุต่างๆที่อยู่ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้รังสีอาทิตย์คลื่นสั้นมีพลังงานลดลงกลายเป็นรังสีอาทิตย์คลื่นยาวที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 910 วัตต์ต่อตารางเมตรและกลายเป็นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟาเรดนั่นเองซึ่งรังสีความร้อนดังกล่าวไม่สามารถเดินทางผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตออกมาสู่ภายนอกได้ทำให้อากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเฉลี่ย45องศาเซลเซียสและถ่ายเทความร้อนไปยังตะเกียบไม้ไผ่สดทำให้เกิดการระเหยของน้ำในตัวตะเกียบไม้ไผ่สดออกสู่อากาศอากาศชื้นดังกล่าวจะไหลออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีพัดลมดูดอากาศช่วยในการระบายอากาศชื้นด้วยอัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ขณะเดียวกันอากาศสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียสและความชื้นต่ำจากภายนอกจะถูกดูดเข้าไปยังโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ดังนั้นการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยทำให้ความชื้นตะเกียบไม้ไผ่สดลดลงอย่างสม่ำเสมอ ช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดแบบธรรมชาติแบบเดิมได้ถึง 11 ชั่วโมง ตะเกียบไม้ไผ่ที่ได้ไม่ปนเปื้อนฝุ่นละอองและช่วยยกระดับคุณภาพของตะเกียบไม้ไผ่ให้ได้มาตรฐานสุดท้ายนี้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยร้อยละ 13 และจากการลงทุนติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งตะเกียบไม้ไผ่สดสามารถคืนภายในระยะเวลา 4.5 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยสกว. (เดิม) โรงงานผลิตตะเกียบไม้ไผ่ชุมชนบ้านปางตุ้ม ตำบลแม่สุก อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง และขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2560). ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม. สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2562, จาก http://www.diw.go.th

[2] สำนักงานสภาเกษตรกรจังหวัดลำปาง (2560). ส่งเสริมเกษตรกรเหนือ-ใต้ "ปลูกไผ่" ใช้ประโยชน์ได้ตลอดชีวิต. สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2562, จาก http://www.lampang.doae.go.th

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 8 พฤษภาคม 2562, จาก http://moc.energy.go.th

[4] ชนก ศรีทัศน์. (2551). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮ้าส์ขนาดใหญ่ที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[5] Miguel Condori, Gonzalo Duran, Ricardo Echazu, Fabiana Altobell. (2017). Semi-industrial drying of vegetables using an array of large solar air collectors. Energy for Sustainable Development. 37,1-9.

[6] Ehsan Baniasadi, Saeed Ranjbar, Omid Boostanipour. (2017). Experimental investigation of the performance of a mixed-mode solar dryer with thermal energy storage. Renewable Energy. 112,143-150.

[7] พินิจนันท์ ปัญญา. (2556). ลักษณะการกระจายอุณหภูมิและการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลังคาสามเหลี่ยมหน้าจั่ว. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9.

[8] จักรพรรณ์ ผิวสอาด. (2557). สมรรถนะของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งยางพาราแผ่น. สืบค้นเมื่อ 8 พฤษภาคม 2562, จาก http://www.thapra.lib.su.ac.th

[9] วสันต์ จีนธาดา พรชัย เพชรสงคราม. (2560). ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 27 (1), 89-99.

การพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับใช้ในชุมชน
Development of Steamed Rice Cracker Sticks Heating with Liquid Petroleum Gas for Community Use

ไพบูลย์ บุบผา[1][Corresponding author: Tel.: 094-2429598.
E-mail address: phaiboon1012@gmail.com] และ สุนทร สุทธิบาก[2]
[1]สาขาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับใช้ในชุมชน เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น จากผลการทดสอบ พบว่า มีความสามารถในการทำงานได้ครั้งละ ประมาณ 100 กิโลกรัม ใช้เวลาในการนึ่งประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานแบบเดิมโดยการนึ่งในหม้อนึ่ง 7 ชั้น ซึ่งบรรจุได้ประมาณ 30 กิโลกรัมต่อการนึ่ง 1 ครั้ง และใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงเท่ากัน ซึ่งจะเห็นว่า สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ไม่น้อยกว่า 3 เท่า เมื่อใช้เวลาในการทำงานเท่ากัน และจากการทดสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวในการให้ความร้อนกับเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบ พบว่า ในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบต่อครั้งใช้เวลา ประมาณ 1 ชั่วโมง จะใช้เชื้อเพลิงแก๊สไป ประมาณ 2.2 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 60 บาทต่อครั้ง (คิดราคาเชื้อเพลิงแก๊ส 1 กิโลกรัม เท่ากับ 27 บาท) และเมื่อเปรียบเทียบกับการนึ่งแบบเดิมที่ได้กำลังการผลิตเท่ากัน พบว่า สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ไม่น้อยกว่า 120 บาทต่อครั้ง และเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบที่ได้จากงานวิจัยนี้ ได้นำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย คือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปทางการเกษตรนาค้อ-ไทรงาม ตำบลตาดทอง อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี เพื่อเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับวิสาหกิจชุมชนเป้าหมายได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: เครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบ, แก๊สปิโตรเลียมเหลว, นวัตกรรมเพื่อชุมชน

*Corresponding author: Tel.: 094-2429598.
E-mail address: phaiboon1012@gmail.com

บทนำ

วิสาหกิจชุมชนสินค้าแปรรูปเกษตรนาค้อ-ไทรงาม ตั้งอยู่ที่บ้านป่าหวาย ตำบลตาดทอง อำเภอศรีธาตุจังหวัดอุดรธานีเป็นวิสาหกิจชุมชนที่ร่วมกันก่อตั้งขึ้นโดยกลุ่มเกษตรกรในชุมชนได้ดำเนินกิจการผลิตสินค้าแปรรูปทางการเกษตรประเภทข้าวเกรียบแผ่นตากแห้ง เพื่อบรรจุภัณฑ์และส่งจำหน่ายให้กับลูกค้าตามพื้นที่ใกล้เคียง มีกำลังการผลิตประมาณ 100 กิโลกรัมต่อวัน ส่งจำหน่ายกิโลกรัมละ 100 บาท ซึ่งทำรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ประมาณ 300,000 บาทต่อเดือน โดยหักค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แล้วจะมีผลกำไรสุทธิประมาณร้อยละ 40 ของรายได้ทั้งหมด การดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนนี้จะใช้แรงงานคนเป็นหลักสำหรับขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบแผ่นตากแห้งของวิสาหกิจชุมชนจะเริ่มต้นจากการนำเอา

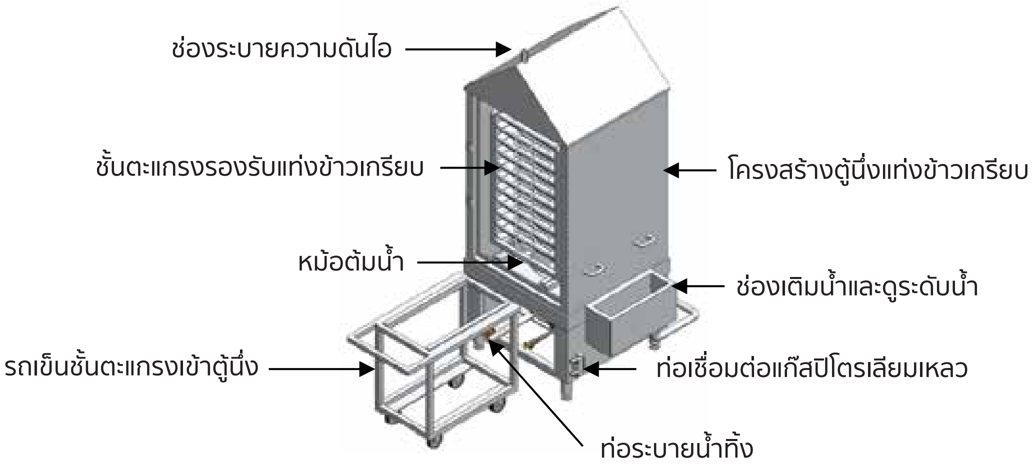
วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนปลอกเปลือก สับเป็นชิ้นและทำความสะอาดแล้ว ซึ่งประกอบด้วย ฟักทอง และมันสำปะหลังมาทำการนึ่งให้สุกจนเหลวจากนั้นนำมาผสมกับแป้งและน้ำทำการกวนผสมให้เข้ากันตามสัดส่วนที่เหมาะสมหรือตามสูตรของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะทำการปั้นเป็นแท่งยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ขนาดความโตประมาณ 6 เซนติเมตร และทำการนึ่งให้สุกในหม้อนึ่งขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นชั้น ๆ และปล่อยให้เย็นตัวลงก่อนที่จะนำไปเก็บไว้ในตู้รักษาอุณหภูมิจากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการสับเป็นแผ่นด้วยเครื่องสับข้าวเกรียบแผ่น แต่ละชิ้นจะมีความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ชิ้นข้าวเกรียบแผ่นที่ผ่านการสับในขั้นตอนนี้จะมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 40 และจะนำไปตากแห้งด้วยแสงแดดในที่กลางแจ้งเพื่อลดปริมาณความชื้น ใช้เวลาในการตากแห้งประมาณ 2-3 วัน จะเหลือปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 7-8 จะได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแผ่นสำหรับบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งจำหน่ายให้กับลูกค้าต่อไป

จากการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า วิสาหกิจชุมชนได้รับการพัฒนาด้านนวัตกรรมบางส่วน ได้แก่ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาในการตากแห้งได้ แต่ในกระบวนการผลิตอื่นๆ พบว่ายังขาดนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตและยังไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีที่จะใช้ในกระบวนการผลิตได้ ทำให้เกิดปัญหามากในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตข้าวเกรียบแผ่น และส่งผลโดยตรงต่อกำลังการผลิตและยอดจำหน่ายที่ยังไม่ได้ตามเป้าหมายหรือตามผู้สั่งซื้อกระบวนการผลิตหนึ่งที่เป็นปัญหาและต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาเร่งด่วนคือกระบวนการนึ่งด้วยหม้อนึ่งแบบเดิมซึ่งได้กำลังการผลิตต่ำและใช้เวลานานในการทำงานนานไม่เพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ต้องการและในงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่ามีการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้าใช้ในการพัฒนาศักยภาพของชุมชนและท้องถิ่นหลายผลงาน อาทิเช่น Janjaiet al. [1] ได้พัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ โดยทำจากแผ่นโพลีคาร์บอเนตเพื่อทำการแปรรูปกล้วยตากในประเทศลาวพบว่าสามารถแก้ปัญหาการตากแห้งกล้วยตากของพื้นที่ได้สุนทรสุทธิบากและคณะ[2]ได้พัฒนาเครื่องกวนผสมปลาร้าบองชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว ขนาดกำลังการผลิต 80 กิโลกรัมต่อครั้ง สำหรับใช้ในวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาร้าท่าตูม จังหวัดอุดรธานี กมลรัตน์ ดีสภา และคณะ [3] ได้พัฒนาเครื่องกวนส่วนผสมขนมเปียกปูนชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว ขนาดกำลังการผลิต 10 กิโลกรัมต่อครั้ง สำหรับใช้ในกลุ่มเกษตรกรแปรรูปอาหารบ้านน้ำฆ้องจังหวัดอุดรธานีสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหม้อนึ่งไอร้อนยวดยิ่ง สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ [4] ได้ทดสอบสมรรถนะหม้อนึ่งไอน้ำร้อนยิ่งยวด โดยใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ด พบว่า หม้อไอน้ำสามารถกำเนิดไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อทดลองนำก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากหม้อไอน้ำร้อนยิ่งยวดไปเปิดดอกเห็ดและรดน้ำในโรงเรือนที่เตรียมไว้ พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดออกดอกทุกก้อน หรือเปอร์เซ็นต์ก้อนเชื้อเห็ดเสียเป็นศูนย์ ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ได้ช่วยแก้ปัญหาการผลิตให้กับชุมชนได้จริง สามารถทดแทนการใช้แรงงานคนได้ ประหยัดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และลดการสั่งซื้อเครื่องจักรจากต่างประเทศลงได้
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันสำหรับวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเกษตรนาค้อ-ไทรงาม จังหวัดอุดรธานี ภายใต้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยการพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับใช้แก้ปัญหากระบวนการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแผ่นสมุนไพรในขั้นตอนการนึ่งแท่งข้าวเกรียบให้กับกลุ่มเกษตรกรสินค้าแปรรูปเกษตรนาค้อ-ไทรงามตำบลตาดทองอำเภอศรีธาตุจังหวัดอุดรธานีอีกทั้งเป็นการสนับสนุนและส่งเสริมให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่ายและส่งเสริมการนำนวัตกรรมอุตสาหกรรมเชิงสร้างสรรค์มาใช้ในกระบวนการผลิตสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนสู่ประเทศไทย 4.0 ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่ได้น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อเสริมสร้างภูมิคุ้มกันและช่วยให้สังคมไทยสามารถยืนหยัดอยู่ได้อย่างมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

วิธีการวิจัย

การออกแบบเครื่องนึ่งแห่งข้าวเกรียบ

เครื่องนึ่งแห่งส่วนผสมข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีขนาดและกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับพื้นที่ขนาดความกว้าง x ยาว x สูง ประมาณ 1.0 x 1.0 x 2.0 เมตร กำลังการผลิต ประมาณ 100 กิโลกรัมต่อการนึ่งหนึ่งครั้งวัสดุโครงสร้างทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งหมดมีชั้นรองถาดตะแกรงสำหรับนึ่งแห่งข้าวเกรียบจำนวน10ชั้นสามารถเลื่อนเข้าออกจากเครื่องนึ่งได้ด้วยล้อเลื่อนการให้ความร้อนกับเครื่องนึ่งจะใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวในการต้มน้ำในถังบรรจุด้านล่างเครื่องนึ่งด้านบนมีปล่องระบายไอร้อนร้อนออกเพื่อลดความดันภายในเครื่องนึ่ง ลักษณะเครื่องนึ่งแห่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะเครื่องนึ่งแห่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบเครื่องนึ่งแห่งข้าวเกรียบ

การทดสอบการทำงานของเครื่องนึ่งแห่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น จะทำการทดสอบทั้งการทำงานเบื้องต้นและการทำงานจริงในพื้นที่เป้าหมาย ประกอบด้วย

1) ทดสอบการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องนึ่ง โดยทำการสุ่มวัดทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 2 โดยที่
   T1 คือ ตำแหน่งด้านล่างหน้าเครื่องนึ่ง
   T2 คือ ตำแหน่งด้านล่างหลังเครื่องนึ่ง
   T3 คือ ตำแหน่งตรงกึ่งกลางเครื่องนึ่ง
   T4 คือ ตำแหน่งด้านหลังกลางเครื่องนึ่ง
   T5 คือ ตำแหน่งด้านข้างกลางเครื่องนึ่ง
   T6 คือ ตำแหน่งด้านบนกลางเครื่องนึ่ง
   T7 คือ ตำแหน่งหม้อต้มน้ำร้อน
2) ทดสอบความสามารถและกำลังผลิตต่อครั้ง ซึ่งจะทำการทดสอบในพื้นที่และการทำงานจริง
3) ทดสอบปริมาณการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในการนึ่งต่อครั้ง

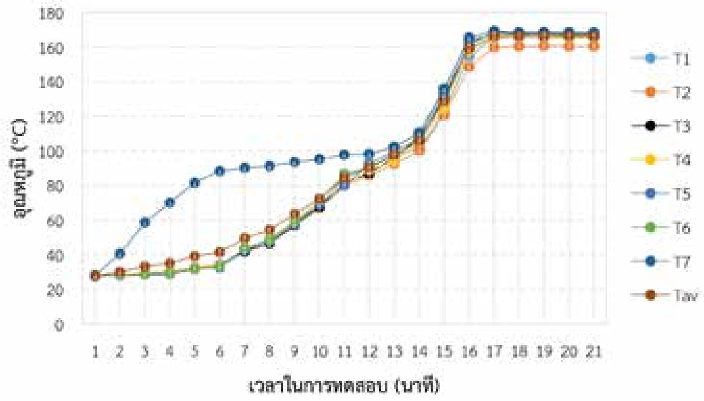
(ก) ตำแหน่งการทดสอบอุณหภูมิ (ข) ติดตั้งทดสอบจริง

ภาพที่ 2 การติดตั้งตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ลสำหรับวัดการกระจายอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิไอร้อนภายในเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น

ภาพที่3แสดงผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิไอร้อนภายในเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบโดยทำการสุ่มวัดอุณหภูมิ 7 ตำแหน่ง และจับเวลาหาระยะเวลาในการเดือดของน้ำในหม้อต้มด้านล่างเครื่องนึ่ง จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องนึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง และพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องนึ่งจะเริ่มคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 16 เป็นต้นไป ซึ่งมีอุณหภูมิของไอร้อนสูงสุดเฉลี่ย ประมาณ 166°C เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอิ่มตัว (180°C) [5] พบว่า ยังมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งมีผลจากการระบายความดันออกทางปล่องด้านบนเพื่อป้องกันความดันที่สูงเกินไปภายในเครื่องอบแห้ง ซึ่งจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำไปใช้ในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบจริงจะทำให้แท่งข้าวเกรียบในทุกชั้นที่บรรจุได้รับไอร้อนได้ทั่วถึงและสุกพร้อมกันทุกชั้นและเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยหม้อนึ่งไอร้อนยวดยิ่งสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด (ประมาณ 150.1°C) [4] พบว่า มีอุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจากมีการออกแบบลักษณะของเครื่องนึ่งที่ต่างกันส่งผลให้การควบคุมไอร้อนดีกว่าอย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ความดันที่เกิดขึ้นภายในเครื่องนึ่ง ซึ่งจะได้ทำการศึกษาในครั้งต่อไป



ภาพที่ 3 การกระจายอุณหภูมิไอร้อนภายในเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบ

(ก) เครื่องนึ่งแบบเดิม

(ข) เครื่องนึ่งที่ออกแบบใหม่

ภาพที่ 4 การทดสอบความสามารถในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบของเครื่องนึ่งที่พัฒนาขึ้น

ผลการทดสอบปริมาณการใช้แก๊สเชื้อเพลิงในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบ

จากผลการทดสอบหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวในการให้ความร้อนกับเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น พบว่า ในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบต่อครั้งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊ส ประมาณ 2.2 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่าย ประมาณ 60 บาทต่อครั้ง ซึ่งเชื้อเพลิงแก๊ส 1 กิโลกรัมเท่ากับ 27 บาทซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการนึ่งแบบเดิมและกำลังการผลิตเท่ากันสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ไม่น้อยกว่า 120 บาทต่อครั้ง ดังภาพที่ 5

(ก) การนำชั้นรองรับถาดแท่งข้าวเกรียบ
เข้าตู้นึ่ง

(ข) ทดสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
แก๊สในการนึ่ง

ภาพที่ 5 การทดสอบหาปริมาณการใช้แก๊สเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการพัฒนาเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในการแก้ปัญหากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแผ่นในขั้นตอนการนึ่งแท่งข้าวเกรียบของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนสินค้าแปรรูปเกษตรนาค้อ-ไทรงาม ตำบลตาดทอง อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี โดยมีชั้นบรรจุถาดรองจำนวน 10 ชั้น และใช้ถาดรองรับจำนวน 10 ถาด จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิของไอร้อนภายในเครื่องอบแห้งจะคงที่ที่เวลา 16 นาที และมีอุณหภูมิไอร้อนเฉลี่ยสูงสุด ประมาณ 166oC ความสามารถในการทำงานได้ครั้งละ ประมาณ 105 กิโลกรัม ใช้เวลาในการนึ่งประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานแบบเดิมโดยการนึ่งในหม้อนึ่ง 7 ชั้น ซึ่งบรรจุได้ประมาณ 30 กิโลกรัมต่อการนึ่ง 1 ครั้ง และใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงเท่ากัน พบว่า สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ ไม่น้อยกว่า 3 เท่า เมื่อใช้เวลาในการทำงานเท่ากัน การใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวในการให้ความร้อนกับเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบ พบว่า ในการนึ่งแท่งข้าวเกรียบต่อครั้งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊ส ประมาณ 2.2 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่าย ประมาณ 60 บาทต่อครั้ง ซึ่งเชื้อเพลิงแก๊ส 1 กิโลกรัม เท่ากับ 27 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับการนึ่งแบบเดิม และกำลังการผลิตเท่ากัน สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ไม่น้อยกว่า 120 บาทต่อครั้งซึงเพียงพอกับความต้องการของกลุ่มเกษตรวิสาหกิจชุมชนเป้าหมาย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ความดันที่เกิดขึ้นภายในเครื่องนึ่งซึ่งจะได้ทำการศึกษาในครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ณทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2562

ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปทางการเกษตรนาค้อ-ไทรงามตำบลตาดทองอำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานีที่อำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและทดสอบการทำงานของเครื่องนึ่งแท่งข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Janjai, S., Intawee, P., Kaewkiew, J., Sritus, C., and Khamvongsa,V. (2011). A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: Modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic. Renewable Energy, 36(3), 1053-1062.

[2] สุนทร สุทธิบาก และ สันติ ป้อมสุวรรณ. (2561). การพัฒนาเครื่องกวนปลาร้าบองสำหรับวิสาหกิจชุมชน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, วันที่ 3 – 6 กรกฎาคม 2561 ณ โรงแรมมุกดาหารแกรนด์ อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[3] กมลรัตน์ ดีสภา, รัฐพล พิสัยสวัสดิ์, วิศรุต นามมหาจักร และสุนทร สุทธิบาก. (2561). การพัฒนาเครื่องกวนขนมเปียกปูนสำหรับใช้ในชุมชน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, วันที่ 3 – 6 กรกฎาคม 2561 ณ โรงแรมมุกดาหารแกรนด์ อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[4] สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2559). การทดสอบสมรรถนะของหม้อนึ่งก้อนเชื้อเห็ดไอน้ำร้อนยิ่งยวด. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2559 หน้า 17 – 30.

[5] Gordon, V. W. , Richard, E. S. , & Claus B. (1994). Fundamentals of Classical Thermodynamics. New York: John Wiley & Sons.

การศึกษาและพัฒนาระบบไฮโดรไซฟอนควบคุมความเสถียรในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำคอยาวที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่สูงลาดชัน

The study and develop hydro siphon system for electric stability control of Long neck hydroelectric installed on High land slope location

เสริมสุข บัวเจริญ[1][Corresponding author: Tel.: 089-2618453.
E-mail address: kagoshi7@gmail.com] ชูรัตน์ ธารารักษ์ [2] นิกราน หอมดวง[3]
ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[4] ธเนศ ไชยชนะ[5] กิตติกร สาสุจิตต์[6]
1,2,3,4,5,6 วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบไฮโดรไซฟอนสำหรับแก้ปัญหาความไม่เสถียรของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการปั่นป่วนของน้ำผ่านกังหันน้ำคอยาวขนาด 3 กิโลวัตต์เมื่อนำไปประยุกต์ติดตั้งบริเวณแหล่งน้ำบนพื้นที่สูงลาดชัน โดยการออกแบบและติดตั้งชุดไฮโดรไซฟอนที่ทำจากท่อ PVC Flex ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรบริเวณปลายท่อส่งน้ำออกของกังหันน้ำคอยาวจากผลการทดลองเมื่อเปิดประตูน้ำควบคุมการอัตราการไหลที่ 25 %,50%,75%และ 100% เข้ากังหันโดยไม่ติดตั้งชุดไฮโดรไซฟอนที่ปลายท่อ พบว่าได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุดมีความแตกต่างที่ (120-132 v),(171-331v),(174-340)และ(188-370v) ตามลำดับ และเมื่อติดตั้งติดตั้งระบบไฮโดรไซฟอนปลายท่อส่งน้ำออก โดยควบคุมมุมโค้งระหว่างท่อส่งน้ำกับท่อไฮโดรไซฟอนที่ทำมุม 30,35และ40 ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุดมีความแตกต่างลดลงที่(91-103v)(162-190v)(197-210v)(206-224v), (91-103v)(151-157v)(171-185v)(202-218v) และ (102-106V),(170-182v)(205-213v),(224-226v) ตามลำดับและพบว่ามุมของระบบไซฟอนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ R2=0.9687 ประสิทธิภาพของกังหันน้ำมีค่ามากกว่าก่อนติดตั้งระบบไฮโดรไซฟอน สรุปได้ว่าระบบไฮโดรไซฟอนมีผลต่อการช่วยให้การไหลของกระแสน้ำผ่านใบกังหันมีความราบเรียบขึ้นส่งผลทำให้ความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลดความเสี่ยงของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าจากไฟกระชาก (Electrical voltage surges)

คำสำคัญ: กังหันน้ำคอยาว ไฮโดรไซฟอน กระแสน้ำปั่นป่วน

บทนำ

กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กถูกนำไปใช้ออกแบบและติดตั้งในพื้นที่แตกต่างกันทั้งชนิดของกังหันน้ำที่ใช้ ความสูงของหัวน้ำสูง (High water head) เช่น กังหันน้ำเพลตัน (Pelton Turbine) และ หัวน้ำต่ำ (Low water head) เช่นกังหันน้ำแบบ พิกโก้ (Pico Turbine) โดยเฉพาะกังหันน้ำแบบล้อน้ำ (Water wheel) กังหันน้ำคอยาว (Long neck Turbine) ถูกนำมาใช้ติดตั้งใช้งานอย่างกว้างขวาง ง่ายต่อการติดตั้งในพื้นที่ราบใกล้กับบริเวณริมน้ำจึงจัดอยู่ในประเภท (Run of river) ซึ่งส่วนหนึ่งของกังหันน้ำต้องยื่นจุ่มอยู่ในน้ำแต่ก็มีบางชุมชนที่ทรัพยากรน้ำที่พอเพียงจากธรรมชาติแต่อยู่ในพื้นที่สูงมีความต้องการ

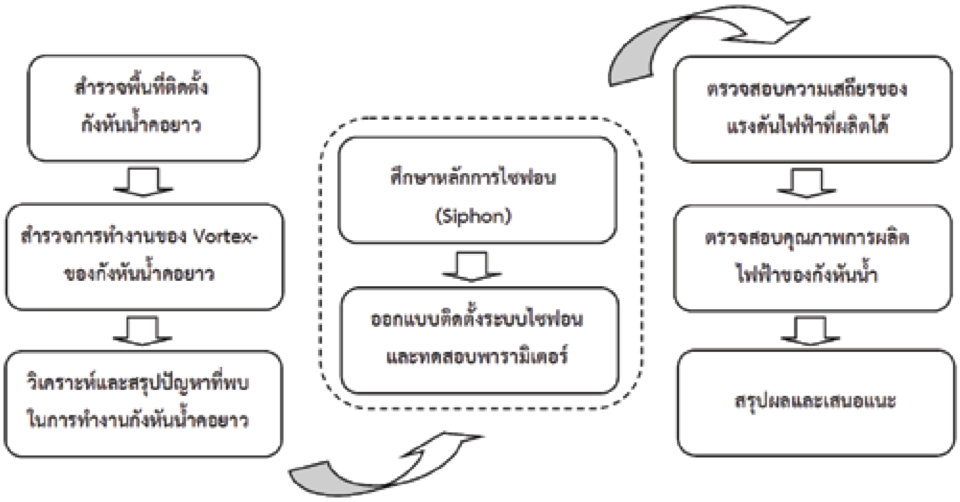
ไฟฟ้าเพื่อการดำรงชีพได้นำไปติดตั้งบนพื้นที่ลาดชันเชิงเขาที่มีน้ำห้วยขนาดไม่ใหญ่มากนักด้วยข้อจำกัดลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านการผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำไม่คงที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาการนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากังน้ำชนิดคอยาวเป็นกังน้ำชนิดหนึ่งที่ใช้ความสูงของหัวน้ำต่ำและใช้การส่งน้ำเข้าหมุนใบกังหันน้ำด้วยการออกแบบรางส่งทำให้น้ำไหลม้วนตัวเป็นเกลียวกรวยผ่านใบกังหันชนิดคาปาร์น หมุนตกลงในแนวดิ่งผ่านท่อส่งที่จุ่มลงต่ำจากผิวน้ำไหลของคลองส่งน้ำ แต่บนพื้นที่ ที่มีข้อจำกัด พื้นที่บริเวณภาคเหนือ จังหวัด ตาก แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ติดต่อกับประเทศพม่า ลาว มี สภาพเป็นป่าภูขาสูง การเข้าถึงพลังงานของชุมชนห่างไกลบนภูเขา จึงเป็นปัญหาและอุปสรรคทั้งภาครัฐเองไม่สามารถต่อเชื่อมสายส่งไปยังพื้นที่ห่างไกลเหล่านี้ได้เนื่องจากไม่คุ้มต่อการลงทุนการสร้างและนำเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติที่ได้จากลม แสงแดด และน้ำจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งเพื่อนำไปทดแทนพลังงานหลักที่รัฐบาลสนับสนุนงบประมาณผ่านหน่วยงานหลายๆหน่วยงาน ทั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้แสงสว่างในชุมชนห่างไกลได้มีการออกแบบและติดตั้งระบบพลังงานทดแทนตามความเหมาะสมของพื้นที่แต่เนื่องจากบางครั้งข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยีที่สัมพันธ์กับบริบทของพื้นที่ก็เกิดปัญหาและตัวแปรที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นบ่อยครั้งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยีพลังงานทดแทนนั้นๆที่มีอัตราการไหลของน้ำเพียงพอกังหันน้ำมีหลายชนิดที่ถูกออกแบบมาใช้งานให้เหมาะกับพื้นที่และข้อจำกัดตามลักษณะของแหล่งน้ำที่สัมพันธ์กับชนิดของกังหันน้ำ เช่นความสูงของหัวน้ำ อัตราการไหลของน้ำ กังหันน้ำคอยาวเป็นกังหันน้ำชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารอบต่ำจากแหล่งน้ำที่ใช้ความสูงของหัวน้ำต่ำแต่ลักษณะของท่อส่งน้ำน้ำทางออกจะจุ่มอยู่ในแหล่งน้ำเช่นคลองหรือห้วยทางน้ำไหลผ่าน (Run of river) ช่วยให้น้ำไหลผ่านใบกังหันน้ำคอยาวอย่างต่อเนื่องแต่ในบ้างพื้นที่บนภูเขาที่เป็นพื้นที่ลาดชันมีแหล่งน้ำไหลผ่านที่มีลักษณะทางกายภาพพอที่จะนำกังหันน้ำคอยาว ไปติดตั้งใช้งานแต่ด้านล่างของปลายท่อไม่มีน้ำไหลผ่าน ทำให้การเกิดประสิทธิภาพในการเกิดการหมุนของกรวยน้ำไม่คงที่ ข้อจำกัดของการควบคุมการไหลของน้ำเข้ากังหันไม่คงที่เกิดการปั่นป่วนของกระแสน้ำ (Turbulence) จึงทำให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการหมุนผลิตไฟฟ้าของกังหันไม่คงที่เช่นเดียวกัน[3-8]

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำระบบไฮโดรไซฟอน(Hydrosiphon)มาช่วยในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเพื่อที่จะทำให้การทำงานของกังหันน้ำคอยาวสมบูรณ์ โดยออกแบบอุปกรณ์ควบคุมการไหลที่ปลายท่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของน้ำโดยทำการออกแบบระบบควบคุมการไหลของน้ำเสมือนการไหลของแม่น้ำตามลักษณะ run of river ซึ่งจะนำมาปรับใช้ในพื้นที่สูงโดยจะนำปรากฏการณ์siphonช่วยในการควบคุมการปั่นป่วนของน้ำผ่านใบกังหันเพื่อที่จะทำให้การทำงานให้ลักษณะการหมุนวน (vortex) สมบูรณ์ขึ้นและผลิตไฟฟ้าให้คงที่สำหรับกังหันคอยาว ที่ติดตั้งบนพื้นที่ลาดชัน

ภาพที่1 กังหันน้ำคอยาวติดตั้งบนพื้นที่ลาดชันบริเวณศูนย์การเรียนรู้ฯ
พื้นที่น้ำตกแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการวิจัย

1.กรอบแนวคิดในและระเบียบวิธีการวิจัย



ภาพที่1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ทฤษฎีการไหลในท่อบริเวณใกล้กับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อความเร็ว ของการไหลจะมีค่ามากกว่าบริเวณที่ทางออกไปและหากความเร็วมีค่ามากขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ซึ่งการไหลแบบหลังนี้จะพบเห็นกันเป็นส่วนมาก การไหลแบบปั่นป่วนนี้จะเป็นการไหลที่มีรูป แบบไม่แน่นอน จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) เป็นเลขดัชนีที่ชี้บอกสภาพปรากฏการณ์การไหลของของไหล ซึ่งเป็นสัดส่วนของ inertia/viscous จำนวนเลขเรย์โนลด์จะมีค่าขึ้นอยู่กับความเร็วการไหลความหนืดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อและความหนาแน่นของของไหลเราอาจเขียนความสัมพันธ์ดังกล่าวได้เป็นจำนวนเลขเรย์โนลด์ไม่มีหน่วย และมีความสำคัญอย่างมาก กล่าวคือจำนวนเลขนี้ใช้เป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลของของไหลว่าเป็นแบบใด เช่น Re อยู่ในช่วง 0 - 2000 สภาพการไหลเป็นแบบ Laminar Flow Re อยู่ในช่วง 2001 - 4000 สภาพการไหลเป็นแบบ Transition Zone คือ มีการไหล 2 แบบ คือ Laminar + Turbulent Re มากกว่า 4000 สภาพการไหลเป็นแบบ Turbulent Flow

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V D}{\mu}$$

เมื่อ Re = ค่า Reynolds Number

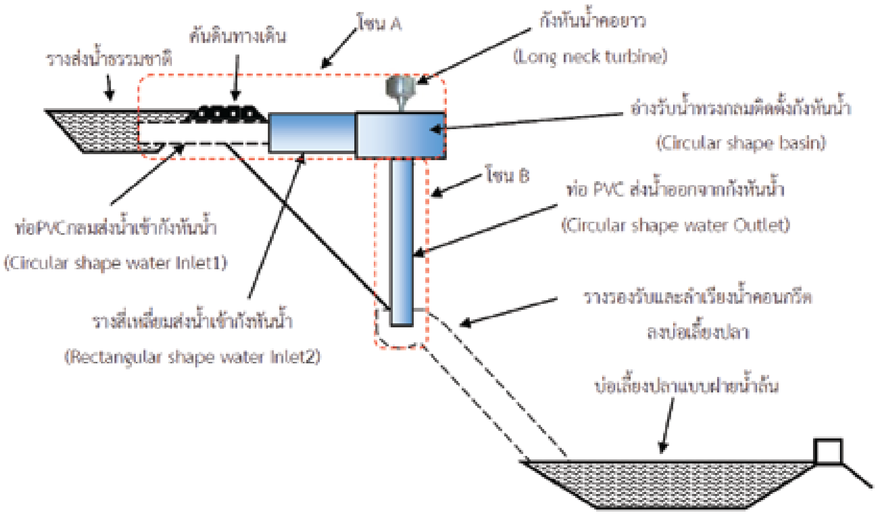
V =ความเร็วของกระแสน้ำทางเข้า m/sec

D = ขนาดความโตของท่อทางน้ำเข้า m

ρ= ความหนาแน่นของน้ำ kg/m^3

μ=ค่าสัมประสิทธ์ความหนืดสมบูรณ์ (Pa.s)

1.2 จากการสำรวจพบว่าด้วยข้อจำกัดและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ติดตั้งกังหันน้ำคอยาว ที่ติดตั้งรับน้ำจากรางส่งน้ำธรรมชาติผ่านด้านบนของพื้นที่ลาดเอียงบนภูเขาติดตั้งไว้เพื่อผลิตไฟฟ้าแสงสว่าง และใช้กับชุดควบคุมระบบให้น้ำกับแปลงเกษตร ด้านล่างทางน้ำออกจากกังหันกั้นฝายเป็นอ่างน้ำเลี้ยงปลา ดังภาพที่ 2



ภาพที่2 ระบบกังหันน้ำคอยาวติดตั้งบนพื้นที่ลาดชันบริเวณศูนย์การเรียนรู้ฯพื้นที่น้ำตกแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

1.3 สรุปปัญหาที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์

1.การออกแบบระบบส่งน้ำเข้ากังหันใช้ท่อ PVC กลม ลอดผ่านทางเดิน เข้าเชื่อมต่อกับรางสี่เหลี่ยมส่งน้ำเข้ากังหัน เกิดการเปลี่ยนรูปของน้ำบริเวณโซน A ทำให้เกิดการไหลปั่นป่วนไม่ราบเรียบ แตกเป็นฟองอากาศเป็นช่วงๆบริเวณน้ำวน (Vortex) เข้าขับใบกังหัน

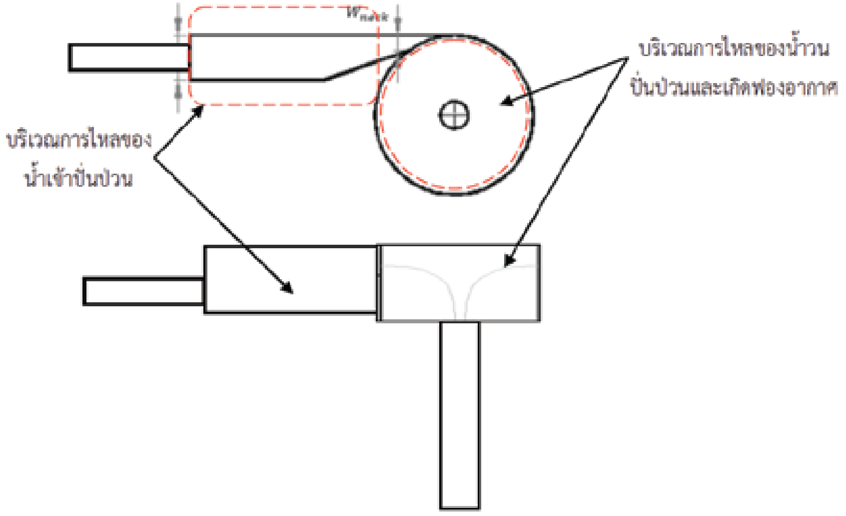
2.เกิดการไหลทิ้งตัวของน้ำลงท่อส่งน้ำออก (Out let) เป็นช่วงๆ ไม่สม่ำเสมอทำให้รอบของกังหันน้ำหมุนไม่คงที่ เมื่อมีความปั่นป่วนของน้ำมากจะเกิดฟองอากาศมาก ทำให้การเกิดน้ำวน (Vortex) ที่ไม่สมบูรณ์

3.ปลายท่อส่งน้ำออกจากกังหันไม่ได้จุ่มลงในบริเวณน้ำไหลผ่านปลายท่อส่งน้ำออก (Run of river) ทำให้การไหลของน้ำเกิดการทิ้งตัวเป็นช่วง ไม่ต่อเนื่อง บริเวณโซน B

จากสมการ กำลังของกังหันน้ำ $P = \rho \times g \times Q \times H(kW)$ สมการที่ 1

จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดฟองอากาศเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพการไหลปั่นป่วน ตัวแปร ()ในเทอมของความหนาแน่นในรูปของมวลของน้ำจะลดลง แรงบิดผ่านเพลากังหันน้ำจะลดลงส่งผลทำให้ กำลังของกังหันน้ำจะลดลงตามสมการที่ 1

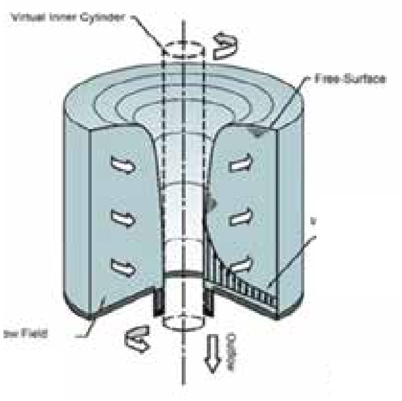
Power C, McNabola A and Coughlan P กล่าวว่าอัตราการไหลของน้ำเข้ากังหันจะส่งผลต่อประสิทธิกับประสิทธิภาพของกังหันน้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยประสิทธิภาพการหมุนวน (Vortex) ของน้ำในอ่างรับน้ำผ่านใบกังหันจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอันตราการไหลเข้าของน้ำ (Water Inlet) และความสูงของน้ำในอ่างรับน้ำ (H channel) ที่เหมาะสมจะสูงประมาณ 1 ใน 3 ของอ่างรับน้ำ [2].



ภาพที่ 3 พื้นที่โซนเส้นประสีแดงของกังหันน้ำคอยาวที่เกิดการไหลแบบปั่นป่วนไม่ราบเรียบ
ที่มา: https://www.nature.com/srep/

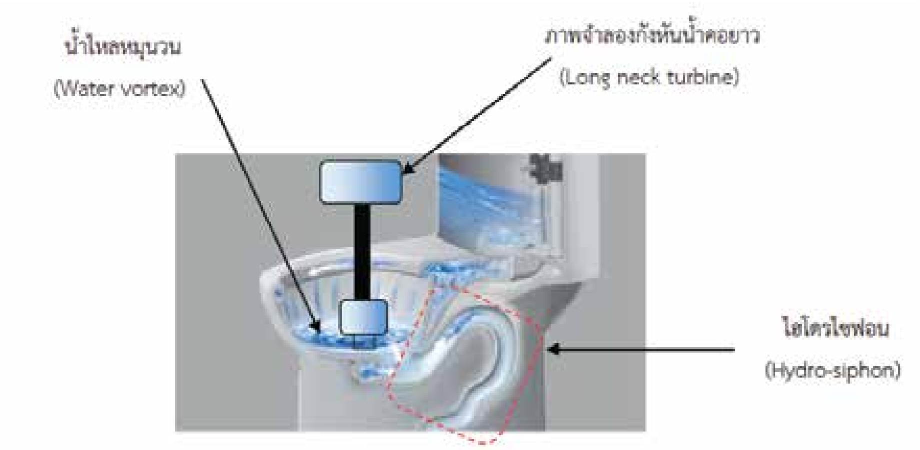
Marian G-M, Sajin T and Azzouz A 2013 และ Marian G-M and Sajin T 2013 ได้กล่าวถึงผลการทดลองตามที่ได้ติดตั้งกังหันน้ำให้อยู่ในตำแหน่งใกล้ทางส่งน้ำออกจากกังหันบริเวณอ่างรับน้ำ สามารถจะเก็บเกี่ยวพลังงานได้สูงสุดตามทฤษฎี และมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ตัวแปรที่จะทำให้เกิดการไหลวนอิสระ (free vortex flow) จะพิจารณาจาก อัตราการไหล (flow) ความเร็ว(Speed) และคุณลักษณะของกำลัง (Power characteristic) [5-29]

1.4 ศึกษาระบบ ไฮโดรไซฟอนและออกแบบ
จากงานวิจัยของ Mulligan S, Casserly J and Sherlock R 2014 -2015 ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยถึง ความแข็งแรงของน้ำวน (vortex strength) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบใช้น้ำไหลวน (vortex turbine) การเกิดน้ำไหลวนเป็นช่องว่างรูปกรวยจะเกิดขึ้นเมื่อการไหลวนอิสระของน้ำสูญเสียความแข็งแรงดังนั้น การเกิดการไหลวนที่เหมาะสมพอดี จะได้กำลังสูงสุดในการหมุนขับใบกังหันน้ำ [16-18]

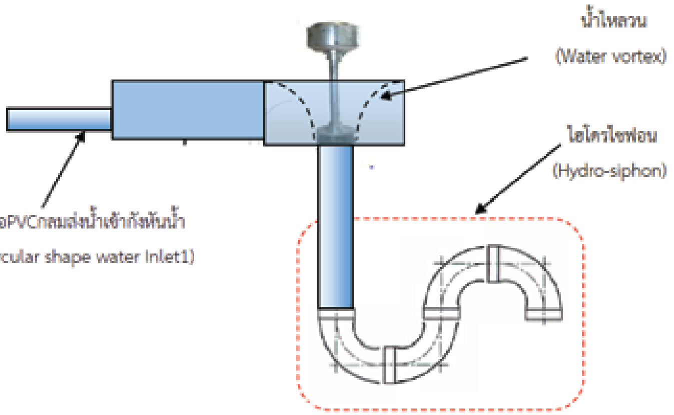


ภาพที่ 4 ลักษณะการไหลวน(Vortex Flow)ของน้ำในอ่างรับน้ำที่เสถียร
ที่มา: https://www.nature.com/srep/

จากงานวิจัยดังกล่าวคณะผู้วิจัยเห็นว่าจะต้องออกแบบระบบการควบคุมการไหลของน้ำให้เกิดการสร้างการไหลวนในอ่างรับน้ำด้านทางส่งน้ำออกเพื่อให้เกิดการไหลของน้ำวน(Watervortex)ที่ราบเรียบอย่างต่อเนื่อง จะสามารถสร้างความเสถียรของน้ำที่ไหลออกด้วยหลักการของ Siphon Vortex จากรูปแบบระบบสุขภัณฑ์ชักโครกจะช่วยแก้ปัญหาการหมุนของกังหันน้ำคอยาวให้สามารถผลิตไฟฟ้าใช้งานได้ตามมาตรฐาน ในกรณีที่นำไปติดตั้งในพื้นที่สูงลาดชัน มีแหล่งน้ำเพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าที่มี หัวน้ำต่ำมาก (Ultra – low head)



(ก.)หลักการของ siphon vortex สุขภัณฑ์ชักโครก
ที่มา: www.boonthavorn.com

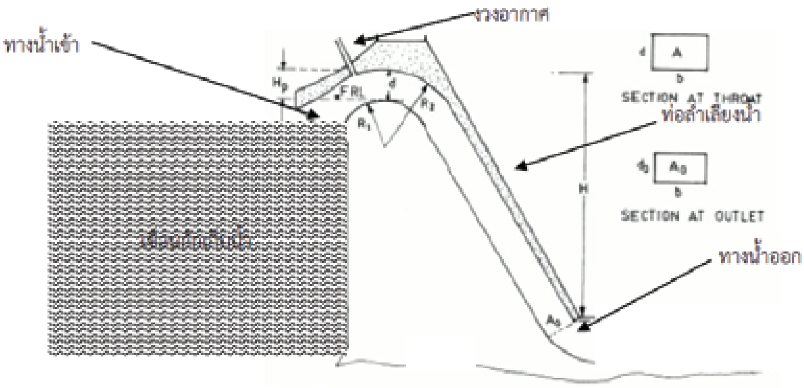


(ข) ประยุกต์ใช้หลักการ siphon vortex กับกังน้ำคอยาว

ภาพที่ 5 (ก.) หลักการทำงานของ สุขภัณฑ์ชักโครกแบบ Siphon vortex ภาพ 4 (ข)
แนวคิดประยุกต์ออกแบบระบบSiphon vortex ติดตั้งปลายท่อน้ำออก(Water outlet) ของกังหันน้ำคอยาว

1.5 ออกแบบระบบไฮโดรไซฟอน (Hydro – siphon) โดยใช้ ท่อ PVC Flex ขนาด Ø 8 นิ้ว ดัดโค้งทำมุม แคบ กับแนวดิ่งของยึดติดกับปลายท่อทางส่งน้ำออกเดิม

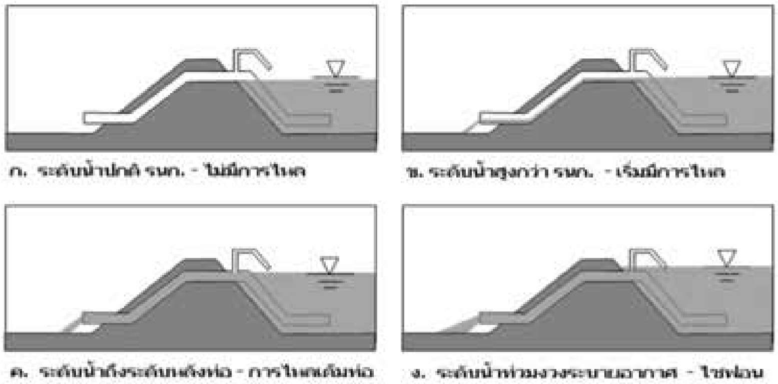
จากทฤษฎีการทำท่อระบายน้ำล้นจากเขื่อนแบบ Siphon spillway ประเภท Saddle siphon



ภาพที่ 6 ลักษณะ Saddle siphon spillway

Siphon spillway มีลักษณะโครงสร้าง 4 ส่วน

1.ปากทางเข้า
2.งวงอากาศติดตั้งไว้ที่ระดับสูงของท่อ
3.ท่อลำเลียงน้ำ
4.ทางน้ำออกปล่อยอิสระ สลายพลังงาน



ภาพที่ 7 ลักษณะการทำงาน Saddle siphon spillway

ก. ระดับท้องท่อแนวราบจะเท่ากับระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนระดับน้ำที่ต่ำกว่าระดับน้ำลงไปน้ำจะไม่ไหล
ข. เมื่อระดับน้ำในเขื่อนสูงกว่าระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำจะเริ่มการไหลของน้ำผ่านท่อ
ค. และเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงระดับหลังท่อแต่ยังไม่ถึงปากงวงระบายอากาศ จะเกิดการไหลแบบเต็มท่อ
ง. หากระดับน้ำสูงท่วมปลายงวงท่อเมื่อใด จะเกิดการไหลแบบไซฟอนซึ่งเป็นการไหลภายใต้แรงดันน้ำ

โดยน้ำจะถูกดูดผ่านท่อและงวงออกไป
จากภาพที่ 5 พิจารณาจากส่วนคอของ Saddle spill way

$$VR = V_1R_1 = V_2R_2$$ สมการที่ 2

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำ

R = รัศมี (R_1 คือรัศมีของสันคอ)

(R_2 คือรัศมีจุดสูงสุดของสันคอ)

$$V = V_1\left(\frac{R_1}{R}\right)$$ สมการที่ 3

ปริมาณน้ำไหลผ่านหน้าตัด dA ของส่วนตัด dR เมื่อคอมีความกว้าง B

$$Q_A = V_1\frac{R_1}{R}dA = V_1\frac{R_1}{R}bdR$$ สมการที่ 4

$$Q = \int_{R_1}^{R_2} V_1\frac{R_1}{R}bdR = V_1R_1b\int_{R_1}^{R_2}\frac{dR}{R} = V_1R_1b\left[\ln\frac{R_2}{R_1}\right]$$ สมการที่ 5

กำหนดให้ค่า V_1 สูงสุดสำหรับ Saddle siphon spillway เท่ากับ 12 ม./วินาที

$$Q_{max} = 12R_1b\left[\ln\frac{R_2}{R_1}\right]$$ สมการที่ 6

$$V_A = \frac{Q}{A} = \frac{12R_1b}{(R_2 - R_1)b}\left[\ln\frac{R_2}{R_1}\right] = \frac{12R_1}{(R_2 - R_1)}\left[\ln\frac{R_2}{R_1}\right]$$ สมการที่ 7

(สมการที่ 5 ใช้ในการคำนวณความเร็วเฉลี่ยกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อ)

การออกแบบไซฟอนในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้กรณีน้ำไหลเต็มท่อโดย

1.เมื่อขนาดของท่อเท่ากันตลอด ความเร็วที่เกิดขึ้นในทุกหน้าตัดจะมีค่าเท่ากัน

2.เมื่อเกิดการไหลเต็มท่อความเร็วการไหลจะเกิดจากอิทธิพลของHead(H)ซึ่งมีความแตกต่างของระดับน้ำในเขื่อนกับระดับบนสุดของปลายท่อใช้หลักการไหลในท่อปิดภายใต้แรงดัน

โดย $$V = \mu\sqrt{2gH}$$ สมการที่ 8

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำในท่อ ม./วินาที

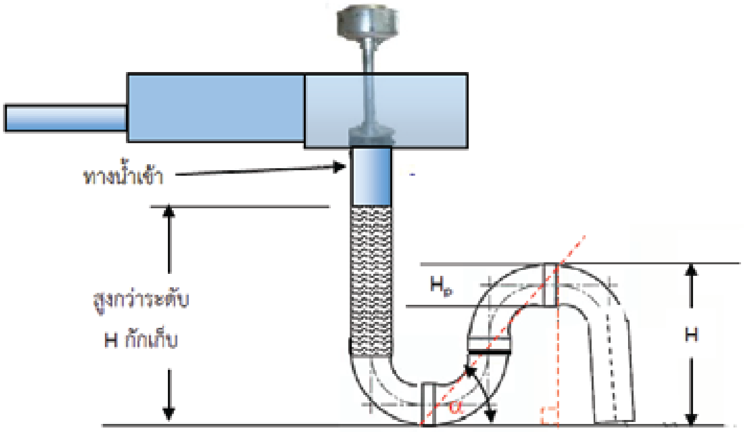
μ = ค่าสัมประสิทธิ์ไซฟอน (Siphon Coefficient) คิดจากค่าสูญเสียต่างๆในระบบท่อ ได้แก่ ทางเข้า (K_i) แนวท่อโค้ง (Kb), เส้นท่อ (Kf) และ ทางออก ($K_o = 1$)

ถ้าท่อมีขนาดเดียวกันจะได้ว่า

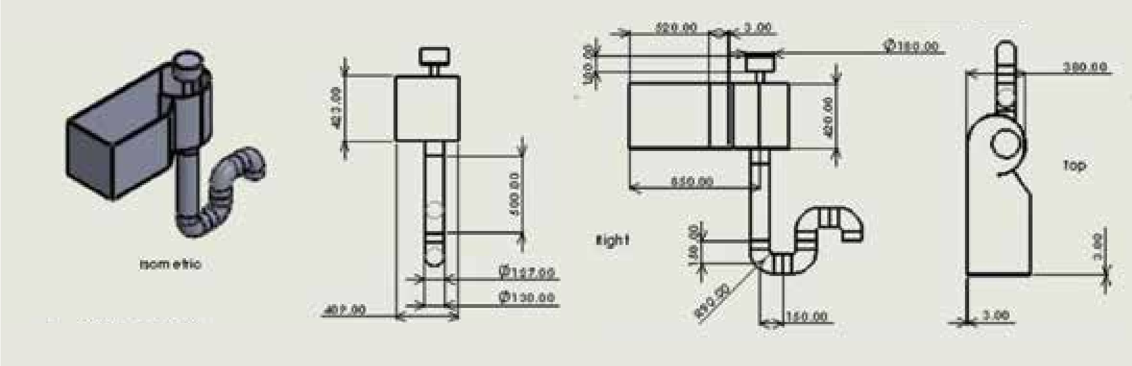
$$\mu = \frac{1}{\sqrt{K}} = \frac{1}{\sqrt{(K_i + Kb + Kf + ...)}}$$ สมการที่ 9

ค่าสูญเสียในระบบ และให้ V_O เป็นความเร็วของน้ำทางออก $K_O = 1$

$$H = \frac{(V_O)^2}{2g} + \frac{(V_a)^2}{2g} \times (K_i + Kb + Kf + ...)$$ สมการที่ 10



ภาพที่ 8 การออกแบบระบบ Siphon ติดตั้งปลายท่อน้ำออก(Water outlet) ของกังหันน้ำคอยาว ออกแบบให้สามารถปรับมุม α ได้ เพื่อให้ค่า H เปลี่ยน V จะเปลี่ยนตามค่าของ H จากสมการที่ 8 $V = \mu\sqrt{2gH}$ สำหรับควบคุมอัตราการไหล ความเสถียร ของกังหันน้ำ เพื่อปรับหาค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม



ภาพที่ 9 แบบไซฟอนทำจากท่อ PVC Flex ขนาด Ø 8 นิ้ว

1.6 ทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำ โดยออกแบบการทดลองเพื่อเก็บผลการผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำดังนี้

1.ทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำในสภาพท่อส่งน้ำตรงเดิมยังไม่ได้ติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อส่งน้ำออกและ ปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าโดยเปิดประตูน้ำ ที่ 25% 50% 75% และ 100%

ภาพที่ 10 ทดลองเดินเครื่องกังหันคอยาวน้ำโดยไม่ติดตั้งไซฟอนที่ปลายท่อส่งน้ำออก

2.ทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำในสภาพท่อส่งน้ำโดยติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อส่งน้ำออกทำมุมกับแนวระดับของท่อส่งน้ำออก 3 ระดับ คือ 30° 35° 40° ตามลำดับ แต่ละระดับปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าโดยเปิดประตูน้ำ ที่ 25% 50% 75% และ 100%

2.1 ไซฟอนทำมุม 30° กับแนวระดับ

2.2 ไซฟอนทำมุม 35° กับแนวระดับ

2.3 ไซฟอนทำมุม 40° กับแนวระดับ

ภาพที่ 11 ทดลองเดินเครื่องกังหันคอยาวน้ำโดยติดตั้งไซฟอนที่ปลายท่อส่งน้ำออกทำมุม 30° 35° และ40° ตามลำดับ

ตารางที่ 1 บันทึกข้อมูลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าจากการเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวโดยไม่ติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อ

ระดับการเปิดประตูน้ำ	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (V)	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V)	ความแตกต่างแรงดันไฟฟ้า(V)
25%	90	101	11
50%	115	331	216
75%	201	340	139
100%	215	370	155

ตารางที่ 2 บันทึกข้อมูลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าจากการเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อทำมุมชันส่งน้ำออกปลายท่อ 30° จากแนวระดับ

ระดับการเปิดประตูน้ำ	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (V)	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V)	ความแตกต่างแรงดันไฟฟ้า(V)
25%	91	103	12
50%	162	190	28
75%	197	210	13
100%	206	224	18

ตารางที่ 3 การทดสอบบันทึกข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าจากการเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อทำมุมชันส่งน้ำออกปลายท่อ 35° จากแนวระดับ

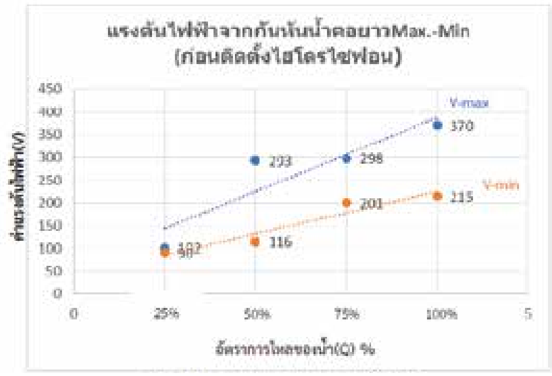
ระดับการเปิดประตูน้ำ	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (V)	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V)	ความแตกต่างแรงดันไฟฟ้า(V)
25%	91	103	12
50%	151	157	6
75%	171	185	14
100%	202	218	6

ตารางที่ 4 การทดสอบบันทึกข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าจากการเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาว
ติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อทำมุมชันส่งน้ำออกปลายท่อ 40° จากแนวระดับ

ระดับการเปิดประตูน้ำ	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (V)	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V)	ความแตกต่างแรงดันไฟฟ้า(V)
25%	102	106	4
50%	170	182	12
75%	205	213	8
100%	224	226	2

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

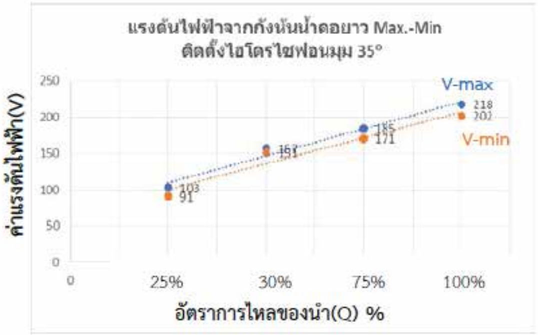
1.การนำกังหันน้ำคอยาวที่เป็นกังหันน้ำประเภท head ต่ำมาติดตั้งบริเวณน้ำไหลผ่าน (Run of river) การเดินเครื่องกังหัน โดยการส่งผ่านน้ำเข้าอ่างวนหมุน (Vortex) เป็นกรวยขับใบกังหัน ไหลออกด้วยแรงโน้มถ่วงออกทางปลายท่อที่จุ่มลึกลงไปในแม่น้ำหรือลำห้วยเกิดการหมุนของกังหันน้ำอย่างต่อเนื่องแต่ในกรณีต้องการนำกังหันน้ำคอยาวไปติดตั้งในพื้นที่ลาดชันการส่งน้ำเข้ากังหันน้ำมีข้อจำกัดในการออกแบบทำให้เกิดการไหลของน้ำเข้าเดินเครื่องกังหันปั่นป่วนเกิดฟองอากาศส่งผลถึงการไหลวนไม่คงที่ และลดประสิทธิภาพของกังหันน้ำในการผลิตไฟฟ้าใช้งาน [2] จากผลการทดลองพบว่าทุกช่วงอัตราการไหลของน้ำที่ส่งเข้ากังหันน้ำคอยาวที่ติดตั้งบนที่ลาดชันท่อส่งน้ำออกตรงยังไม่ติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อน้ำออก ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด และสูงสุด มีความแตกต่างกันเกินค่ามาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] ซึ่งจะเป็นผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า



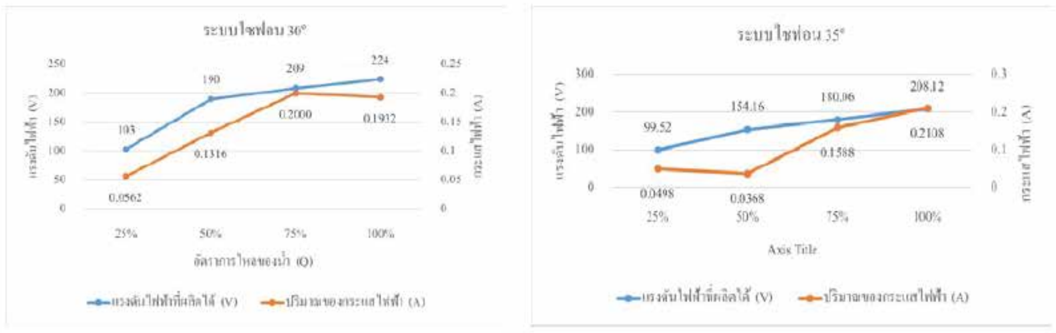
ภาพ 11 ก. ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้า

ภาพ 11 ข.ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ผลิตได้

ภาพที่ 11 ผลการทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวก่อนติดตั้งระบบไซฟอนปลายท่อส่งน้ำออกไม่มีโหลด

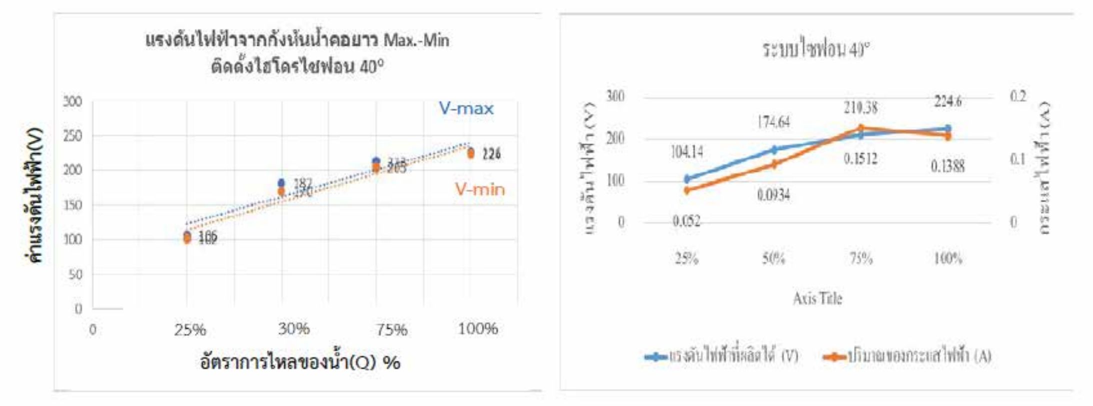


ก.ความแตกต่างของแรงดันฟ้าปรับมุมไซฟอน 30° และ 35°



ข. ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ผลิตได้

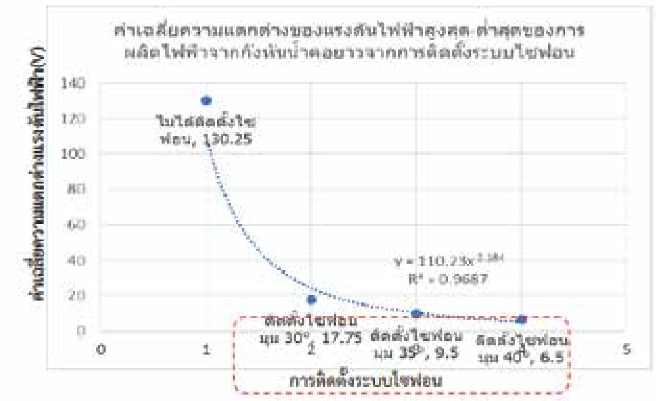
ภาพที่ 12 ผลการทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวติดตั้งระบบไซฟอนปลายท่อส่งน้ำออกที่มุม 30°,35° ไม่มีโหลด



ก.ความแตกต่างของแรงดันฟ้าปรับมุมไซฟอน 40° ข.ความแตกต่างของแรงดันฟ้าปรับมุมไซฟอน 40

ภาพที่ 13 ผลการทดลองเดินเครื่องกังหันน้ำคอยาวติดตั้งระบบไซฟอน
ปลายท่อส่งน้ำออกที่มุม 40° ไม่มีโหลด

2.ผลการทดลองติดตั้งระบบไซฟอนในตำแหน่งท่อส่งน้ำออกจากกังหันน้ำคอยาวโดยการปรับมุมกับแนวระดับส่งผ่านมุมโค้งบนของระบบไซฟอนที่มุม 30°, 35° และ 40° พบว่า ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าที่ กังหันน้ำคอยาวผลิตได้มีค่าลดลงเมื่อปรับมุมไซฟอนเพิ่มขึ้นโดยที่ มุม40° จะได้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของ แรงดันไฟฟ้า สูงสุดกับต่ำสุด ในทุกระดับอัตราการไหล ที่ 6.5 โวลท์ และค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ผลิตได้มีความเสถียรขึ้นตามลำดับ



ภาพที่ 14 ผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างความแตกต่าง
เฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตจากกังหันน้ำ น้ำคอยาวจะมีความสัมพันธ์กับการติดตั้งไซฟอนที่มุมเพิ่มขึ้นมีค่า R^2=0.9687

3.ผลการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างความแตกต่างเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันน้ำคอยาวมีความสัมพันธ์กับการติดตั้งมุมของระบบไซฟอนอย่างมีนัยสำคัญที่ R^2=0.9687และพบว่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำคอยาวที่ติดตั้งระบบไซฟอนที่มุม 40° มีประสิทธิภาพมากกว่าก่อนการติดตั้งระบบไซฟอนที่ปลายท่อน้ำออก

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาและพัฒนาออกแบบระบบไซฟอนพบว่าเมื่อออกแบบนำระบบไซฟอนติดตั้งที่ปลายท่อส่งน้ำออกของกังหันน้ำคอยาวสามารถควบคุมความปั่นป่วนของกระแสน้ำไหลเข้าและออกกังหันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้ามีค่าแรงดันลดลงจากเดิมยังไม่ได้ติดตั้งไซฟอนมีค่าเฉลี่ยความต่างต่างแรงดันไฟฟ้าที่ 130.25 โวลท์ หลังจากติดตั้งระบบไซฟอนที่มุม 30° ,35° และ40° ค่าเฉลี่ยความแตกต่างแรงดันไฟฟ้าลดลง มีค่า 17.75 โวลท์, 9.5 โวลท์ และ 6.5 โวลท์ และแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงดัน กระแสไฟฟ้า มีความเสถียรเพิ่มขึ้นตามลำดับ และพบว่าค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับการมุมของระบบไซฟอนที่มีค่า R^2=0.9687โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำคอยาวที่ติดตั้งระบบไซฟอนมุม 40° มีค่ามากว่าก่อนการติดตั้ง จึงเป็นทางเลือกในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมความแปรปรวนของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำคอยาวที่นำไปติดตั้งบนพื้นที่ลาดชันและข้อจำกัดของพื้นที่สามารถลดปัญหาค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด-ต่ำสุดสอดคล้องกับมาตรฐานระดับแรงดันสูงสุดและต่ำสุด 240 -200 โวลท์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนพื้นที่สาธิตการเกษตรทฤษฎีใหม่แบบอัจฉริยะร่วมกับการใช้พลังงานทดแทนตามแนวทางศาสตร์พระราชา น้ำตกแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ โดย รองศาสตราจารย์ ดร.เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัยเจ้าหน้าที่นักศึกษาที่เกี่ยวข้องที่ทำให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2559 ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า, หน้า 8

[2] Power C, McNabola A and Coughlan P 2016 Journal of Clean Energy Technologies 4 pp 112-119

[3] Marian G-M, Sajin T, Florescu I, Nedelcu D-I, Ostahie C-N and Birsan C 2012 World Energy System Conf. Issue 3 pp 219-226

[4] Marian G-M, Sajin T and Azzouz A 2013 Applied Mechanics and Materials 371 601-605

[5] Aravind V 2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conf.: South Asia Satellite pp 53-57

[6] Dhakal S, Nakarmi S, Pun P, Thapa A B and Bajracharya T R 2014 Journal of the Institute of Engineering 10 140-148

[7] Dhakal S, Timilsina A B, Dhakal R, Fuyal D, Bajracharya T R, Pandit H P, Amatya N and Nakarmi A M 2015 Renewable and Sustainable Energy Reviews 48 662-669

[8] Sritram P, Treedet W and Suntivarakorn R 2015 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering vol 103 012018

[9] Power C, McNabola A and Coughlan P 2016 Journal of Clean Energy Technologies 4 112-119

[10] Wanchat S, Suntivarakorn R, Wanchat S, Tonmit K and Kayanyiem P 2013 Advanced Materials Research 805-806 811-817

[11] Shabara H M, Yaakob O B, Ahmed Y M and Elbatran A H 2015 Jurnal Teknologi 74 77-81

[12] Shabara H M, Yaakob O B, Ahmed Y M, Elbatran A H and Faddir S M 2015 Jurnal Teknologi 74 91-100

[13] Wanchat S and Suntivarakorn R 2012 Advanced Science Letters 13 173-177

[14] Dhakal S, Timilsina A B, Dhakal R, Fuyal D, Bajracharya T R and Pandit H P 2014 Int. Conf. on Technology and Innovation Management & IOE Graduate Conf. Kathmandu Nepal pp 380-386

[11] Mulligan S, Casserly J and Sherlock R 2014 5 th IAR Int. Junior Researcher and Engineer Workshop on Hydraulic Structures Spa Belgium

[16] Mulligan S 2015 Experimental and Numerical Analysis of Three-Dimensional Free- Surface Turbulent Vortex Flows with Strong Circulation Institute of Technology Sligo

[17] Mulligan S, Casserly J and Sherlock R 2015 E-Proc. of the 36th IAHR World Congress Netherlands

[18] Kueh T C, Beh S L, Rlling D and Ooi Y 2014 International Journal of Innovation, Management and Technology 2 111-115

[19] Kouris Centri Turbine [cited 22nd September 2016]. Available from: http://www.kcthydropower.com/

[20] Genossenschaft Wasserwirbe Schweiz [cited 22nd September 2016]. Available from: gwwk.ch/about/portrait-number-facts/

[21] Gravitational Water Vortex Power Plants [cited 22nd September 2016]. Available from: www.zotloeterer.com/welcome/gravitation-water-vortex-power-plants/

[22] Statistical Review of World Energy 2016 65thEd BP Statistical Review of World Energy2016ed 65 p 5 [23] Pimnapat L, Patib T and Bhumkittipichc K 2013 Energy Procedia 34 235-242

[24] Jain A K, Garde R J and Ranga Raju KG 1978 Journal of the Hydraulics Division 104 1429- 1445

[25] Anwar H O 1966 Journal of Hydraulic Research 4 1-16

[26] Benchimol M and Peres C A 2015 PLoS ONE 10 1-15

[27] Fearnside P M 2016 World Development 77 48-65

[28] Yah N F, Oumer A N and Idris M S 2017 Renewable and Sustainable Energy Reviews 72 228- 239

[29] Marian G-M and Sajin T 2013 Journal of Marine Technology and Environment 1 89-96

การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว
Biogas production from RD-MAEJO 2 rice straw with cow manure Inoculum

กรรณิกา แสนภักดี[1] รจพรรณ นิรัญศิลป์[1] ธเนศ ไชยชนะ[1] และฐปน ชื่นบาล[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 โดยทำกระบวนการหมักร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว ขนาด 1,000 mL ปริมาณใช้จริงเท่ากับ 400 mL ทำการกำหนดอัตราส่วนให้มีค่าเท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ โดยกระบวนการศึกษาจะใช้ระยะเวลา 30 days ภายใต้สภาวะอุณหภูมิแบบเมโซฟิลิก เท่ากับ 35±2 °C ซึ่งระบบมีการป้อนสารอินทรีย์แบบครั้งเดียว จากการศึกษาพบว่า อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่อัตราส่วน 50:50 ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด โดยให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 428.88 N mL/g VS added รองลงมา ได้แก่อัตราส่วน 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 404.90, 357.84 และ 64.91 N mL/g VS added ตามลำดับ และสัดส่วนของก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 52.6%, 48.8%, 41.5% และ 32.4% ตามลำดับ จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการแปรสภาพเพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทนทางด้านความร้อนและไฟฟ้าในอนาคตได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ ฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มูลวัว

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนทางด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้นตามความต้องการใช้ของประชากรในประเทศ พบว่าประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า806,122ล้านตันโดยมีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุด ทำให้คาดการณ์ได้ว่าในอนาคตพลังงานฟอสซิลอาจจะหมดไป รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยลดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม พบว่าในช่วง 9 เดือนของปี 2562 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 10,879 ktoe เพิ่มขึ้น 12.4% จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟที่แสดงการใช้พลังงานหมุนเวียน 16.59% คิดจากการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด 65,591 ktoe [1] ยังถือได้ว่าเป็นสัดส่วนที่ไม่มากนัก จึงต้องมีการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดปัญหาการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล ก๊าซชีวภาพจัดอยู่ในพลังงานทดแทนและเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจซึ่งก๊าซชีวภาพเป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะการหมักแบบไร้ออกซิเจนโดยใช้แบคทีเรียในการทำปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพขึ้นโดยก๊าซชีวภาพดังกล่าวจะให้ผลผลิตหลักเป็นก๊าซมีเทน50–70%[2]ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการให้ความร้อนเพื่อทดแทนก๊าซหุงต้มน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงด้านการผลิตไฟฟ้า

[3] ซึ่งการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยสามารถผลิตได้จากขยะมูลฝอย มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยมีอยู่กระจัดกระจายทั่วประเทศ ซึ่งปริมาณจะขึ้นอยู่กับผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ แต่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางประเภทยังไม่มีการนำไปใช้ เช่น ยอดและใบอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ทะลายปาล์มเปล่า ก้านปาล์ม และฟางข้าว เป็นต้น [4] ซึ่งมีศักยภาพมากสามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานได้เช่นกัน พบว่ามีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมากถึง 43 million ton/y ที่ไม่ได้นำมาใช้ผลิตพลังงาน คิดเป็นพลังงาน เท่ากับ 3,000 million toe [5] ประกอบกับในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ประชาชนส่วนใหญ่นิยมเพาะปลูกข้าวเหนียวสายพันธุ์ สันป่าตอง 1 และ กข แม่โจ้ 2 เพื่อใช้บริโภคและจัดจำหน่าย เมื่อถึงช่วงของการเก็บเกี่ยวก็จะเก็บเกี่ยวเฉพาะผลผลิตเท่านั้น แต่จะยังเหลือฟางข้าวซึ่งเปรียบเสมือนขยะทางการเกษตรที่ต้องมีการกำจัดทิ้งในนาเฉลี่ยปีละ 25.45 million ton โดยวิธีการกำจัดฟางข้าวส่วนใหญ่จะเลือกการกำจัดในรูปแบบการเผาเพื่อความง่ายและความสะดวกต่อการเริ่มต้นการเพาะปลูกในรอบใหม่ ซึ่งการกำจัดด้วยการเผานั้นจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น เกิดหมอกควันและเถ้าเขม่าเป็นต้น ซึ่งจะปรากฏในรูปของฝุ่นละอองโดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 และ PM10 หากมีค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของประชาชน [6] โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง ซึ่งได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจอยู่แล้วจะเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบได้ง่าย นอกจากนั้นยังส่งผลกระทบทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดิน เกิดการทำลายโครงสร้างของดิน รวมทั้งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ ระบบนิเวศนาข้าว และระบบนิเวศอื่นๆ ด้วย ด้วยเหตุนี้การพัฒนาเทคโนโลยีทางพลังงานทดแทนเพื่อใช้ประโยชน์จากฟางข้าวอย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นอย่างยิ่ง และหนึ่งในวิธีที่น่าสนใจคือการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตก๊าซชีวภาพ

งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการนำฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจะทำการศึกษาที่อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อมูลวัวเท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ โดยใช้กระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะแบบไร้อากาศ ที่อุณหภูมิเมโซฟิลิก เท่ากับ 35±2 °C ซึ่งระบบมีการป้อนสารอินทรีย์แบบครั้งเดียว

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 การนำฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ทำการบดย่อย โดยใช้เครื่องบดให้มีขนาด 0.1–0.5 mm ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นระยะเวลานาน 48 h เมื่อผ่านการอบแห้งแล้วจะทำการเก็บรักษาในถุงที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันความชื้น และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะนำมาทดลอง ประกอบด้วย ค่า pH ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) และปริมาณของแข็งระเหยง่ายทั้งหมด (Volatile solids, VS)

1.2 การนำหัวเชื้อมูลวัวมาแยกเศษวัสดุอื่นๆ ที่ติดมากับหัวเชื้อออกก่อนและนำตัวหัวเชื้อมาบดเพื่อให้หัวเชื้อมีความละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของหัวเชื้อ ได้แก่ ค่า pH, TS, VS, ปริมาณค่าความเป็นด่าง (Alkalinity, ALK) และปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatiles Fatty Acid, VFA)

1.3 นำหัวเชื้อมูลวัวมาทำการหมักในถังหมักชีวภาพขนาด 20 L ก่อนนำหัวเชื้อไปใช้งานเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะการหมักย่อยแบบไร้อากาศ

(ก) ฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2

(ข) หัวเชื้อมูลวัว

ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

2. วิธีการทดลอง

สำหรับวิธีการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์กขแม่โจ้2โดยทำกระบวนการหมักร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว ซึ่งระบบจะทำการควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ โดยใช้ขวดที่ปริมาตรทั้งหมด เท่ากับ 1,000 mL และปริมาตรการใช้งาน เท่ากับ 400 mL เมื่อทำการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ระบบแล้ว จะทำการศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพในสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศการป้อนสารอินทรีย์แบบครั้งเดียว(Batch Fermentation)โดยระบบมีการกวนผสมโดยกระบวนการเขย่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นำขวดการทดลองตั้งทิ้งไว้ในห้อง 35±2 °C เพื่อให้อุณหภูมิภายในขวดปฏิกิริยาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการทำงานของหัวเชื้อ โดยระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 30 days และการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ

1.1 ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าวเหนียว กข แม่โจ้ 2 มีปริมาณของความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 4.98±0.85%, 2.85±1.32%, 2.03±2.41%, 55.76±6.48%, 13.00±7.04% และ 21.12±4.53% ตามลำดับ จากการพิจารณาพบว่า ฟางข้าวมีปริมาณของกากใยหยาบเป็นองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานมากที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆเนื่องจากเป็นส่วนของผนังเซลล์ โดยกากใยหยาบในฟางข้าวประกอบไปด้วยสารจำพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวมีปริมาณแตกต่างกันไปเนื่องจากหลายปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ข้าว สิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโตเช่นสภาพอากาศฤดูกาลธาตุอาหารในดินเป็นต้นอีกทั้งระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวและกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวสามารถส่งผลต่อปริมาณของสารประกอบได้เช่นกัน[5]ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสภาพทางกายภาพโดยการบดสับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการหมักระหว่างวัตถุดิบและหัวเชื้อ

1.2 ลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบ

สำหรับการพิจารณาลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการหมักร่วมระหว่างฟางข้าวสายพันธุ์ กข.แม่โจ้ 2 และหัวเชื้อมูลวัว จะทำการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ในการวิเคราะห์ทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบ

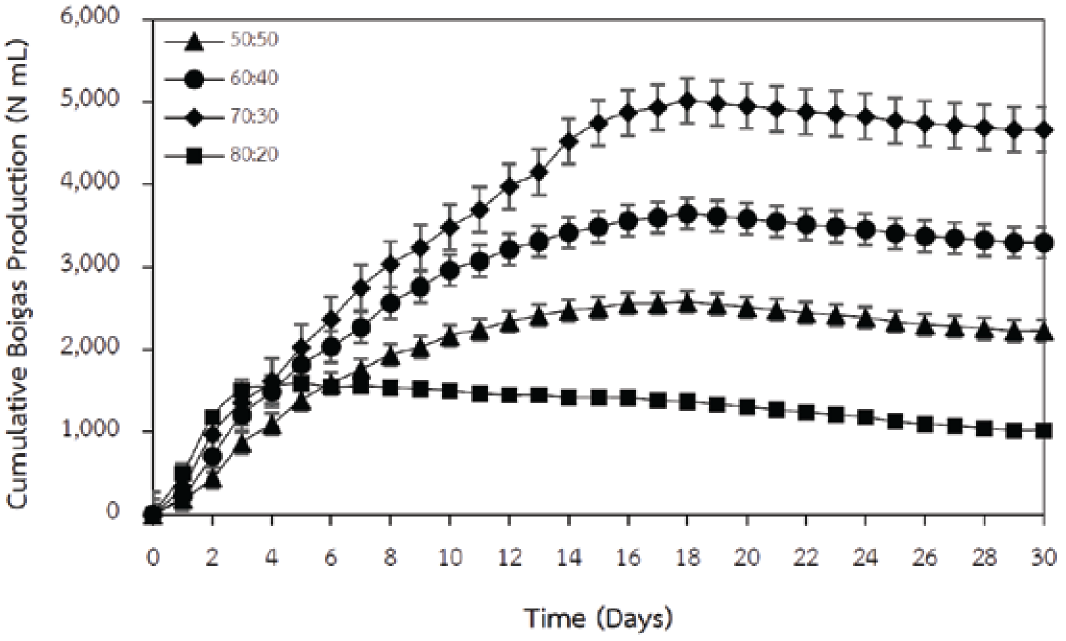
พารามิเตอร์	หน่วย	ฟางข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2	หัวเชื้อมูลวัว
pH	-	6.8±0.02	7.2±0.03
TS	mg/L	940,322±568	43,580±639
VS	mg/L	839,419±285	30,570±546
VS/TS Ratio	-	0.81±0.14	0.74±0.18
ALK	mg $CaCO_3$/L	-	3,782±264
VFA	mg CH_3COOH/L	-	1,362±186
VFA/ALK Ratio	mg CH_3COOH/ mg $CaCO_3$	-	0.35±0.32

จากตารางที่ 1 จากการศึกษาพบว่า ส่วนที่ 1 ค่า pH ของฟางข้าวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 และหัวเชื้อมูลวัว มีค่าเท่ากับ 6.8±0.02 และ 7.2±0.03 ตามลำดับ ส่วนที่ 2 ค่า TS เท่ากับ 94.03±0.03% และ 43.58±0.30% ตามลำดับ และค่า VS เท่ากับ 83.94±0.53% และ 30.57±0.47% ตามลำดับ โดยอัตราส่วน VS/TS Ratio มีค่าเท่ากับ 0.81±0.14 และ 0.74±0.18 ตามลำดับ พบว่าค่า VS/TS Ratio ดังกล่าวเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและหัวเชื้อในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยค่า VS/TS Ratio ควรอยู่ในช่วง 0.69-0.95 โดยจะให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุดคือ 0.95 [6] ส่วนที่ 3 ค่า VFA/ALK Ratio มีค่าเท่ากับ 0.35±0.32 พบว่าค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งแสดงว่าระบบมีบัฟเฟอร์สูงเพียงพอเทียบกับกรดที่มีในระบบโดยปริมาณของค่า VFA/ALK Ratio ควรต่ำกว่า 0.4 [7]

2. การศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพระหว่างฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 และหัวเชื้อมูลวัวที่อัตราส่วน เท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพในช่วงแรกของทั้ง 4 เงื่อนไข ของการทดลองมีค่าสูงในช่วงวันที่ 1 ถึง 14 วันแรก จากนั้นจะลดลงจนเข้าสู่สภาวะคงที่

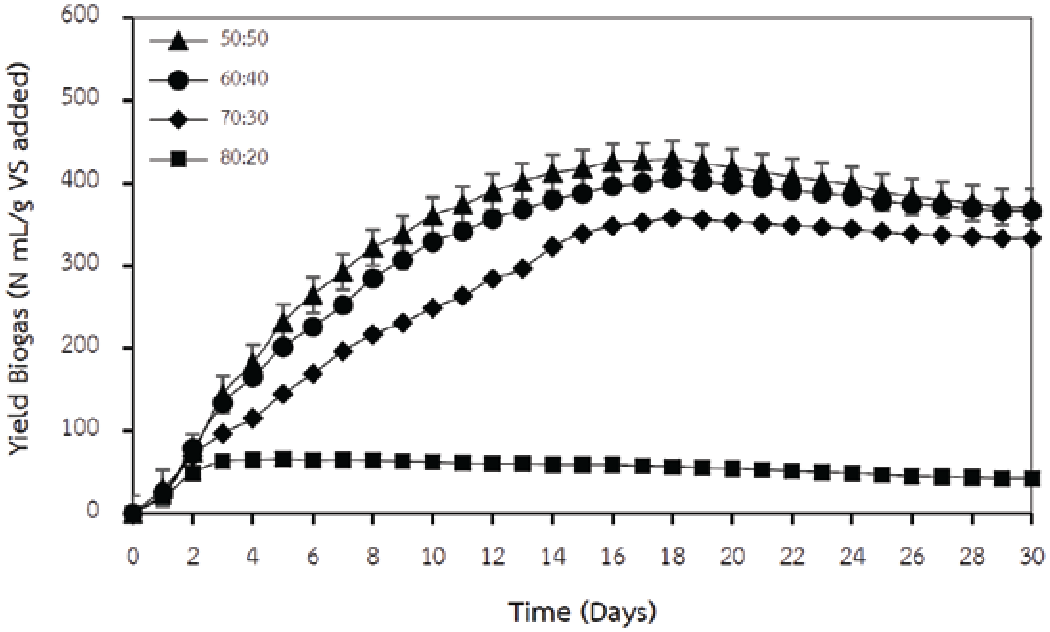
โดยปริมาณของก๊าซชีวภาพมีค่ามากที่สุด คือ ที่อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,010.34±526 N mL รองลงมา คือ สัดส่วน 60:40, 50:50 และ 80:20 ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 3,643.51±513, 2,574.08±519 และ 1,587.54±113 N mL ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

3. ผลผลิตของก๊าซชีวภาพจำเพาะของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับผลผลิตของก๊าซชีวภาพคือปริมาณของก๊าซชีวภาพต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ต่อหน่วย โดยในขั้นตอนนี้จะทำการพิจารณาปริมาณของผลผลิตของก๊าซชีวภาพต่อหน่วยของแข็งระเหยง่าย (VS) เนื่องจากวัตถุดิบที่ได้ทำการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นของแข็ง คือ ฟางข้าวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ผลผลิตของก๊าซชีวภาพจำเพาะภายในระบบผลิตก๊าซชีวภาพของกระบวนการศึกษาการหมักฟางข้าวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ต่อหัวเชื้อมูลวัว โดยใช้อัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 428.88±70.64 N mL/g VS added รองลงมา ได้แก่ อัตราส่วนที่ 60:40, 70:30 และ 80:20 ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 404.90±46.61, 357.84±30.73 และ 64.91±6.01 N mL/g VS added ตามลำดับ ซึ่งปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีผลมาจากค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของระบบข้างต้น อาทิ pH, VFA, ALK, TS และ VS ตามลำดับ โดยปริมาณของก๊าซชีวภาพมีค่าสูงในช่วงวันที่ 1 ถึง 14 วันแรก จากนั้นจะลดลงจนเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งกระบวนการหมักเป็นแบบการเติมสารอินทรีย์แบบครั้งเดียว สารอินทรีย์ถูกจุลินทรีย์ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพไปจนหมดจึงส่งผลโดยตรงทำให้ปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวันลดลงตามไปด้วย[10] และอัตราส่วนที่ 60:40, 70:30 และ 80:20 เนื่องจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่มากกว่าหัวเชื้อมูลวัวและวัตถุดิบมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบได้หมด ส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นลดลง [11]



ภาพที่ 4 ผลผลิตของก๊าซชีวภาพจำเพาะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

4. องค์ประกอบก๊าซชีวภาพของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	หน่วย	อัตราส่วนของฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว			
		50:50	60:40	70:30	80:20
Methane (CH_4)	%(v/v)	42.8-56.3	40.0-52.1	34.4-45.7	23.5-36.3
Carbon dioxide (CO_2)	%(v/v)	20.8-24.5	25.2-30.4	28.4-33.4	30.3-45.6
Oxygen (O_2)	%(v/v)	0.0-5.5	0.0-5.5	0.0-5.5	0.0-5.5
Hydrogen sulphide (H_2S)	ppm	0-687	0-546	0-518	0-412

จากตารางที่ 2 สัดส่วนของก๊าซมีเทนภายในระบบผลิตก๊าซชีวภาพของกระบวนการศึกษาอัตราส่วนของฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว จากการศึกษาพบว่า สัดส่วนของก๊าซมีเทนในอัตราส่วนที่ 50:50 อยู่ในช่วง 42.8-56.3% มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 30 days เท่ากับ 52.6% สูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนที่ 60:40, 70:30 และ 80:20 อยู่ในช่วง 40.0-50.1%, 34.4-45.7% และ 23.5-30.3% ตามลำดับ มีสัดส่วนก๊าซมีเทนเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 30 days เท่ากับ 48.8%, 41.5% และ 32.4% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว จากสัดส่วนของก๊าซมีเทนในอัตราส่วนที่ 50:50 ให้สัดส่วนก๊าซมีเทนมากกว่า 50% ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานได้ [12] และอัตราส่วนที่ 60:40, 70:30 และ 80:20 พบว่ามีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำกว่า 50% เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนก๊าซมีเทนตามทฤษฎีคือประมาณ 50-70% ทั้งนี้อาจเกิดจากประสิทธิภาพของระบบหมักที่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีการเติมอัตราส่วนของฟางข้าวมากเกินไปส่งผลให้หัวเชื้อมูลวัวมีประสิทธิภาพการย่อยค่อนข้างต่ำ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 โดยทำกระบวนการหมักร่วมกับหัวเชื้อมูลวัว ขนาด 1,000 mL ปริมาณใช้จริง เท่ากับ 400 mL ทำการกำหนดอัตราส่วนให้มีค่าเท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ โดยกระบวนการศึกษาจะใช้ระยะเวลา 30 days ภายใต้สภาวะอุณหภูมิแบบเมโซฟิลิก เท่ากับ 35±2 °C ซึ่งระบบมีการป้อนสารอินทรีย์แบบครั้งเดียว จากการศึกษาพบว่า อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่อัตราส่วน 50:50 ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด โดยให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 428.88 N mL/g VS added รองลงมา ได้แก่ อัตราส่วน 60:40, 70:30 และ 80:20 ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 404.90, 357.84 และ 64.91 N mL/g VS added ตามลำดับ และสัดส่วนของก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 52.6%, 48.8%, 41.5% และ 32.4% ตามลำดับ จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทฟางข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการแปรสภาพ เพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทนทางด้านความร้อนและไฟฟ้าในอนาคตได้อีกทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ต้องกราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้"โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา"จากวิทยาลัยพลังงานทดแทน และทุนศิษย์ก้นกุฏิ จากบัณฑิตวิทยาลัย ประจำปี 2562 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2562). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม-กันยายน 2562. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2563, จาก https://www.dede.go. th/download/ stat62/frontpageiansep 62.pdf.

[2] ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงษ์. (2555). การผลิตแก๊สชีวภาพจากซากชีวมวลในร่องสวนของชุมชนในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

[3] จุฑาภรณ์ ชนะถาวร. (2560). การผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักร่มของวัสดุเหลือทิ้งคาร์บอนสูงและน้ำเสียจากการเตรียมเบดดิ้งไส้เดือน. วิทยาลัยพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2563, จาก https://www.dede.go.th/ewt_wc/ewt_news,php?nid-486.

[5] กรมการข้าว. (2556). ฐานข้อมูลศักยภาพชีมวลในประเทศไทยประจำเพาะปลูก พ.ศ. 2556. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2563, จาก http://webkc.dede.go.th/testmax/ sites/default/files.

[6 กรมควบคุมมลพิษ. (2563). ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศประจำวันจันทร์ ที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 เวลา 16:00 น. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://air4thai,pcd.go.th/ webV2/aqiinfo.phe.

[7] กุลนิภา ธนรุ่งรังสี ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น (2558). สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารจากฟางข้าวสกัดด้วยอัลคาไลน์. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 46 (3), 461-464.

[8] Aditi, D., Tanvi, G., Abhilash, KT., Julie, M., Kylie, F., & Rajesh, KS. (2018). Thermophilic anaerobic digestion: enhanced and sustainable methane production from co-digestion of food and lignocel lulosic wastes. Energy. 11(2058). 1-13.

[9] ชุติมา คุณภักดี ดร.กัลยกร ขวัญมา และสุภาวดี ยอดทองดี (2560). การพัฒนาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากการย่อยร่วมของเชื้อจุลินทรีย์มูลไก่และหญ้าเนเปียร์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพระบบบ่อปิดแบบน้ำวน.การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ 2560. วันที่ 10 มีนาคม 2560 ณ อาคารพจน์ สารสิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[10] นิลวรรณ ไชยทนุ (2552). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบหมักแบบไร้อากาศแบบถังกวนต่อเนื่องในสภาวะเทอร์โมฟิลิกเพื่อบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร.วิทยานิพนธ์. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[11] สุพรรณา ไชยปา และเสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย (2559). การผลิตก๊าซชีวภาพจากเส้นใยปาล์มร่วมกับทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 8-9 ธันวาคม 2559.

[12] กิตติยา ป้อมเงิน, ประภา โซ๊ะสลาม และรัชพล พะวงศ์รัตน์ (2560). การผลิตแก๊สชีวภาพจากต้นธูปฤาษีที่ผ่านการปรับสภาพ (Typha angustifolia L.) ร่วมกับมูลวัวโดยกระบวนการหมักแบบกึ่งกะ*. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 4 (5). 2408 – 1248.

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและมลพิษของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ดเพื่อผลิตแก๊สร้อนสะอาด

A Study on Performance and Pollution of An Apparatus for Syngas Production and Combustion from Biomass Pellet for Hot Clean Gas Production

พิษณุ แก้วคุณงาม[1]* ภาคภูมิ ศรีรมรื่น[1] และ สมมาส แก้วล้วน[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและมลพิษของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ดเพื่อผลิตแก๊สร้อนสะอาด ชีวมวลอัดเม็ดถูกแปรสภาพเป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากนั้นถูกเผาเพื่อผลิตแก๊สร้อนสะอาดด้วยหัวเผาแบบไซโคลนแก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งชนิดอากาศไหลขึ้นที่มีพื้นหน้าตัดคงที่ที่ 0.073 m^2 และทำงานร่วมกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนที่พัฒนาขึ้นโดยหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนสามารถดักจับเถ้าลอยและผลิตแก๊สร้อนสะอาดที่ระดับอุณหภูมิสูงและถ่ายเทความร้อนให้น้ำในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและมลพิษดำเนินการที่อัตราการป้อนชีวมวลเข้าเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ 10.90, 14.04 และ 17.04 kg/h ตามลำดับ สอดคล้องกับพลังงานจากชีวมวลอัดเม็ดป้อนเข้าเตาที่ 49, 63 และ 77 kW ตามลำดับ ในขณะที่อากาศจำนวน 4 ส่วนถูกใช้เพื่อผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนถูกป้อนเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดท่อ โดยน้ำมีอัตราการไหลที่ 173 kg/h , 172 kg/h และ169 kg/h ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แห้งมีค่าความร้อนทางสูงในช่วง 4.13 -4.32 MJ/Nm^3 แก๊สไอเสียมีองค์ประกอบของ O_2, CO_2, CO และ NOX ในช่วง 4.94-6.07%, 13.08-13.77%, 230-880 ppm, และ 391-418 ppm ตามลำดับ อุณหภูมิที่ทางออกจากหัวเผามีค่าอยู่ในช่วง 815 – 949°C และประสิทธิภาพการผลิตน้ำร้อนและไอมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ51.32-53.48ซึ่งผลการคำนวณอาจมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากไม่สามารถวัดคุณภาพไอน้ำที่ทางออกได้โดยตรง

คำสำคัญ: แก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งชนิดอากาศไหลขึ้น หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลน ชีวมวลอัดเม็ด

บทนำ

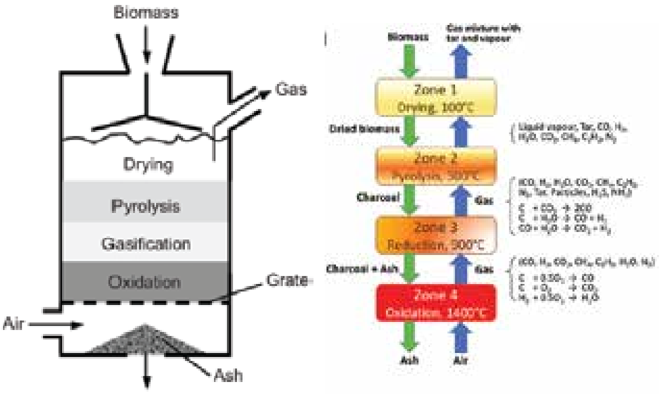
ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักทำให้รัฐบาลหลายสมัยกำหนดนโยบายในการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ โดยมุ่งพัฒนาพลังงานหมุนเวียน [1] พลังงานทดแทนในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้คือพลังงานจากชีวมวลซึ่งเป็นพลังงานที่หลายประเทศให้การยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลาย [2] และรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้สะดวกคือ แบบเชื้อเพลิงชีวมวลอัด

เม็ด หรือเรียกชื่ออื่น ๆ เช่น เชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ เชื้อเพลิงไม้อัดเม็ด เป็นต้น ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงเช่นเหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด ฟางข้าว เศษหญ้า เศษไม้เหลือใช้จากการตัดแต่งต้นไม้ ขี้เลื่อยที่ได้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เป็นต้นมาผลิตเป็นชีวมวลอัดเม็ดที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายและมีการใช้ประโยชน์ได้ในหลายรูปแบบโดยเฉพาะในรูปของพลังงานความร้อนซึ่งได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดสามารถนำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรผลิตไอน้ำหรือใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบหม้อต้มไอน้ำ (boiler) เป็นต้น รวมถึงการให้ความร้อนกับที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตร แต่การเผาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดในเตาเผายังมีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์เช่นไม่สามารถใช้ทดแทนหัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สหรือหัวเผาเชื้อเพลิงเหลวได้อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมให้เกิดความสม่ำเสมอของการเผาไหม้และอุณหภูมิจากการเผาไหม้ได้รวมทั้งการเผาไหม้ชีวมวลอัดเม็ดโดยตรงยังมีการปลดปล่อยฝุ่นละอองตามมากับกระแสแก๊สร้อนในอัตราสูงอย่างไรก็ตามการแปรสภาพเชื้อเพลิงชีวมวลอัดให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดปัญหาด้านมลพิษจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มโอกาสในการใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดทดแทนเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงแก๊สในภาคอุตสาหกรรมแต่การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลยังปัญหาเรื่องความสะอาดของแก๊สที่ต้องมีการติดตั้งระบบทำความสะอาดแก๊สต่อจากระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ทำให้มีความซับซ้อนในการนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ดังนั้นการออกแบบและสร้างระบบผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่มีระบบทำความสะอาดแก๊สภายในหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและมลพิษของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดโดยเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ใช้แก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งอากาศไหลขึ้นและเชื่อมต่อกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนที่มีอัตราการป้อนพลังงานจากชีวมวลเข้าสู่แก๊สซิไฟเออร์ที่ 3 ระดับตามค่าอัตราการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สจำเพาะ (specific gasification rate, SGR)

แก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งอากาศไหลขึ้น

การแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ด้วยเตาผลิตแก๊สแบบเบดนิ่งอากาศไหลขึ้นหรือเรียกว่าแก๊สซิไฟเออร์แบบ เบดนิ่งอากาศไหลขึ้น (fixed bed updraft gasifier) ซึ่งเป็นแก๊สซิไฟเออร์อย่างง่ายโดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ การอบแห้ง (drying) การไพโรไลซิส (Pyrolysis) แก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) และการเผาไหม้แบบบางส่วน (Partial oxidation) ได้ผลผลิตเป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ชื้นที่มีการปนเปื้อนด้วยเถ้าลอยและน้ำมันดินโดยเถ้าลอยที่มีฝุ่นคาร์บอนซึ่งไม่ถูกแปรสภาพให้เป็นแก๊สผสมอยู่มักจะจับตัวกับน้ำมันดินเมื่อแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีอุณหภูมิลดต่ำลงในท่อส่งแก๊สเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในท่อส่งแก๊สและพลังงานจากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ลดลง



ภาพที่ 1 แก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งอากาศไหลขึ้น [3-4]

อัตราการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สจำเพาะ

การแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ด้วยเครื่องแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สแบบเบดนิ่งอากาศไหลขึ้น (fixed bed updraft gasifier) โดยมีค่าอัตราการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สจำเพาะ (specific gasification rate, SGR) อยู่ในช่วง 100-250 kg/m2-h [5-6]. ซึ่งอัตราการป้อนชีวมวลหาได้จากสมการที่1โดยที่SGRสูงส่งผลอัตราการป้อนชีวมวลและอัตราการป้อนอากาศสูงขึ้นและผลที่ตามมาคือความเร็วในการไหลของอากาศผ่านตะแกรงเตามีค่าเพิ่มขึ้นและความเร็วของแก๊สผ่านหน้าตัดของแก๊สซิไฟเออร์สูงขึ้นซึ่งส่งผลให้อนุภาคของฝุ่นคาร์บอนและเถ้าลอยตามกระแสแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้มากขึ้น

$$BFR = \frac{E_{b,in}}{LHV_b} \times 3600 \qquad (1)$$

พลังงานจากชีวมวลอัดเม็ดป้อนเข้าเตา

อัตราการป้อนพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่เครื่องผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนชีวมวลอัดเม็ดและค่าความร้อนทางต่ำของชีวมวลอัดเม็ดซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$E_{b,in} = \frac{BFR \times LHV_b}{3600} \qquad (2)$$

โดยที่ $E_{b,in}$ คือ พลังงานจากชีวมวลป้อนเข้าเตา (kW)

BFR คือ อัตราการป้อนชีวมวล (kg/h)

LHV_b คือ ค่าความร้อนทางต่ำของชีวมวลอัดเม็ด (kJ/kg)

อัตราส่วนอากาศสมมูล

อัตราส่วนสมมูล (equivalence ratio, ER) คืออัตราส่วนระหว่างสัดส่วนผสมระหว่างอากาศกับชีวมวลสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเทียบกับสัดส่วนผสมระหว่างอากาศกับชีวมวลสำหรับกระบวนการเผาไหม้ทางทฤษฎี โดยทั่วไปค่า ER มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.45 [7] ซึ่งแสดงในสมการที่ 3 และอัตราการป้อนอากาศสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นหาได้จากสมการที่ 4

$$\mathrm{ER} = \frac{\frac{AFR_G}{BFR}}{\frac{AFR_{th}}{BFR}} = \frac{ABR_G}{ABR_{th}} \qquad (3)$$

$$AFR_G = \mathrm{ER} \times AFR_{th} = \mathrm{ER} \times ABR_{th} \times \mathrm{BFR} \qquad (4)$$

โดยที่ AFR_G คือ อัตราการป้อนอากาศสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (kg/h)

AFR_{th} คือ อัตราการป้อนอากาศสำหรับกระบวนการเผาไหม้ทางทฤษฎี (kg/h)

ABR_G คือ อัตราส่วนอากาศต่อชีวมวลสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

ABR_{th} คือ อัตราส่วนอากาศต่อชีวมวลสำหรับกระบวนการเผาไหม้ทางทฤษฎี

อัตราการป้อนอากาศเพื่อเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

อัตราการป้อนอากาศสำหรับเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (AFRC,syngas) หาได้จากสมการที่ 5ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างอัตราส่วนอากาศส่วนเกินกับผลต่างระหว่างอัตราการป้อนอากาศทางทฤษฎีและอัตราการป้อนอากาศสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น โดยสัดส่วนอากาศส่วนเกิน (excess air, EA) มีค่าประมาณ10-20%ของอากาศทางทฤษฎีสำหรับเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และอากาศทางทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้แบบสมบูรณ์หาได้จากสมการที่ 6

$$AFR_{C,syngas} = EA \times (AFR_{th} - AFR_G) = \mathrm{EA} \times (1 - \mathrm{ER}) \times \mathrm{AFR}_{th} \qquad (5)$$

$$AFR_{th} = BFR \times \mathrm{ABR}_{th} \qquad (6)$$

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบสำหรับการทดลอง

ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดที่ผลิตจากบริษัทศิริโรจน์รุ่งเรืองจำกัดในพื้นที่จังหวัดลพบุรีเม็ดเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm ยาว 10-20 mm มีค่าความหนาแน่น (bulk density) สูง อยู่ในช่วงระหว่าง 600-700 kg/m3มีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยเถ้าในเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดประมาณ 1.93%ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเช่นเหง้ามันสำปะหลังซังข้าวโพดเปลือกยูคาลิปตัสและเศษไม้เหลือใช้ ปีกไม้

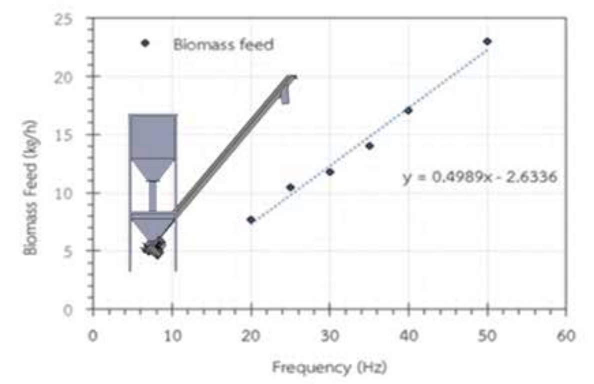
ภาพที่ 2 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดบริษัท ศิริโรจน์รุ่งเรือง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด

องค์ประกอบ	ปริมาณ	องค์ประกอบ	ปริมาณ
Moisture, %W	8.33	Carbon: C, %W	45.40
Volatile Matter, %W	73.12	Hydrogen: H, %W	6.18
Fixed carbon, %W	16.62	Oxygen: O, %W	46.35
Ash, %W	1.93	Nitrogen: N, %W	0.14
LHV, kJ/kg	16,192	Sulfur: S, %W	0.00
HHV, kJ/kg	17,489	Air Biomass Ratio: ABR_{th}, -	5.33

สกรูลำเลียงและโรตารีแอร์ล็อควาล์วป้อนชีวมวลอัดเม็ด

ชีวมวลมวลอัดเม็ดถูกลำเลียงจากถังเก็บและถูกควบคุมอัตราการไหลด้วยเกลียวลำเลียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ระยะพิท 4 นิ้ว มีความเร็วรอบสูงสุดที่ 1.75 rpm และสามารถปรับความเร็วรอบลดลงได้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดไหลเข้าสู่โรตารีแอร์ล็อควาล์วและถูกป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ตามลำดับผลการปรับเทียบอัตราการไหลของชีวมวลอัดเม็ดผ่านสกรูลำเลียงแสดงดังรูปที่ 2 เมื่อสกรูลำเลียงหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุดและต่ำสุดที่ความถี่ของอินเวอเตอร์ที่50และ20Hzส่งผลให้อัตราการไหลของชีวมวลอัดเม็ดมีค่า 23 และ 7 kg/h ตามลำดับ ซึ่งอัตราการไหลของชีวมวลจริงต่ำกว่าอัตราการไหลของชีวมวลอัดเม็ดที่คำนวณได้ประมาณ 20-25%



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการหมุนของชุดป้อนชีวมวลกับอัตราการป้อนชีวมวล

ชุดป้อนอากาศสำหรับชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

อากาศถูกป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ด้วยเครื่องเป่า(Norvax NVT-150, 1.6 kW) อัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบการหมุนของเครื่องเป่าและความเร็วรอบการหมุนถูกควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์(Delta FVD-MS300) อุณหภูมิอากาศถูกวัดด้วยโพรบวัดอุณหภูมิ (Thermocouple K-Type) ความดันอากาศถูกวัดด้วยเกจส์วัดความดัน (Bourdon, 0-10 kPa) อากาศถูกแยกเป็น 4 ส่วนและถูกวัดอัตราการไหลแต่ละส่วนด้วยโรตามิเตอร์ (Double Ring LZB-25, 5-50 m3/h) และสัดส่วนอัตราการไหลของอากาศแต่ละส่วนถูกปรับแบ่งด้วยวาล์วขนาด 1 นิ้ว (KITZ-316, 600 UTKM) ที่ติดตั้งอยู่เหนือโรตามิเตอร์ โดยอากาศส่วนแรกใช้สำหรับกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ และอีก 3 ส่วนใช้สำหรับเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดมีรายละเอียดดังนี้

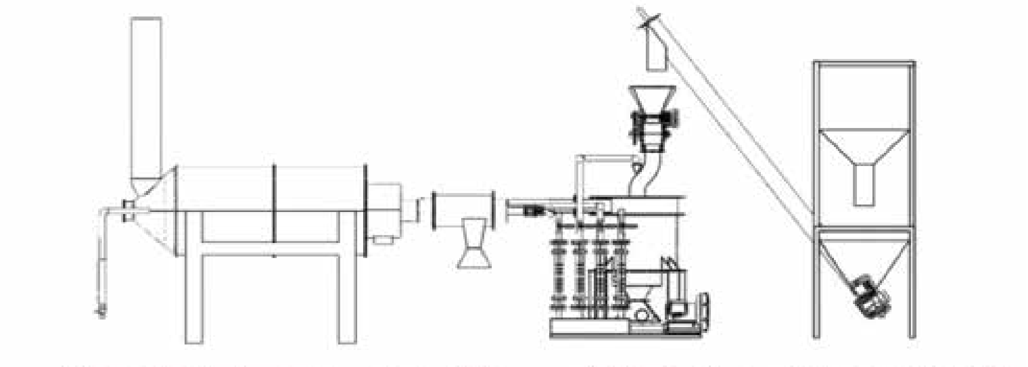
- อากาศส่วนที่ 1 (AG) ถูกป้อนเข้าสู่ส่วนล่างโดยรอบห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยอากาศส่วนนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดได้ผลผลิตเป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์
- อากาศส่วนที่ 2 (AB1) ถูกป้อนเข้าบริเวณด้านบนของห้องผลิตแก๊สในตำแหน่งปลายท่อป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องผลิตแก๊สเพื่อทำหน้าที่ 2 อย่างคือ 1. เพื่อป้องกันการรั่วของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ออกทางท่อป้อนชีวมวล 2. เพื่อช่วยเผาทำลายน้ำมันดิน, สารระเหย และฝุ่นคาร์บอนซึ่งทำให้อุณหภูมิในท่อส่งแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สูงขึ้นและช่วยให้เกิดเสถียรภาพในการติดไฟในหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์อีกทั้งยังช่วยลดคาร์บอนในเถ้าลอย
- อากาศส่วนที่ 3 (AB2) เป็นอากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้แก๊สปิโตรเลียมเหลวที่หัวเผานำร่อง (Pilot burner) ซึ่งถูกเปิดให้ทำงานตั้งแต่เริ่มการเดินเครื่องจนกระทั่งอุณหภูมิที่ปลายหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สูงกว่า 700 oC หัวเผานำร่องนี้จะหยุดการทำงานโดยการหยุดจ่ายแก๊ส LPG โดยอัตโนมัติ ในขณะที่อากาศส่วนนี้ยังคงไหลเข้าสู่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องภายในห้องเผาไหม้ส่วนต้นของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนที่บริเวณนี้เถ้าลอยที่ไหลมากับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะถูกเหวี่ยงและตกลงสู่สังเก็บเถ้าลอย
- อากาศส่วนที่ 4 (AB3) เป็นอากาศที่ป้อนเข้าสู่ท่อเผาไหม้ส่วนปลายของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนเพื่อทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ซึ่งส่งผลให้ได้แก๊สร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงและมีค่ามลพิษต่ำ

ภาพที่ 4 ชุดป้อนอากาศสำหรับผลิตและเผาแก๊ส

หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์คือแก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งชนิดอากาศไหลขึ้น (fixed bed updraft gasifier) ที่มีพื้นที่หน้าตัดคงที่ที่ 0.073 m2 สร้างด้วยปูนทนไฟและถูกห่อด้วยฉนวนเซรามิกและผนังโลหะ เมื่อกำหนดค่าอัตราการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นแก๊สจำเพาะ (specific gasification rate, SGR) อยู่ในช่วง 100-250 kg/m2-h จึงสามารถคำนวณหาอัตราการป้อนชีวมวลอัดเม็ด (Biomass Feed Rate : BFR) ได้ในช่วง 7.30 – 18.25 kg/h และจากค่าความร้อนทางต่ำของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษไม้ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า 16,192 kJ/kg จึงคำนวณหาค่าพลังงานจากชีวมวลที่ป้อนเข้าสู่เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้ในช่วง 33 - 82 kW ตามลำดับ และอากาศส่วนแรก (AG) ถูกป้อนเข้าสู่แก๊สซิไฟเออร์ ที่อัตราการไหลในช่วง 11.67 – 29.18 kg/h เมื่อกำหนดให้ ER มีค่าเท่ากับ 0.3 ในขณะที่แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์กำลังไหลออกจากแก๊สซิไฟเออร์มีอากาศส่วนที่ 2 (AB1) ถูกป้อนเข้ามาผ่านท่อลำเลียงเม็ดเชื้อเพลิงจากด้านบนของแก๊สซิไฟเออร์ซึ่งอากาศส่วนนี้ช่วยป้องกันแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ย้อนออกช่องทางป้อนเม็ดเชื้อเพลิงและช่วยเผาทำลายฝุ่นคาร์บอน น้ำมันดิน และแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์บางส่วน ทำให้อุณหภูมิแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สูงขึ้นขณะไหลเข้าสู่หัวเผาทำให้หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีเถียรภาพในการติดไฟดีขึ้น

หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนที่พัฒนาขึ้นใหม่มีหลักการทำงานคือแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ร้อนที่มีฝุ่นและเถ้าลอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้แบบไซโคลนและผสมกับอากาศส่วนที่ 3 (AB2) แล้วเกิดการเผาไหม้เถ้าลอยถูกเหวียงตกลงสู่ถังเก็บในขณะที่แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่กำลังเกิดการเผาไหม้ไหลเข้าสู่ท่อเผาไหม้ซึ่งเป็นห้องเผาไหม้ส่วนปลายของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนเพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กับอากาศส่วนที่ 4 (AB3) ซึ่งส่งผลให้ได้แก๊สร้อนสะอาดที่ระดับอุณหภูมิสูงและมีค่ามลพิษต่ำ โดยแก๊สร้อนสะอาดจะไหลเข้าสู่เครื่องต้มน้ำเพื่อนำความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์



ภาพที่ 5 แผนภาพการทำงานของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ด

เงื่อนไขการทดลอง

การทดลองผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดดำเนินการที่ 3 ภาระความร้อนตามอัตราการป้อนเชื้อเพลิงซึ่งสอดคล้องกับค่า SGR 3 ระดับคือ 150, 192 และ 233 kg/m2-h ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดลองผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลที่อัตราการป้อนชีวมวล 3 ระดับ

อัตราการป้อนชีวมวลอัดเม็ด (kg/h)	อัตราการป้อนพลังงานจากชีวมวล (kW)	อัตราการป้อนอากาศ (m^3/h)			
		A_G	A_{B1}	A_{B2}	A_{B3}
10.9	49	16	7	16	16
14.04	63	21	8	21	21
17.04	77	25	10	26	26

หมายเหตุ อากาศที่เข้าสู่โรตามิเตอร์มีความหนาแน่นระหว่าง 1.151-1.155 kg/m^3

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากผลที่ได้จากการวัดและวิเคราะห์วัตถุดิบและผลผลิตที่ได้จากระบบโดยองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ดวัดด้วยเครื่อง MRU (VARIO Plus for Syngas Analysis) ในขณะที่แก๊สไอเสียจากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์วัดด้วยเครื่อง TESTO (Flue Gas Analyzer 350XL) ในขณะที่เถ้าลอยซึ่งถูกเหวี่ยงและแยกออกจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนจะตกสู่ถังเก็บและเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าลอยที่ดักจับได้

ความร้อนที่ได้จากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ถูกถ่ายเทให้น้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนและไอน้ำโดยอัตราการรับความร้อนโดยน้ำและประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) ของการนำพลังงานจากชีวมวลไปใช้ในการต้มน้ำแสดงในสมการที่ 7 และ 8

$$Q_u = \dot{m}_w \times \left[\left(h_f + x\dot{h}_{fg}\right) - h_1\right] \qquad (7)$$

$$Thermal\ Efficiency = \frac{Q_u}{E_{b,in}} \qquad (8)$$

เมื่อ Q_u = ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ kw
$\dot{m}_w$ = อัตราการไหลของน้ำป้อน kg/h
h_f = เอนทัลปีของน้ำป้อน kJ/kg
h_f, h_{fg} = เอนทัลปีของน้ำอิ่มตัว และเอนทัลปีในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ kJ/kg
x = คุณภาพไอ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ผลิตจากแก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งชนิดอากาศไหลขึ้นที่อัตราการป้อนชีวมวล 3 ระดับ ถูกวัดและวิเคราะห์แบบต่อเนื่องพบว่ามีค่าองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2 และสามารถคำนวณหาค่าความร้อนทางสูง(HHV) ของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แห้งซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.13 – 4.32 MJ/Nm3 และค่าความร้อนทางต่ำ (LHV) มีค่าอยู่ในช่วง 3.92-4.11 MJ/Nm3 อย่างไรก็ตามในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ออกจากแก๊สซิไฟเออร์ยังมีส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้อื่น ๆ ปะปนอยู่ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ น้ำมันดิน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และฝุ่นคาร์บอน เป็นต้น

ตารางที่ 3 ผลการวัดองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แห้งที่อัตราการป้อนชีวมวลอัดเม็ด 3 ระดับ

อัตราการป้อนชีวมวล (BFR) kg/h	อัตราการป้อนอากาศ (AFR_G) kg/h	อัตราส่วนอากาศสมมูล (ER) -	องค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แห้ง (% Vol.)					ค่าความร้อน HHV MJ/Nm^3
			CO	H_2	CH_4	CO_2	O_2	
10.90	18.45	0.288	18.27	4.04	3.29	12.14	0.39	4.13
14.04	24.26	0.294	20.53	5.54	2.56	12.00	0.35	4.32
17.04	28.78	0.287	20.83	5.07	2.26	9.12	0.82	4.18

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย

แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ผลิตจากแก๊สซิไฟเออร์แบบเบดนิ่งชนิดอากาศไหลขึ้นที่อัตราการป้อนชีวมวล 3 ระดับ ถูกวัดและวิเคราะห์แบบต่อเนื่องพบว่ามีค่าองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2 และสามารถคำนวณหาค่าความร้อนทางสูง(HHV) ของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แห้งซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.13 – 4.32 MJ/Nm3 และค่าความร้อนทางต่ำ (LHV) มีค่าอยู่ในช่วง 3.92-4.11 MJ/Nm3 อย่างไรก็ตามในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ออกจากแก๊สซิไฟเออร์ยังมีส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้อื่น ๆ ปะปนอยู่ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ น้ำมันดิน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และฝุ่นคาร์บอน เป็นต้น

ตารางที่ 4 ผลการวัดองค์ประกอบแก๊สไอเสียจากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ผลิตจากชีวมวลที่อัตราการป้อนชีวมวลอัดเม็ด 3 ระดับ

แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลที่อัตราการป้อนชีวมวล (BFR) kg/h	อัตราการป้อนอากาศสำหรับเผาแก๊ส (AFR_C) kg/h	อัตราส่วนอากาศสมมูลสำหรับเผาแก๊ส EA(1-ER)	องค์ประกอบของแก๊สไอเสียแห้ง			
			O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (ppm)	NO_X (ppm)
10.90	44.97	0.774	6.07	13.08	232	393
14.04	57.65	0.770	5.67	13.47	241	391
17.04	71.49	0.767	4.94	13.77	880	418

ผลของสภาวะการทำงานงานของชุดอุปกรณ์ต่อปริมาณเถ้าและเถ้าลอยที่ดักจับได้

จากการเก็บรวบรวมเถ้าหนักและเถ้าลอยจากถังเก็บที่แก๊สซิไฟเออร์และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนเมื่อป้อนชีวมวลครบ 50 kg พบว่าเถ้าหนักมีปริมาณลดลงเมื่ออัตราการป้อนชีวมวลเพิ่มขึ้น ในขณะที่เถ้าลอยที่เก็บได้มีปริมาณมากขึ้นตามอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่มากขึ้นโดยที่ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิงทุก ๆ 50 kg จะมีขี้เถ้าจากเชื้อเพลิงป้อน 965 g โดยผลรวมมวลเถ้าหนักและเถ้าเบาที่เก็บได้มีค่ามากกว่ามวลขี้เถ้าเนื่องจากมีคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ผสมในเถ้าทั้ง 2 ส่วน

ตารางที่ 5 ผลการเก็บรวบรวมเถ้าหนักและเถ้าลอยของชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เมื่อป้อนชีวมวลอัดเม็ด 3 ระดับ

อัตราการป้อนชีวมวล (BFR) kg/h	อัตราการป้อนอากาศสำหรับผลิตแก๊ส (AFR_G) m^3/h	ความเร็วอากาศเย็นที่หน้าตัดแก๊สซิไฟเออร์ (m/s)	อุณหภูมิในแก๊สซิไฟเออร์ °C	อุณหภูมิปลายหัวเผา °C	องค์ประกอบของแก๊สไอเสียแห้ง	
					เถ้าหนัก $g/50kg_{BF}$	เถ้าลอย kg/kg_{BF}
10.90	16	0.061	468	815	1206.1	14.4
14.04	21	0.080	470	903	1097.7	21.3
17.04	25	0.095	530	949	981.1	31.5

ผลการวิเคราะห์การนำความร้อนจากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์

ความร้อนจากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ด้วยหัวเผาแบบไซโคลน โดยแก๊สร้อนสะอาดไหลเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนที่มีไอน้ำผสมจากนั้นไอเสียถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศซึ่งผลการวิเคราะห์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 6 ผลการการนำความร้อนจากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ไปใช้ประโยชน์

อัตราการป้อนชีวมวล (BFR) kg/h	พลังงานป้อนเข้าจากชีวมวลอัดเม็ด kW	อุณหภูมิปลายหัวเผา °C	อัตราการไหลของน้ำป้อน kg/h	คุณภาพไอน้ำที่ทางออก %	ความร้อนที่น้ำได้รับ (kW)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %
10.90	49.03	815	173	4.6	25.16	51.32
14.04	63.15	903	172	12.2	33.19	52.56
17.04	76.64	949	169	20.1	40.99	53.48

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดสามารถสรุปได้ว่าแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ผลิตจากแก๊สซิไฟเออร์มีค่าความร้อนสูงอยู่ในช่วง 4.13-4.32 MJ/Nm3 มีเถ้าและฝุ่นคาร์บอนลอยผสมไปกับกระแสแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเถ้าลอยที่ดักจับได้ที่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไซโคลนโดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 14.4-35.5 g ตามอัตราการป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลและอากาศเข้าสู่แก๊สซิไฟเออร์ที่เพิ่มขึ้นและความเร็วกระแสแก๊สร้อนที่ผ่านหน้าตัดของแก๊สซิไฟเออร์ที่เพิ่มขึ้นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ถูกเผาไหม้ในหัวเผาแบบไซโคลนได้อย่างมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยมีแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ในแก๊สที่เผาไหม้ต่ำอยู่ในช่วง232–880ppmและมีออกซิเจนส่วนเกินในไอเสียอยู่ในช่วงร้อยละ 4.94-6.07 อุณหภูมิแก๊สที่เผาไหม้บริเวณทางออกจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง815-949oCโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลและอากาศเข้าสู่แก๊สซิไฟเออร์ที่เพิ่มขึ้นความร้อนที่ได้จากชุดอุปกรณ์ผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลอัดเม็ดถ่ายเทให้กับน้ำที่ไหลภายในขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและสามารถหาปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 25.16 – 40.99 kW และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 51.32–53.48ตามค่าพลังงานจากชีวมวลอัดเม็ดป้อนเข้าเตาที่เพิ่มขึ้นซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนอาจมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากคุณภาพไอน้ำที่ทางออกหาโดยการปล่อยไอเปียกเข้าสู่ถังแยกไอที่เปิดสู่บรรยากาศทำให้ไอน้ำบางส่วนอาจเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการเข้าร่วมประชุมและเสนอผลงานฯจากบัณฑิตวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] อริศรา เหล็กคำ (2561)พลังงานชีวมวลในประเทศไทย นโยบาย กฎหมายและการเปลี่ยนผ่านBioenergyin Thailand, Policies, Laws and Transnational

[2] พนิตา เจริญสุข (2557) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการร้องเรียนด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการดำเนินการโรงไฟฟ้าชีวมวล[http://hia.anamai.moph.go.th/download/hia/km/61/hia_km12-1.pdf

[3] R. P. Devi and S. Kamaraj, "Design and development of updraft gasifier using solid biomass," International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 6, no. 4, pp. 182-189, 201

[4] S. Nurhadi, Y. S. Utomo, I. Djunaedi, A. Santosa, Y. Hidayat, “Design Calculation of a 100 kWe Refuse Derived Fuel Gasifier’” Vol. 9, No. 03, 2020.

[5] Kaewluan, S and Pipatmanomai, S. (2007) Preliminary Study of Rubber Wood Chips Gasification in a Bubbling Fluidised-Bed Reactor: Effect of Air to Fuel Ratio, PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment - ICEE-2007, May10-11, 2007, Phuket, Thailand

[6] สมชาติ ฉันทศิริวรรณ (2558). วิศวกรรมโรงไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 316 E-book,

[7] Kluska, Jacek & Ochnio, Mateusz & Kazimierski, Paweł & Kardaś, Dariusz. (2018). Comparison of downdraft and updraft gasification of biomass in a fixed bed reactor. Archives of Thermodynamics. 39. 59-69. 10.1515/aoter-2018-0029.

การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับการใช้งานผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ
Development of Pyrolysis Reactors for Heat Production and Bio-char Applications

นิกราน หอมดวง[1] พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์[2] ภูนิทัต สายแก้ว[1] ประภัสสร รัตนไพบูลย์[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1]
เสริมสุข บัวเจริญ[1] นงเยาว์ หอมดวง[3] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1] และชูรัตน์ ธารารักษ์[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2]ฝ่ายพัฒนาพื้นที่เพื่อเกษตรและชุมชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 155 หมู่ 2 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50100
[3]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การพัฒนาเตาชีวมวลให้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานได้สูงสุดเป็นสิ่งสำคัญต่อการเกิดแรงจูงใจต่อการนำไปใช้งานของชุมชน ผลของสมรรถนะเครื่องที่สูงสามารถลดต้นทุนและทำให้เกิดรายได้เพิ่มสูงขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสให้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานให้สูงสุด โดยมีเป้าหมายในการนำไปใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ภาคเหนือ งานวิจัยได้ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงและมีการนำเอาไพโรไลซีสแก๊สมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมในการเผาไหม้การทดสอบสมรรถนะระบบทดสอบด้วยการต้มน้ำในช่วง3-5kg/hเครื่องปฏิกรณ์มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือห้องเผาไหม้ ห้องผลิตถ่านชีวภาพและชุดหัวเตาพร้อมปล่องควัน การทดสอบใช้ชีวมวลซังข้าวโพดและเศษไม้ลำไยและทดสอบ 4 เงื่อนไข ระยะเวลาทดสอบอยู่ในช่วง 120-150 นาที ผลการทดสอบพบว่าเครื่องไพโรไลซีสมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำอยู่ในช่วง1-1.8kg/hมีระยะเวลาการผลิตถ่านชีวภาพอยู่ในช่วง 120-180 นาที ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานทั้งระบบทำได้สูงสุด 67-97% การใช้ซังข้าวโพดและเศษไม้ให้ค่าความร้อนเฉลี่ย 28.55 MJ/kg และ 28.55 MJ/kg ตามลำดับและในภาพรวมการใช้ซังข้าวโพดผลิตถ่านชีวภาพมีประสิทธิภาพสูงกว่าเศษไม้ผลการพัฒนาและทดลองเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสนี้เหมาะแก่การนำไปเผยแพร่และส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้งานในระดับครัวเรือนซึ่งจะช่วยในด้านการลดการใช้งานแก๊สหุงต้ม การเผาในที่โล่งและได้ถ่านสำหรับการใช้งานในครัวเรือนและภาคเกษตรกรรมได้

คำสำคัญ: ชีวมวล เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีส ถ่านชีวภาพ เตาชีวมวล

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตร-อุตสาหกรรมแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือทิ้งในปริมาณสูงโดยกระจัดกระจายตามแหล่งพื้นที่การเพาะปลูกทั่วประเทศ จากการคาดการณ์ชีวมวลที่เหลือใช้ประโยชน์ในแต่ละปีเฉลี่ยประมาณ 46.85% หรือประมาณ 62.84 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 13,348.12 ktoe หรือกำลังการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าถึง 3,943 MW {1} ภาครัฐมีแผนการพัฒนาพลังงานทางเลือกเป็นกลไกสำคัญในการนำเอาชีวมวลเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ขณะเดียวกันประเทศไทยก็มีการใช้พลังงานจากแก๊สหุงต้มในปริมาณที่สูง จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการใช้แก๊สหุงต้มทั้งหมด 6,619 พันล้านตัน คิดเป็นการใช้ในครัวเรือน อุตสาหกรรม รถยนต์ ปิโตรเคมีและใช้เอง 33% 10% 18% 38% และ 1% ตามลำดับ[2]จากศักยภาพชีวมวลที่มีอยู่และกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศรวมถึงการใช้แก๊สหุงต้มในครัว

เรือนปริมาณสูงประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเตาชีวมวลหรืออุปกรณ์ในการเปลี่ยนรูปชีวมวลในรูปเชื้อเพลิงให้กลายเป็นพลังงานความร้อนทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มซึ่งจะช่วยสนองนโยบายภาครัฐได้ สามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ลดการเผาทำลายในที่โล่งได้ ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นสาเหตุของโลกร้อนได้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาเตาชีวมวลที่ผ่านมาจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเฉลี่ย 10-16% [3] ความร้อนส่วนใหญ่สูญเสียไปกับแก๊สร้อนจากการเผาไหม้การสูญเสียความร้อนและประสิทธิภาพการเผาไหม้ เป็นต้น ผลการสูญเสียความร้อนที่สูงและประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ต่ำ จึงเป็นที่มาของการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสที่สามารถเปลี่ยนรูปชีวมวลหรือใช้ประโยชน์จากชีวมวลให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการเอาความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังไปช่วยในการให้ความร้อนกับชีวมวลในสภาวะไร้อากาศเมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสมากกว่า 150 C จะมีแก๊สเชื้อเพลิงหรือไพโรไลซีสแก๊สออกมาและถ้านำเอาแก๊สที่ได้มาเป็นเชื้อเพลิงให้กับส่วนเตาชีวมวลก็จะทำให้ลดการใช้ชีวมวลป้อนเข้าเตาและเป็นการเอาแก๊สเชื้อเพลิงจากกระบวนการมาใช้ประโยชน์สูงสุดที่สำคัญการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งซึ่งในภาพรวมจะทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนหรือประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้น ศึกษา พัฒนาและทดสอบเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสที่สามารถผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพพร้อมกันให้มีการเปลี่ยนรูปพลังงานได้อย่างคุ้มค่าสูงสุดโดยมีเป้าหมายเพื่อการนำไปใช้กับชีวมวลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ภาคเหนือและภาคต่างๆของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีส

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสเป็นเทคโนโลยีการผลิตความร้อนเพื่อการประกอบอาหารร่วมกับการผลิตถ่านชีวภาพ ผลจากพัฒนาเทคโนโลยีจะช่วยลดข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปทางพลังงาน แนวคิดการพัฒนาได้จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ภาคเหนือและศูนย์การเรียนรู้การพัฒนาที่ดิน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้ ห้องผลิตถ่านถ่านชีวภาพ และส่วนหัวเตาชีวมวลและปล่องไฟดังภาพที่ 1 ห้องเผาไหม้ประกอบด้วย ช่องใส่เชื้อเพลิง ด้านใต้ตะแกรงเป็นช่องทิ้งขี้เถ้า เหนือช่องป้อนเชื้อเพลิงจะมีท่อความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.4 cm ยาว 68 cm ตั้งอยู่ตรงกลางเตา ผนังเตาใช้เหล็กเหนียวความหนา 3 mm พับเป็นกล่องและเชื่อมติดกับส่วนของห้องผลิตถ่านถ่านชีวภาพ ด้านบนห้องเผาไหม้จะมีท่อขนาด 1 นิ้ว ยาว 45 cm ต่อเชื่อมกับห้องผลิตถ่าน ปริมาตรห้องผลิตถ่านชีวภาพมีขนาด 260 L ผนังมีสามชั้น หุ้มฉนวนด้วยไมโครไฟเบอร์รอบวงและใช้เหล็กเหนียวแผ่นขนาด 2 mm ทับอีกชั้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรวม 65 cm ชุดหัวเตาเป็นเหล็กสแตนเลสตรงกลางแนวเดียวกับท่อความร้อนเจาะเป็นช่องรับหม้อหรือกระทะ อีกด้านมีปล่องไฟเพื่อชักนำควันที่เกิดจากการเผาไหม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.4 cm ยาว 90 cm

ภาพที่ 1 ลักษณะเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสร่วมเตาชีวมวลและชีวมวลที่ใช้ในการผลิตถ่านชีวภาพ

วิธีการทดลอง

ชีวมวลที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงและผลิตถ่านชีวภาพประกอบด้วย ซังข้าวโพด เศษไม้ลำไย ดังภาพที่ 1 โดยซังข้าวโพดมีค่าความร้อนเฉลี่ย 14.6 MJ/kg ความหนาแน่นปรากฏเฉลี่ย 132.6 kg/m3 และความชื้นเฉลี่ย 9.42 % เศษไม้ได้มาจากกิ่ง ก้าน จากต้นลำไยมีค่าความร้อน เฉลี่ย 15.94 MJ/kg ความหนาแน่นเฉลี่ย 384.57 kg/m3 และความชื้นไม่เกิน 8.27 % การวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K วัดทั้งหมด 7 จุด โดยทำงานร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ต่อร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ การวัดความสิ้นเปลืองชีวมวลใช้วิธีการชั่งน้ำหนักชีวมวลก่อนทดสอบแล้วป้อนเข้าเตาเทียบกับเวลาในการใช้งาน เครื่องชั่งน้ำหนักชีวมวลใช้เครื่องชั่งแบบดิจิตอลชนิด 3 ตำแหน่ง วัดน้ำหนักได้สูงสุด 30 kg มีความละเอียดการวัด 0.5 g การประเมินการทำงานของเตาชีวมวลใช้วิธีการวัดด้วยการต้มน้ำ (Water Boiling Test: WBT) ตามมาตรฐานการทดสอบเตาชีวมวล[3] ค่าความร้อนของชีวมวลและถ่านชีวภาพวัดได้จากเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น ART.2060/2070 ความจุ 300 ml ทดลองตามมาตรฐาน ASTM D2105 การทดสอบแบ่งเป็น 4 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ซ้ำ โดยในแต่ละเงื่อนไขดำเนินการทดสอบโดยการต้มน้ำ วัดอุณหภูมิและอัตราความสิ้นเปลืองชีวมวลที่ป้อนโดยใช้การวัดมวลชีวมวลที่ป้อนเทียบกับเวลาในการผลิตถ่านชีวมวลในการผลิตถ่านและคุณภาพถ่านที่ได้ ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและค่าความร้อน สมการคำนวณสมรรถนะของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสอ้างอิงจาก [3] เงื่อนไขการทดลองทั้ง 4 กรณี มีความหมายดังต่อไปนี้

C/W หรือ CC+WF หมายถึง การใช้ซังข้าวโพดผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้เศษไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล

C/C หรือ CC+CF หมายถึง การใช้ซังข้าวโพดผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล

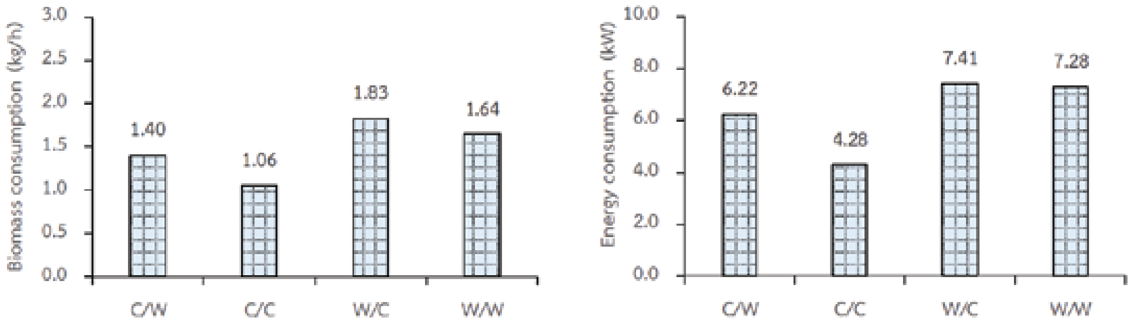
W/W หรือ WC+WF หมายถึง การใช้เศษไม้ลำไยผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้เศษไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล

W/C หรือ WC+CF หมายถึง การใช้เศษไม้ลำไยผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและพลังงาน

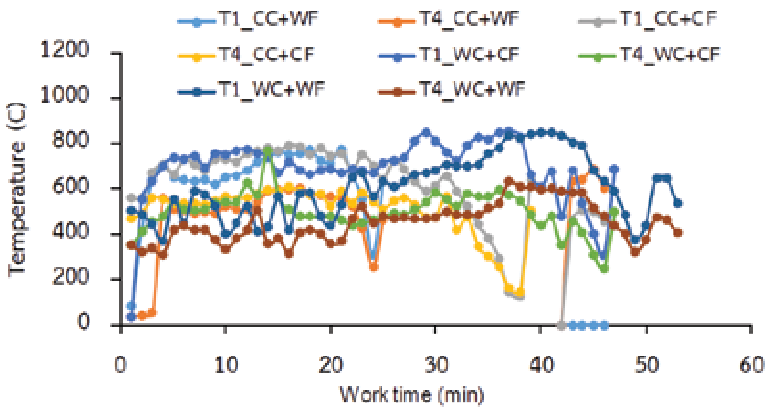
ภาพที่ 2 แสดงอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลและพลังงานพบว่าในแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีอัตราความสิ้นเปลืองชีวมวลค่อนข้างต่ำเฉลี่ย 1-1.8 kg/h มีสาเหตุเกิดการใช้แก๊สเชื้อเพลิงหรือไพโลไลซีสแก๊สเข้าเป็นเชื้อเพลิงร่วมทำให้การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลป้อนเข้าต่ำการผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดและใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงให้อัตราความสิ้นเปลืองต่ำสุด 1.05 kg/h เนื่องจากซังข้าวโพดมีความหนาแน่นต่ำกว่าเศษไม้ประมาณ 3 เท่า ชีวมวลที่มีความหนาแน่นสูงทำให้ความร้อนที่เข้าไปในปฏิกิริยาดูดซับความร้อน (Endothermic) ทำได้ยากและใช้ระยะเวลาที่นานในการไล่ความชื้นและขับสารระเหยจากชีวมวล [4] จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความสิ้นเปลืองชีวมวลในการป้อนเข้าสู่เตาชีวมวลในช่วงแรก ถ้าเปรียบเทียบเฉพาะส่วนการผลิตถ่านจากเศษไม้จะพบว่าการนำเอาซังข้าวโพดมาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนมีความสิ้นเปลืองซังข้าวโพดสูงกว่าการเศษไม้ ทั้งนี้อัตราการเผาไหม้ (burning rate) ของซังข้าวโพดที่มีค่าสูงกว่าเศษไม้ซึ่งรวมถึงลักษณะรูปร่างน่าจะเป็นสาเหตุหลักให้มีการใช้ชีวมวลสูง [5] การใช้พลังงานในการให้ความร้อนมีลักษณะมีพฤติกรรมสอดคล้องกับความสิ้นเปลืองชีวมวล โดยการใช้เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสมีอัตราการป้อนชีวมวลอยู่ในช่วง 4.28-7.41 kW



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและพลังงาน

อุณหภูมิการทำงานเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีส

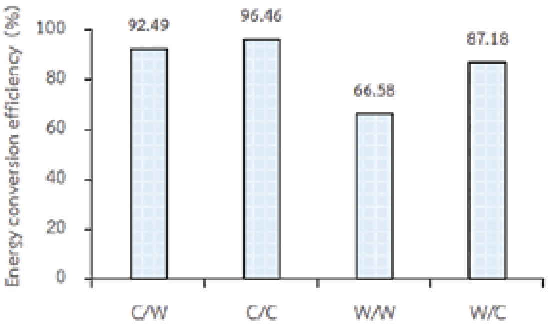
ภาพที่ 3 แสดงอุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสในส่วนของอุณหภูมิเปลวไฟเตาชีวมวล (ใต้หม้อต้มน้ำ:T1) และอุณหภูมิแก๊สร้อนหรือไอเสียของปล่องเปลวไฟก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ (T4) พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟของการทดลองทุกเงื่อนไขมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 605-687C ในขณะที่ในส่วนของอุณหภูมิแก๊สร้อนของปล่องเปลวไฟจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 453-509C การใช้เศษไม้ในการผลิตถ่านชีวภาพจะให้อุณหภูมิของเตาสูงสุดที่ 687C โดยค่าความร้อนของไพโรไลซีสแก๊สที่ป้อนร่วมกับชีวมวลจะมีส่วนทำให้อุณหภูมิเปลวไฟเพิ่มขึ้นสูงสุด การใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 640C และในส่วนของเส้นอุณหภูมิที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลาเป็นผลมาจากการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนเพื่อไปขับไล่น้ำและสารบางส่วนก่อนการลุกไหม้ [6] ช่วงนั้นอุณหภูมิเตาจะลดลงและกลับมามีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเชื้อเพลิงชีวมวลเริ่มติดไฟ



ภาพที่ 3 อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสในการผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานทางเทอร์โมไดนามิกส์

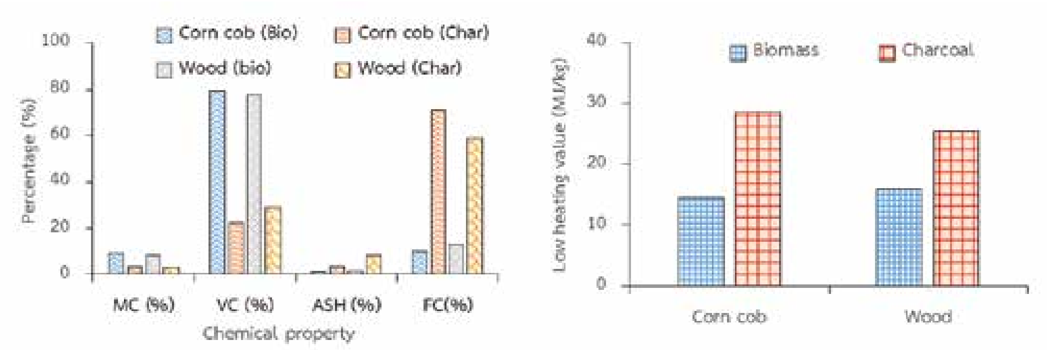
ภาพที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานทางเทอร์โมไดนามิกส์ของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสเมื่อทดสอบด้วยการต้มน้ำและผลิตถ่านชีวภาพไปพร้อมกัน การใช้ซังข้าวโพดในการผลิตถ่านชีวภาพและการใช้ซังข้าวโพดและเศษไม้ในการป้อนเป็นเชื้อเพลิง ให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานได้สูงสุด 92.49-96.46% ในด้านการผลิตถ่านชีวภาพ ความหนาแน่นและรูปร่างของซังข้าวโพดส่งผลให้การถ่ายเทมวลมวลทำได้ดีกว่าเศษไม้ [7] ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตถ่านสั้น การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดใช้เวลาเฉลี่ย 120 นาที ในขณะที่เศษไม้ใช้เวลา 180 นาที สารระเหยที่ออกมามีปริมาณต่อหน่วยมวลสูงทำให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงรวมถึงประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวลและการเปลี่ยนรูปพลังงานทางเทอร์โมไดนามิกส์สูงกว่า การผลิตถ่านชีวภาพจากไม้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานได้อยู่ในช่วง 66.58% - 87.18% โดยการใช้ซังข้าวโพดให้สมรรถนะรวมสูงกว่าการใช้เศษไม้เป็นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 4 การประเมินประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปทางพลังงานชีวมวล

คุณสมบัติทางเคมีและความร้อนถ่านชีวภาพ

ภาพที่ 5 แสดงสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของถ่านชีวภาพที่ได้จากการวิเคราะห์โดยประมาณก่อนและหลังกระบวนการไพโรไลซิส พบว่าสัดส่วนของความชื้น (MC: moisture content) และสารระเหย (VC: Volatile matter) ก่อนเข้ากระบวนการมีปริมาณสูงในขณะที่สัดส่วนของคาร์บอนคงที่ (FC: fixed carbon) และมีปริมาณปริมาณต่ำ ความชื้นซังข้าวโพดและเศษไม้ลำไยก่อนกระบวนการมีค่าอยู่ในช่วง 8.27-9.42% ในขณะที่สารระเหยมีค่าอยู่ในช่วง 77.39-79.51% ตามลำดับและเมื่อนำชีวมวลทั้งสองชนิดนี้เข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสทำให้ความชื้นมีปริมาณลดลงเหลือ 3.05-3.41% ส่วนสารระเหยมีค่าอยู่ในช่วง 22.39-29.31% ในทางตรงกันข้ามสัดส่วนปริมาณคาร์บอนคงที่และเถ้า (ASH: ash) กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-6 เท่า และ 1.5-5 เท่า ตามลำดับ มวลของชีวมวลหลังผ่านกระบวนการลดลงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 65.31-71.70% ค่าความร้อนของซังข้าวโพดเพิ่มขึ้นถึง 95.56% คิดเป็นค่าความร้อนเฉลี่ย 28.55 MJ/kg ในส่วนเศษไม้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 59.44% และมีค่าความร้อนเฉลี่ย 25.41 MJ/kg โดยผลของการลดลงของความชื้นและปริมาณสัดส่วนคาร์บอนคงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความร้อนถ่านชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น [8]

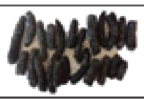


ภาพที่ 5 การประเมินคุณสมบัติทางเคมีถ่านชีวภาพและค่าความร้อน

การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพชีวมวลและถ่านชีวภาพ

ตารางที่ 1 แสดงการประเมินความหนาแน่น ลักษณะสีและรูปร่างของถ่านชีวภาพก่อนและหลังกระบวนการ ชีวมวลซังข้าวโพดก่อนเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสจะมีความหนาแน่นที่ 132.6 kg/m3 โดยไม้ลำไยมีค่าเฉลี่ย 384.57 kg/m3 หลังจากผ่านกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพไปแล้วถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพด ความหนาแน่นลดลง 86.50 kg/m3 ในขณะที่ถ่านชีวภาพจากเศษไม้จะเหลือ 249.59 kg/m3 การสูญเสียความชื้นและสารระเหยบางส่วนทำให้มวลและรูปร่างของชีวมวลเปลี่ยนรูปร่างไปโดยมีแนวโน้มที่หดตัวลดลงในส่วนของสีชีวมวลก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจะมีสีเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม แต่หลังจากผ่านกระบวนการไพโรไลซิสจะได้ถ่านชีวภาพที่มีลักษณะเป็นสีดำสนิทและเมื่อหักดูจะมีลักษณะเป็นมันวาว บีบแตกหักได้ง่ายกว่าเดิม จากผลผลิตและคุณสมบัติที่ได้ของถ่านชีวภาพทั้ง 2 ชนิด สามารถไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนในการทำอาหารในชุมชนหรือนำไปใช้ในรูปของสารบำรุงดินสำหรับแปลงเพาะปลูกทั่วไป [9] ซึ่งสุดท้ายน่าจะเป็นการจัดการชีวมวลในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะรูปร่าง สีและความหนาแน่น ชีวมวลและถ่านชีวภาพ

คุณสมบัติ	ซังข้าวโพด	ถ่านชีวภาพซังข้าวโพด	เศษไม้	ถ่านชีวภาพเศษไม้
รูปร่างและสี				
ความหนาแน่น (kg/m^3)	132.6	86.50	384.57	249.95

สรุปผลการวิจัย

ไพโรไลซีสที่ได้พัฒนาสามารถผลิตพลังงานความร้อนในการต้มน้ำและการผลิตถ่านชีวภาพได้เป็นอย่างดี โดยมีระยะเวลาในการผลิตถ่านต่อครั้งอยู่ในช่วง 120-180 นาที มีศักยภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานได้สูงสุดอยู่ในช่วง67-97%ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชีวมวลที่ใช้ผลิตถ่านชีวภาพและชีวมวลป้อนเชื้อเพลิง ในส่วนของคุณสมบัติและค่าความร้อนของถ่านชีวภาพมีค่าสอดคล้องกับถ่านชีวภาพที่ขายตามท้องตลาด โดยมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 25-28 MJ/kg ในการผลิตความร้อนและการผลิตถ่านชีวภาพมีอัตราความสิ้นเปลืองเฉลี่ย 1-1.8 kg/h โดยการใช้ซังข้าวโพดในการผลิตถ่านและเป็นเชื้อเพลิงนั้นให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้เศษไม้อุณหภูมิของเปลวไฟติดกับหม้อต้มน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย605-687Cในขณะที่แก๊สร้อนออกจากปล่องมีอุณหภูมิเฉลี่ย450-500Cเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสแบบผลิตพลังงานความร้อนและถ่านชีวภาพมีศักยภาพในการส่งเสริมให้กับกลุ่มเกษตรกรหรือชุมชนที่มีศักยภาพทางด้านชีวมวลเพื่อการลดรายจ่ายของการใช้แก๊สหุงต้ม ลดการเผาชีวมวลในที่โล่งและรักษาสิ่งแวดล้อมในชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษา และขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณงานวิจัยและข้อแนะนำการทำงานวิจัย สุดท้ายขอขอบคุณ ศูนย์การเรียนรู้การพัฒนาที่ดิน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ต.สันป่ายาง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ที่สนับสนุนแนวคิดในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2563, จาก http://www.biomass.dede.go.th

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2562). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2562. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2563, จาก http://www.eppo.go.th

[3] นิกราน หอมดวง พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์ กิตติกร สาสุจิตต์ และณัฐวุฒิ ดุษฎี การประเมินสมรรถนะเตาชีวมวลไฮบริดสำหรับการผลิตพลังงานความร้อนและถ่านชีวภาพ การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 วันที่ 21-24 พฤษภาคม 2562 จังหวัดนครราชสีมา

[4] Liu, X., Yang, D., Lu, J., Guan, J., Qi, G. (2017). Combustion characteristics and design of hot water boiler, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 59.

[5] ชิษณุชา แซ่ม้า และขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์. การศึกษาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเหง้ามันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 1) หน้า 608-613

[6] Boriouchkine, A., and Jounela, S.L.J. (2016). Simplification of a mechanistic model of biomass combustion for on-line computations, energies. 9 (375), 1-25.

[7] Septien, S., Valin, S., Dupont, C., Peyrot, M., Salvador, S. (2012). Effect of particle size and temperature on woody biomass fast pyrolysis at high temperature (1000-1400 degrees C). Fuel.97(1), 202-210.

[8] Dong, J., Chi, Y., Tang, Y., Ni, M., Nzihou, A., Hortala, E.W. and Huang, Q. (2016). Effect of operating parameters and moisture content on municipal solid waste pyrolysis and gasification, Energy and Fuels, American Chemical Society. 30 (5), 3994-4001.

[9] ภราภรณ์ เหล็กสูงเนิน วรชาติ วิศวพิพัฒน์ และดาวจรัส เกตุโรจน์ (2560) ผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบต่อสภาพการละลายของจุลธาตุอาหารพืชและการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดินเนื้อปูน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(3), 65-74

การวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรเมื่อใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกัน

Farmers cost and income analysis with using biomass stove on concurrently heat and bio-char

นิกราน หอมดวง[1] พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์[2] ภูนิทัต สายแก้ว[1] ประภัสสร รัตนไพบูลย์[1]
กิตติกร สาสุจิตต์[1] เสริมสุข บัวเจริญ[1]
นงเยาว์ หอมดวง[3] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1] ธเนศ ไชยชนะ[1] และชูรัตน์ ธารารักษ์[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร
อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[2]ฝ่ายพัฒนาพื้นที่เพื่อเกษตรและชุมชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
155 หมู่ 2 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50100
[3]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกัน เป็นเตาชีวมวลอเนกประสงค์ที่ใช้เป็นเครื่องมือประกอบอาหารและผลิตถ่านชีวภาพเพื่อใช้ปรับปรุงคุณภาพของดินสำหรับการเพาะปลูกของเกษตรกรเพื่อสร้างความเชื่อมั่นของการนำเทคโนโลยีไปใช้งานกับเกษตรกรหรือชุมชนงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาต้นทุนการ รายได้และระยะเวลาคืนทุนของการนำเอาเตาชีวมวลนี้ไปใช้งาน การศึกษาวิเคราะห์แบ่งเป็น 4 กรณี โดยใช้ซังข้าวโพดและเศษไม้ลำไยเป็นชีวมวลในการดำเนินการ ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพเมื่อใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพพร้อมกัน พบว่า ต้นทุนของการผลิตถ่านชีวภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 17.40-21.43 บาท/kg หรือ 502-550 บาท/วัน เมื่อใช้แรงงานคนจำนวน 1 คน ค่าแรง 300 บาท/วัน โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 70-120 วัน ในกรณีการตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 25 บาท/kg และ 40-60 วัน ที่ราคาขาย 35 บาท/kg เทียบกับราคาขายตามท้องตลาด 50-65 บาท/kg การใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกันสามารถสร้างรายได้จากการผลิตถ่านชีวภาพและลดค่าใช้จ่ายในการประกอบอาหารให้กับชุมชนได้ จึงมีเหมาะสมสำหรับการขยายผลส่งเสริมให้ชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: ต้นทุนทางพลังงาน รายได้ เตาชีวมวล ถ่านชีวภาพ

บทนำ

เตาชีวมวลเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญสำหรับคนไทยเพื่อเป็นแหล่งผลิตความร้อนในการประกอบอาหารทั้งในครัวเรือน วิสาหกิจชุมชนหรือกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม ที่ผ่านมาเตาชีวมวลโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำอยู่ในช่วง 10-16% เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สหุงต้ม [1] อย่างไรก็ตาม ถึงแม้เตาชีวมวลจะมีประสิทธิภาพต่ำแต่ชุมชนในชนบทยังคงมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้หาได้ง่ายจากแหล่งวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรของชุมชน หากจำเป็นต้องซื้อชีวมวลก็มีราคาที่ถูกเทียบกับถ่านหรือเชื้อเพลิงอื่นๆ อีกด้านหนึ่งสำหรับภาคเกษตรของประเทศไทยที่รณรงค์ความเป็นเกษตรอินทรีย์ ลดการใช้ปุ๋ยเคมี การเผาในพื้นที่ และการปรับปรุงดินให้มีคุณภาพ การใช้ถ่านชีวภาพจึงจำเป็นในการปรับสภาพดินให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ ผลการศึกษาการนำถ่านชีวภาพมาใช้กับแปลงการเพาะปลูก

พืชพบว่า พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าแปลงพืชที่ไม่มีการใช้ถ่านชีวภาพ ความพรุนของถ่านชีวภาพส่งผลให้จุลินทรีย์ที่มีสำคัญต่อการเจริญเติบโตเข้ามาอยู่อาศัยและช่วยเร่งให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีเพิ่มขึ้น [2] จากความจำเป็นของเตาชีวมวลที่อยู่คู่กับสังคมไทยมาอย่างยาวนานกับความต้องการใช้ถ่านชีวภาพในปัจจุบัน จึงมีการพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพพร้อมกัน ผลการทดสอบเบื้องต้นประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานค่อนข้างสูงอย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการยืนยันผลของการนำไปใช้งานในระดับชุมชนการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จึงมีความจำเป็นดังนั้นในบทความนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรเมื่อใช้เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกัน ประโยชน์ที่ได้จะเป็นข้อมูลยืนยันเพื่อสร้างความมั่นใจของเกษตรกร ชุมชนและวิสาหกิจชุมชนเมื่อมีการนำไปใช้งาน

วิธีการวิจัย

เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกันเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการผลิตความร้อนสำหรับชุมชนเช่นกิจกรรมการทำอาหารหรือการอบแห้งแปรรูปพืชผลทางการเกษตรเป็นต้น อีกด้านของเตาจะมีการนำเอาความร้อนที่ถ่ายเทสู่ผนังมาให้ความร้อนกับถ่านชีวภาพภายใต้กระบวนการไพโรไลซีส เตาชีวมวลผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพร่วมกันมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้เตา ห้องผลิตถ่านชีวภาพและหัวเตาชีวมวล ความจุของห้องผลิตถ่านมีปริมาตร 260 ลิตร มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ผนังเตามีฉนวนไมโครไฟเบอร์หุ้ม สามารถต้มน้ำได้เฉลี่ยครั้งละ 7-11 kg มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 1-5 kg มีท่อแก๊สเชื้อเพลิงเชื่อมต่อจากห้องผลิตถ่านชีวภาพมายังห้องเผาไหม้เตา มีปล่องไฟความยาว 90 cm ชักนำอากาศเข้าทางด้านล่างเตา รายละเอียดดังภาพที่ 1 เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบเตาชีวมวล ได้แก่ ซังข้าวโพด และเศษไม้ลำไย ดังภาพที่ 1 โดยซังข้าวโพดมีค่าความร้อนเฉลี่ย 14.6 MJ/kg ความหนาแน่นปรากฏเฉลี่ย 132.6 kg/m3 และความชื้นเฉลี่ย 9.42 % ด้านเศษไม้ลำไย มีค่าความร้อนเฉลี่ย 15.94 MJ/kg มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 384.57 kg/m3 และความชื้นไม่เกิน 8.27 %

ภาพที่ 1 เตาชีวมวลผลิตความร้อนร่วมถ่านชีวภาพซังข้าวโพดและเศษไม้ลำไย

เงื่อนไขการทดสอบและการวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตความร้อนของเตาชีวมวลร่วมผลิตถ่านชีวภาพ มีเงื่อนไขการทดสอบ 4 เงื่อนไข รายระเอียดดังตารางที่ 1 ด้านการวิเคราะห์ต้นทุนเฉลี่ยต่อวัน ต้นทุนต่อหน่วย รายได้ชุมชน และระยะเวลาคืนทุน แสดงได้ดังสมการที่ 1-3

ตารางที่ 1 รายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล 4 เงื่อนไข

เงื่อนไข	รายละเอียดเงื่อนไข	อักษรย่อ
1	การใช้ซังข้าวโพดผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้เศษไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล	CC+WF
2	การใช้ซังข้าวโพดผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล	CC+CF
3	การใช้เศษไม้ลำไยผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้เศษไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล	WC+WF
4	การใช้เศษไม้ลำไยผลิตถ่านถ่านชีวภาพและใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาชีวมวล	WC+CF

ต้นทุนการผลิตต่อวันและต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost production: CP) หมายถึง ค่าใช้จ่ายจากการแปรรูปสภาพวัตถุดิบให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาจำหน่ายได้โดยมีการคิดในรูปของต้นทุนการผลิตต่อวันหรือในรูปของสินค้าต่อหน่วยสามารถแบ่งองค์ประกอบของต้นทุนได้3ประเภทคือวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิต ดังสมการที่ (1)

$$CP = \sum (MD + LC + PC) \qquad (1)$$

เมื่อ MD คือวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ไป LC คือค่าแรงงานทางตรง และ PC คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิต หน่วยในการวิเคราะห์คิดในรูปต้นทุนการผลิตต่อวัน (บาท/วัน) หรือต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม) ในด้านการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PP) หาได้จาก เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มดำเนินการลบออกด้วยกระแสเงินสดรับสุทธิรายปีสะสมไปจนเงินจ่ายลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการเท่ากับศูนย์ ดังสมการที่ (2)

$$PP = \frac{CI}{ACI} \qquad (2)$$

เมื่อ CI คือ เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท) และ ACI คือ กระแสเงินสดหมุนเวียนประจำปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้

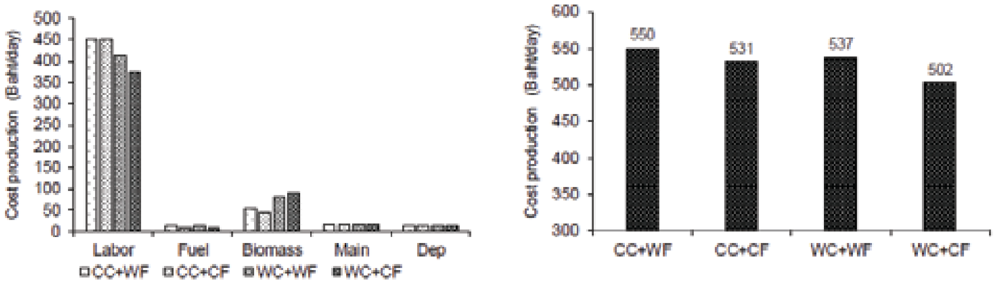
การวิเคราะห์หาต้นทุน รายได้ และระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพพร้อมกัน กำหนดราคาของเตาไว้ที่ 25,000 บาท/เครื่อง ราคาต้นทุนไม้ลำไย 1 บาท/kg และซังข้าวโพด 0.5บาท/kgต้นทุนค่าแรงต่อวันเฉลี่ย300บาท/วันบางกรณีการวิเคราะห์อาจทำงานเกินเวลาให้พิจารณารอบที่เอื้อต่อการทำงานจริงและถ้ามีการเพิ่มชั่วโมงการทำงานจะคิดรายได้เพิ่มเป็นชั่วโมง และตลอดทั้งปีจะทำงานเฉลี่ย 300 วัน จำนวนคนทำงาน 1 คน/วัน ต้นทุนการบำรุงรักษาต่อปีคิดเป็น 20% ของต้นทุนการผลิต เครื่องผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี รายละเอียดข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานจำเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของการใช้เตาชีวมวล

รายการ	ประเภทการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล			
	CC+WF	CC+CF	WC+WF	WC+CF
ราคาชุดเตาผลิตถ่านถ่านชีวภาพ และความร้อน (Baht)	25,000	25,000	25,000	25,000
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานรวม (%)	92.49	96.46	66.58	87.18
ระยะเวลาการทำงาน (min)	115	185	265	230
ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ป้อนเข้าเตา (kg)	3.63	4.31	7.26	7.00
ความสามารถในการต้มน้ำ (kg)	8.73	8.422	9.214	10.719
ปริมาณชีวมวลเริ่มต้น (kg)	27.95	30	40	45
ปริมาณถ่านชีวมวลได้ (kg)	7.909	8.769	12.53	15.61
ค่าความร้อนชีวมวล (MJ/kg)	14.60	14.60	15.94	15.94
ค่าความร้อนถ่านชีวมวล (MJ/kg)	28.55	28.55	25.41	25.41
ราคาชีวมวลไม้ลำไย (Baht/kg)	1	1	1	1
ราคาชีวมวลซังข้าวโพด (Baht/kg)	0.5	0.5	0.5	0.5
ระยะเวลาการผลิตต่อวันที่ผลิตได้ (h)	1.92	3.08	4.42	3.83
ระยะเวลาการผลิตรวมการจัดการนำเอาถ่านออกและใส่กลับ	2.92	4.08	5.42	4.83
ระยะเวลาเฉลี่ยการผลิตต่อรอบที่ผลิตได้ (h)	3	4	5.5	5
ระยะเวลาการผลิตต่อวันที่ผลิตได้ (h)	12	12	11	10
จำนวนรอบการทำการผลิตต่อวัน (แท้จริง)	4	3	2	2

ต้นทุนรายวันของการผลิตถ่านชีวภาพ

ภาพที่ 2 (ก) แสดงรายละเอียดต้นทุนการผลิตต่อวันการผลิตความร้อนร่วมกับถ่านชีวภาพ พบว่าองค์ประกอบต้นทุนการผลิตประกอบด้วย จำนวนคนงาน ราคาค่าแรง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ป้อน ปริมาณชีวมวลที่ใช้ ค่าบำรุงรักษาและค่าเสื่อมราคา[3] โดยต้นทุนค่าแรงงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มสูงรองลงมาคือชีวมวลที่ใช้ในการผลิตถ่านการใช้ซังข้าวโพดในการผลิตถ่านชีวภาพมีต้นทุนแรงงานสูงกว่าการใช้เศษไม้เนื่องจากมีรอบการทำงานที่สูงกว่าโดยมีรอบการผลิตประมาณ 3-4 รอบต่อวัน การใช้เศษไม้ลำไยสามารถทำได้เพียง 2 รอบต่อวัน จากข้อจำกัดของระยะเวลาการผลิตที่มากกว่า โดยต้นทุนของค่าแรงในการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไขอยู่ในช่วง 375-450 บาท/วัน ในส่วนของชีวมวลที่นำมาผลิตถ่านชีวภาพจะมีต้นทุนเฉลี่ยในช่วง 45-90 บาท/วัน ค่าบำรุงรักษาและค่าเสื่อมราคาจะมีต้นทุนเฉลี่ยรวมต่อวันในช่วง 36-45 บาท/วัน ภาพที่ 2 (ข) การการผลิตถ่านชีวภาพกรณี CC+WF ให้ต้นทุนการผลิตสูงสุด 550 บาท/วัน รองลงมาเป็น WC+WF และ CC+CF โดยมีต้นทุนการผลิต 537 บาท/วัน และ 531 บาท/วัน ตามลำดับ

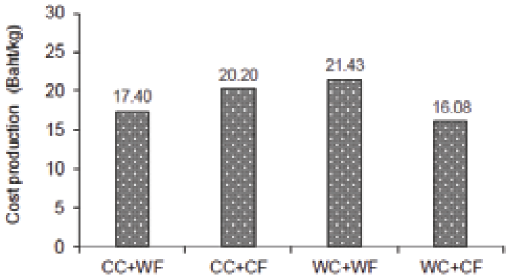


(ก) (ข)

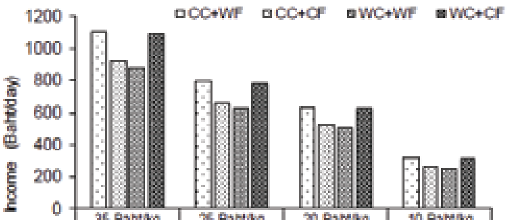
ภาพที่ 2 รายละเอียดต้นทุนการผลิตต่อวันของการผลิตความร้อนร่วมถ่านชีวภาพ

ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพต่อหน่วยแสดงในภาพที่3พบว่าการผลิตถ่านชีวภาพกรณี WC+WF ให้ต้นทุนต่อหน่วยสูงสุด คิดเป็น 21.43 บาท/kg ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานได้ต่ำสุดทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลในการให้ความร้อนและระยะเวลาในการผลิตที่สูงกว่าการใช้เศษไม้ลำไย ราคาต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตถ่านชีวภาพที่สูงเป็นอันดับสองได้แก่ กรณี CC+CF และ CC+WF คิดเป็น 20.20 บาท/kg และ 17.40 บาท/kg ตามลำดับ ในขณะที่ต้นทุนการผลิตถ่านทั่วไปจะอยู่ที่ 12 บาท/kg [4] กรณีการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ที่ผลิตครั้งละ 3 เตาและใช้แรงงาน 1 คน และใช้เศษไม้ลำไยในการเผาที่ต้นทุนไม่ราคา 1 บาท/kg



ภาพที่ 3 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตถ่านชีวภาพ



	35 Baht/kg	25 Baht/kg	20 Baht/kg	10 Baht/kg
CC+WF	1,107.28	790.90	632.72	316.36
CC+CF	920.75	657.68	526.14	263.07
WC+WF	877.10	626.50	501.20	250.6
WC+CF	1,092.70	780.50	624.40	312.2

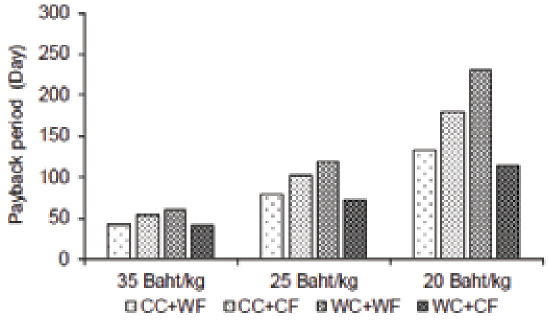
ภาพที่ 4 การประเมินรายได้จากการผลิตถ่านชีวภาพชุมชน

การวิเคราะห์ภาพรวมรายได้จากการผลิตถ่านชีวภาพชุมชน

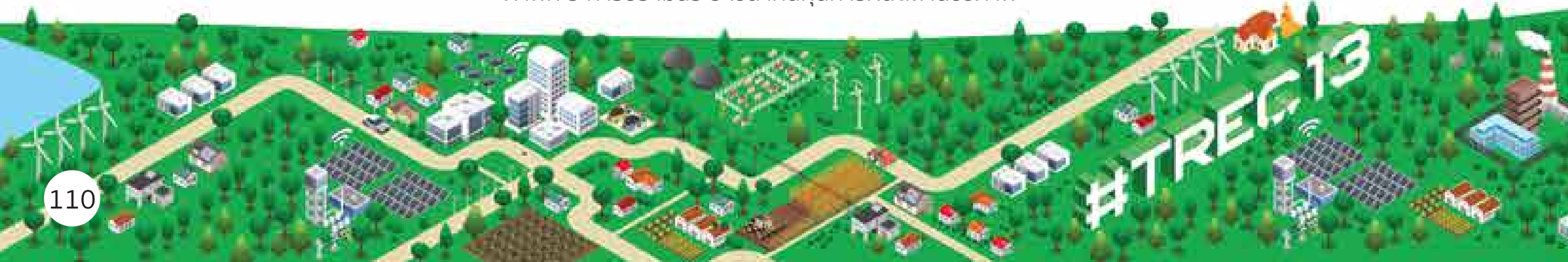
ภาพที่ 4 แสดงรายได้ของเกษตรกรต่อวันเมื่อเทียบกับราคาขายถ่านชีวภาพที่ 10-35 บาท/kg โดยพบว่ารายได้ของชุมชนจะแปรผันตรงกับราคาที่ชุมชนตั้งขาย เนื่องจากต้นทุนการผลิตอยู่ในช่วง 16.08-21.43 บาท/kg ดังนั้นราคาตั้งขายสินค้าควรที่จะต้องมากกว่า 20 บาท/kg ขึ้นไปถึงจะมีกำไร ในกรณีที่ตั้งราคาขายไว้ที่ 25 บาท/kg กระบวนการผลิตถ่านแบบ CC+WF, CC+CF, WC+WF และ WC+CF มีรายได้เฉลี่ย 790.90, 675.68, 625.50 และ 780.50 บาท/วัน ตามลำดับ โดยที่มีต้นทุนการผลิตต่อวัน 502-550บาท/วันโดยใช้แรงงานเพียง1คนดังนั้นด้วยค่าแรงดังกล่าวสามารถพอเป็นรายได้ให้กับชุมชนได้ หากรวมค่าแรงจะมีต้นทุนการผลิตเพียง 82-127 บาท ดังนั้นเงินที่เหลือจะเป็นรายได้ให้กับชุมชนได้ อย่างไรก็ตามถ้ามีการเพิ่มราคาขายขึ้นเป็น 30-35 บาท/kg จะทำให้รายได้เพิ่มสูงขึ้นอีก ในขณะที่ราคาขายตามท้องตลาดปัจจุบัน 50-65 บาท/kg [5]

ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านถ่านชีวภาพชุมชน

เมื่อกำหนดราคาขายถ่านชีวภาพชุมชนไว้ที่20-35บาท/kgเพื่อนำมาพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของการผลิตถ่านถ่านชีวภาพของชุมชนพบว่าหากกำหนดตั้งราคาขายไว้สูงจะทำให้ระยะเวลาคืนทุนของการผลิตถ่านชีวภาพสั้นลง การตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์ไว้ที่ 35 บาท/kg จะมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 40-60 วัน ดังภาพที่ 5 ในขณะที่ตั้งราคาไว้ที่ 25 บาท/kg จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 70-120 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับต้นทุนค่าแรง ระยะเวลาทำงาน และต้นทุนของชีวมวลเป็นหลัก [6] การศึกษาราคาตามกลไกท้องตลาดปัจจุบันราคาของถ่านชีวภาพจะขายอยู่ที่ 50-65 บาท/kg ดังนั้นถ้าชุมชนตั้งราคาตามนี้ระยะเวลาคืนทุนก็จะสั้นลง ถ้าพิจารณาในส่วนของต้นทุนการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์และการจัดทำแพคเก็ตของบริษัทผู้ผลิตจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นการตั้งราคาขายถ่านถ่านชีวภาพไว้ที่25-35บาท/kgจึงมีความเหมาะสมสำหรับชุมชนในการผลิตถ่านชีวภาพเพื่อการจำหน่ายได้



ภาพที่ 5 การประเมินระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านชีวภาพ



สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาผลิตถ่านชีวภาพร่วมเตาชีวมวลของเกษตรกรในระดับครัวเรือนเมื่อใช้ซังข้าวโพดและเศษไม้ลำไยต้นทุนหลักเกิดจากค่าแรงงานของคนปฏิบัติงานและปริมาณชีวมวลโดยการผลิตถ่านชีวภาพมีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 17.40-21.43 บาท/kg เมื่อใช้แรงงานเพียง 1 คน ค่าแรง 300 บาท/วัน และทำงาน 300 วันต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 70-120 วัน ในกรณีการตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 25 บาท/kg และ 40-60 วัน ที่ราคาขาย 35 บาท/kg ในขณะที่ราคาขายตามท้องตลาดเฉลี่ย 50-65 บาท/kg สุดท้ายผลจากการออกแบบพัฒนาเตาผลิตถ่านชีวภาพร่วมเตาชีวมวลในระดับครัวเรือนสามารถสร้างรายได้จากการผลิตถ่านชีวภาพและลดค่าใช้จ่ายในการประกอบอาหารให้กับชุมชนได้ จึงเหมาะสมสำหรับการขยายผลส่งเสริมให้ชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษา และขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณงานวิจัยและข้อแนะนำการทำงานวิจัย สุดท้ายขอขอบคุณ ศูนย์การเรียนรู้การพัฒนาที่ดิน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ต.สันป่ายาง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ที่สนับสนุนแนวคิดในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนชาติ มหาวัน ชูรัตน์ ธารารักษ์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี กิตติกร สาสุจิตต์ และนิกราน หอมดวง. (2559). สมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลไร้ควันเมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12,.วันที่ 8-10 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม วังจันทน์ ริเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก

[2] เสาวคนธ์เหมวงษ์.(2557).ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16 (1), 69-75.

[3] Ahmed Mohammad Boshir, Zhou John L., Ngo Huu Hao and Guo Wenshan 2016. Insight into biochar properties and its cost analysis. Biomass and Bioenergy, 84, 76-86.

[4] พัชรินทร์ ฤชุวรารักษ์ และพันธุ์ทิพย์ ตาทอง. (2557). การเผาถ่าน วิถีดั้งเดิมของชุมชนท้องถิ่น สู่เทคโนโลยีพลังงานทางเลือก. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 6 (2), 52-71.

[5] ไบโอชาร์ ถ่านบำรุงดิน สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2563, จาก https://www.biocharcoal.net

[6] วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม และธราพงษ์ วิทิตศานท์. (2554). การผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนเปียกเหลือทิ้งจากการผลิตเอทานอลจากมันเส้น วารสารวิจัยพลังงาน. 8 (3), 1-19.

การศึกษาเบื้องต้นด้านการถ่ายเทความร้อนของไม้ไผ่สำหรับการใช้งานในสถานีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์
A Preliminary study of Heat transfer from bamboo wood for using in Electric Motorcycle charging stations with Photovoltaic System.

นฤมล แสนเสนา[1]* วิรชัย โรยนรินทร์[2] สรพงษ์ ภวสุปรีย์[3] สุเทพ สีมาลา[4]
[1,3,4]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลราชมงคลธัญบุรี 12110
[2]ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

บทคัดย่อ

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังไม้ไผ่ของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากอุณหภูมิผิวใต้แผงโซล่าเซลล์สูงถึง58องศาเซลเซียสเนื่องจากได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดเวลาในช่วงเวลากลางวัน ทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อน ส่งผลต่ออากาศภายในสถานีชาร์จสูงถึง 36 องศาเซลเซียส เกิดปัญหาทำให้ผู้มาใช้บริการรู้สึกร้อน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังไม้ไผ่เพื่อถ่ายเทความร้อนและควบคุมอุณหภูมิภายในสถานีชาร์จแบตเตอรี่ให้ลดลงใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบายของผู้ใช้บริการ โดยการใช้ไม้ไผ่ ที่มีขนาดบางหรือลำขนาดเล็ก ที่สามารถถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกอาคารได้อย่างรวดเร็ว ด้วยวิธีการติดตั้งที่เหมาะสม คือ การติดตั้งให้มีช่องว่างระหว่างไม้ไผ่แต่ละลำสามารถช่วยให้ระบายความร้อนได้ดีกว่าการติดตั้งแบบชิดติดกันนอกจากนี้ เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ไม่ควรฝังหรือติดชิดพื้นดิน เนื่องจากความชื้นสูงจะทำให้ไม้ไผ่เกิดเชื้อราและผุกร่อนเร็วขึ้น

คำสำคัญ: ไม้ไผ่ การถ่ายเทความร้อน สถานีชาร์จจักรยานยนต์ไฟฟ้าระบบพลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

สถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มเมขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพลังงานหลักมาจากถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ที่ในปัจจุบันกำลังลดปริมาณลงเรื่อย ๆ และมีแนวโน้มว่าจะหมดไปในอนาคตจึงเกิดกระแสการลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลขึ้นจากนโยบายส่งเสริมของภาครัฐ กระแสรักษ์โลกที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ส่งผลให้เกิดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ธุรกิจต้นน้ำการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น แสงอาทิตย์ ลม ตลอดจนธุรกิจแบตเตอรี่ จัดเก็บพลังงาน (Energy storage) ไปจนถึงธุรกิจปลายน้ำอย่างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า จะเห็นได้จากจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั่วโลกมีแนวโน้มขยายตัวอย่างรวดเร็วปัจจุบันมีจำนวนรถยนต์ แม้ว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีสัดส่วนน้อย เมื่อเทียบกับจำนวนรถยนต์ทั้งหมด แต่ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าได้ขยายตัวอย่าง

รวดเร็ว สถานีชาร์จไฟฟ้าจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทที่เด่นชัดในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสะอาด (Clean Technology startups) ทั้งนี้ปัจจุบันมี บริษัทน้ำมันยักษ์ใหญ่ของโลกอย่าง BP และ Shell ที่ลงทุนใน startup ทำธุรกิจโครงสร้างพื้นฐานชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าหรือ Chevron ที่ลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่และการจัดเก็บพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้มีการส่งเสริมและตอบรับนโยบายด้านการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสะอาด จึงได้มีโครงการสร้างสถานีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น โดยศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้ออกแบบและดำเนินการก่อสร้างสถานีชาร์จให้มีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมเกิดความงามด้านสุนทรียศาสตร์และลดการใช้วัสดุประเภท เหล็ก ปูน และพลาสติก หันมาใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่โตเร็วและสามารถปลูกทดแทนได้อย่างยั่งยืน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้ร่วมกันกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อลดความเป็นวิศวกรรมและเพิ่มความสุนทรีย์ด้านภูมิสถาปัตย์ให้กับชุมชนเมืองและกลมกลืนกับธรรมชาติไม้ไผ่เป็นวัสดุหมุนเวียนที่รู้จักกันดีในนามของยักษ์หญ้าเป็นของวงศ์ Graminace ไม้ไผ่เป็นไม้ที่ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์รั้วและงานก่อสร้าง แม้ว่าพืชชนิดนี้จะทำไม่มีความสม่ำเสมอเชิงกลเนื่องจากขนาดโคนลำต้นและลำส่วนปลายไม่เท่ากัน แต่ในพื้นที่เท่ากันป่าไผ่สามารถผลิตก๊าซออกซิเจนมากกว่าต้นไม้ทั่วไปถึง 35% กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าต้นไม้ทั่วไป 75 % อุ้มน้ำได้มากกว่า 2 เท่า เนื่องจากมีความรวดเร็วของการเจริญเติบโต [1] สัณฐานทรงกระบอกกลวงของไม้ไผ่ทำให้เป็นวัสดุฉนวนที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากการมีช่องอากาศอยู่ภายในแต่หากจัดเรียงต่อกันจำนวนมากให้มีผนังพื้นผิวสัมผัสโค้งมนธรรมชาติจะก่อให้เกิดสะพานระบายความร้อนได้จากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าการลดความแข็งกระด้างของงานวิศวกรรมด้วยการตกแต่งงานภูมิทัศน์ด้วยไม้ไผ่นั้นสามารถช่วยลดความร้อนภายในอาคารได้ด้วยจากข้อมูลในรายงานฉบับนี้จึงนำไปสู่การการออกแบบเพื่อหาความเหมาะสมในการสร้างเป็นต้นแบบสถานีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในผนังไม้ไผ่ ว่าควรมีการจัดวางติดตั้งอย่างไรเพื่อลดความร้อนจากภายในสถานีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว และมีความสวยงามเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมความเป็นชุมชนเมืองมหาวิทยาลัยที่อยู่ใกล้กับบริเวณสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ให้กลมกลืนกับธรรมชาติด้วยวัสดุไม้ไผ่ที่เป็นทรัพยากรจากธรรมชาติมาทดแทนการใช้วัสดุพลาสติก ปูน และโลหะ

วิธีการวิจัย

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ คุณสมบัติของไม้ไผ่ รูปแบบของผนังไม้ไผ่ ขนาดไม้ไผ่ ระยะห่างการติดตั้งผนังไม้ไผ่ และอุณหภูมิภายในสถานีชารจ์ด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์
3. สรุปผล

ขอบเขตของงานวิจัย

1. สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.00x5.50x ความสูงของหลังคา 2.50และ 3.00 เมตร
2. ศึกษาการลดการถ่ายเทความร้อนภายในสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุไม้ไผ่

ปัจจุบันไผ่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลายหลาย ทั้งในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง อาการ เครื่องนุ่งห่ม เนื่องจากมีการส่งเสริมให้ปลูกอย่างแพร่หลายในทุกภูมิภาคของประเทศ ไม้ไผ่มีคุณสมบัติ ดังนี้

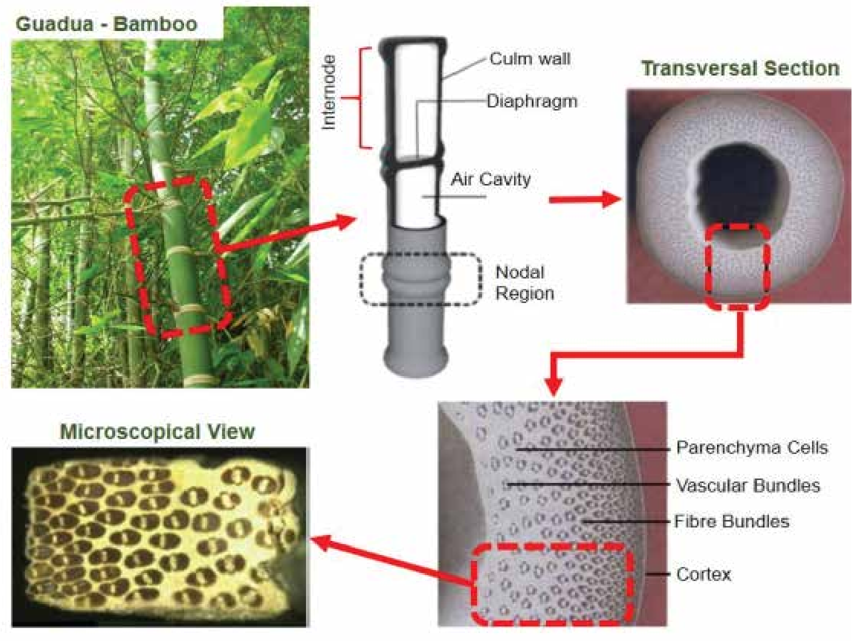
คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่

1. ความชื้นของไม้ไผ่ที่เจริญเติบโตเต็มที่มีค่าเฉลี่ย 50-99 % และไม้ไผ่ที่ยังอ่อนอยู่มีค่าเฉลี่ย 80-95 % ขณะที่ไม้ไผ่ซึ่งแห้งเต็มที่แล้วมีความชื้น 12-18 % ความชื้นของไม้ไผ่จะค่อย ๆ ลดลงจากส่วนโคนไปยังส่วนปลายของลำต้น และจะลดลงเมื่อลำต้นมีอายุเพิ่มขึ้น และมีความชื้นสูงในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง
2. ความหนาแน่นของเนื้อไม้เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของไม้ไผ่
3. ปริมาณน้ำในผนังเซลล์ของเซลล์เส้นใยหรือไฟเบอร์ (fiber) ขึ้นกับชนิดของเนื้อไม้
4. การหดตัวของเนื้อไม้เกิดขึ้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยวไม้ไผ่ที่มีสีเขียวจะมีการสูญเสียน้ำและมีการหดตัวของเซลล์ซึ่งมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำไม้ไผ่ให้หดเล็กลงด้วย

คุณสมบัติทางกล

ไม้ไผ่เป็นพืชที่มีเนื้อไม้ซึ่งแข็งแรงและยืดหยุ่นได้เช่นเดียวกับเนื้อไม้ของพืชอื่น ๆ คือ

1. การโค้งงอ คุณสมบัติขึ้นกับชนิดของไม้ไผ่ และขนาดของลำไผ่ หรือเนื้อไม้ความหนาและบางแตกต่างกันไป
2. การยืดหยุ่นขึ้นกับคุณสมบัติในการโค้งงอ และการทนต่อแรงกดบนเนื้อไม้
3. การทนทานต่อแรงกด แรงบีบ และแรงอัดต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการรับน้ำหนักของวัตถุ



ภาพที่ 1 สัณฐานภายนอกและคุณสมบัติเฉพาะของโครงสร้างไม้ไผ่
ที่มา : J. Bonivento, G. Vieira and I. Togo, 2017

สัณฐานภายนอกและคุณสมบัติเฉพาะของโครงสร้างไม้ไผ่จากภาพที่1จะเห็นว่าไม้ไผ่นั้นมีความพรุนอยู่ในเนื้อไม้ และช่องว่างอากาศในลำไผ่แต่ละปล้อง ซึ่งทำให้ไม้ไผ่มีคุณบัติในการเป็นฉนวนในตัวเอง จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีจะมีความหนามาก และในขณะเดียวกัน จะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้นาน เนื่องจากผนังที่มีความหนามากกว่าจะมีค่า ซึ่งวัสดุไม้ที่ความหนามากความจุความร้อนมาก [2]

การเปรียบเทียบค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ (R) ที่มีความหนา 1 นิ้ว พบว่า เหล็ก มีค่าการต้านทานความร้อนต่ำที่สุด ถัดมาคือยิปซั่ม ไม้อัดไม้ และฉนวนใยแก้ว ส่วนวัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงที่สุดจะเป็นวัสดุประเภทโฟม [3] ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายนอกกับภายใน (ΔT) พื้นที่ผิวผนังกรอบอาคารและการถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนออกจากอาคาร เมื่อวัสดุที่มีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนสูง จะส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำและเมื่อมีการประกอบวัสดุหลายชั้นจะทำให้ผนังมีคุณสมบัติความจุความร้อนเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอาคารได้ช้า [4]

ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาของโครงการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาพที่ 3 เครื่องวัดอุณหภูมิผิว รุ่น FT3701-20 ยี่ห้อ HIOKI

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษากฎอุณหพลศาสตร์คือการถ่ายโอนพลังงานโดยปฏิสัมพันธ์ (งานและความร้อน) ของกระบบที่มีอยู่โดยรอบการถ่ายโอนที่ใช้ในการศึกษานี้คือการถ่ายเทความร้อนซึ่งเป็นพลังงานความร้อนในการขนส่งเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิเชิงพื้นที่ การถ่ายเทความร้อน มี 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีบทความนี้ให้ความสำคัญกับการถ่ายเทความร้อนที่จะเกิดขึ้นการนำและการพาความร้อนจากของแข็งคือผนังไม้ไผ่ที่อยู่นิ่ง
ดังสมการ

$$q = -kA\frac{T_1 - T_2}{\Delta X} \qquad (1)$$

q คือ อัตราการนำความร้อน (w)

A คือ พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน (m^2)

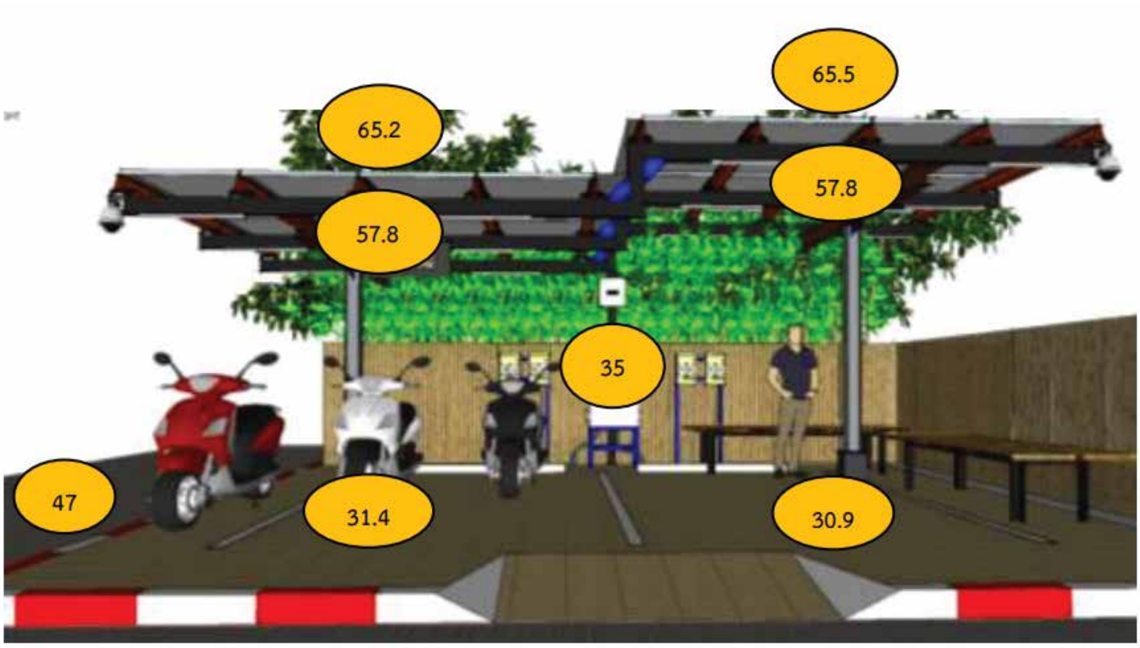
T คือ อุณหภูมิ (^0C)

ΔX คือ ระยะทางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน (m)

K คือ ค่าการนำความร้อน Thermal conductivity, (w/m ^0C)

ตารางที่ 1 ค่าอุณหภูมิผิวสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและบริเวณโดยรอบ

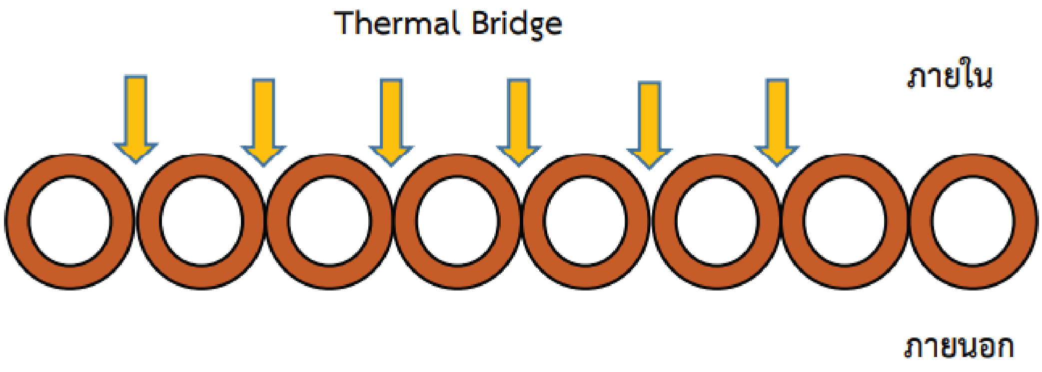
ค่าอุณหภูมิ(°C)	Inveter 1(2.5m)	Inveter 2(3.0m)
อุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซล์	57.8	57.8
อุณหภูมิบนแผงโซล่าเซล์	65.2	65.5
อุณหภูมิพื้นภายในสถานีชาร์จ	31.4	30.9
อุณหภูมิผิวถนนคอนกรีตโดยรอบ	47	47
อุณหภูมิอากาศสูงจากพื้น 1 เมตร	35	35
อุณหภูมิผิวสนามหญ้าด้านหลังสถานีฯ	28	28



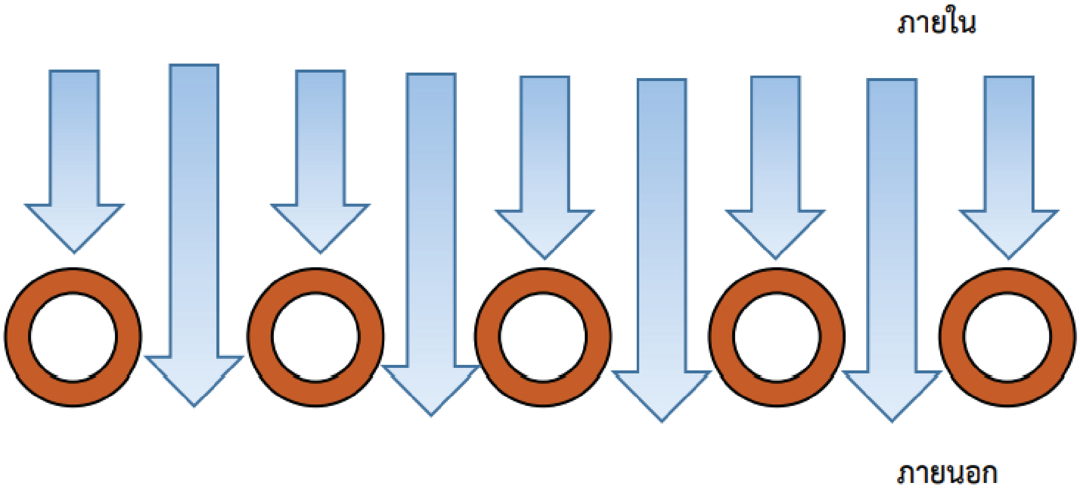
ภาพที่ 4 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวภายในสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

จากตารางที่ 1 ผลการสำรวจวัดอุณหภูมิผิวภายในสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ในช่วงเวลา 14.00 น . ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศร้อนจัด พบว่า อุณหภูมิผิวบนหลังคา ประมาณ 65.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิใต้หลังคาซึ่งก็คือใต้แผงโซล่าเซลล์มีอุณหภูมิประมาณ57.8องศาเซลเซียสอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตใต้แผงโซล่าเซลล์ประมาณ 30.9-31.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวถนนคอนกรีตด้านหน้าและด้านข้างของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า มีอุณหภูมิประมาณ 47 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในช่วง 31 ถึง 58 องศาเซลเซียสนั้น โดยที่อุณหภูมิอากาศสูงถึง 35 องศาเซลเซียส อยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ส่วนอุณภูมิสนามหญ้าด้านหลังสถานีชาร์จ อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส

การศึกษาข้อมูลการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังไม้ไผ่พบว่าภายในอาคารมีระดับอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุหลังคาโซล่าเซลล์ไม่มีความไม่มีความเหมาะสมในการกันความร้อนเนื่องจากไม่ได้ออกแบบมาสำหรับการกันแดดแต่ออกแบบเพื่อการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศและส่งผลอากาศที่เป็นตัวกลางในการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในตัวสถานีชาร์จฯ มีอุณภูมิเพิ่มสูงมากกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก ดังนั้นจึงต้องค้นหาวิธีการนำความร้อนออกจากภายในอาคารให้ได้มากที่สุด ด้วยผนังไม้ไผ่จะต้องพิจารณาถึงหลายปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะและขนาดของไม้ไผ่ที่กลมกลวงหากติดตั้งต่อเนื่องกันจะทำให้เกิดสะพานความร้อน(Thermal Bridge)[5]ได้ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในอาคารร้อนขึ้นเนื่องจากไม่สามารถนำอากาศร้อนออกไฟสู่ภายนอกอาคารได้หรือนำอากาศร้อนออกได้ยากขึ้น สอดคล้องกับ [6] แผงบังแดดไม้ไผ่แนวนอน เว้นช่อง มีสมรรถนะในการลดอุณหภูมิผิวให้กับผนังอาคารได้มากกว่าติดตั้งชิดกันต่อเนื่อง



ภาพที่ 5 การติดตั้งผนังไม้ไผ่ที่ติดชิดกันจะก่อให้เกิด
สะพานความร้อนขึ้นที่ผนังไม้ไผ่



ภาพที่ 6 การติดตั้งผนังไม้ไผ่ที่เว้นระยะห่าง จะทำให้เกิด
การถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกอาคารได้

การออกแบบผนังไม้ไผ่ดังกล่าวจึงต้องลดความจุความร้อนรวมของวัสดุไม้ไผ่ให้มีมวลสารน้อยที่สุด โดยวัสดุดังกล่าวควรมีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนต่ำ ซึ่งอาจเป็นไผ่ขนาดลำเล็ก หรือไผ่ผ่าซีกที่มีความบาง เพื่อเร่งการถ่ายเทความร้อนจากจากอาคารสู่สภาพแวดล้อมภายนอก แต่เมื่อพิจารณาถึงความแข็งแรงของวัสดุแล้วนั้น ไผ่ผ่าซีกอาจไม่มีความเหมาะสมมากนัก เนื่องจากความแข็งแรงและความคงทนและอายุการใช้งานไม้ไผ่ลำจะมาความแข็งแรงมากกว่าดังนั้นต้องพิจารณาการเลือกใช้ไม้ไผ่ควบคู่ไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ดังนั้นบทความนี้จึงสรุปได้ว่าไม้ไผ่ที่มีขนาดเล็กความหนาน้อยหรือบางเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการทำผนังของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบเติมพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและการติดตั้งให้มีช่องว่างระหว่างไม้ไผ่แต่ละลำเพื่อระบายความร้อนจากภายในสถานีชาร์จให้ลดลงได้มากที่สุด ที่สำคัญไม้ไผ่ควรต้องผ่านกระบวนการเพิ่มคุณสมบัติการกันน้ำ ทนไฟ และแมลงเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายไม้ของสัตว์ที่สามารถสร้างความเสียหายได้ อนาคตการศึกษาจะประเมินพฤติกรรมของไม้ไผ่ในด้านวัสดุผนังที่มีทิศทางต่างกันการแนวนอนและเอียงที่แตกต่างกันในการทดลองผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์กับอาคารประเภทที่อุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารมีความแตกต่างกันเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอาคารได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.วิรชัยโรยนริทร์หัวหน้าศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี และคณะทำงานทุก ๆ ท่านที่ให้การสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโครงการนี้ ทีมผู้วิจัย ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สภลท์ บุญเสริมสุข. กรมป่าไม้ สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2563, จาก http://www.forest.go.th
[2] ณัฐกานต์ เกษประทุม. (2543). “พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารที่มีมวลสารมาก”. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[3] สุนทร บุญญาธิการ. (2542). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[4] Puraprom, W. (2018). Design Guidelines for Model Educational Building for Energy Conservation According to Green University. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 15(2), 107-120.
[5] J. Bonivento, G. Vieira and I. Togo. (2017). Thermal Performance of Bamboo as a Multilayer Insulation Wall. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.
[6] นฤวรรณ มั่งสวัสดิ์ นัทธพงศ์ สีมืด และวัชระ พรหมกุล. (2562). แผงบังแดดแนวนอนจากไม้ไผ่อย่างง่ายการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6

การศึกษาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวทีโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นฉนวนกันความร้อน

A Study on Thermal Performance of a T-groove Flat Plate Solar Collector using Natural Material as the Thermal Insulation

ภาสุรี มียันต์[1] ศิริประภา ฟั่นเฟียน[2] จิรัฐติการ ทนันชัย3และพิภพ นราแก้ว*
สาขาสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวทีโดยใช้เปลือกทุเรียน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง เป็นฉนวนกันความร้อน ตัวรับรังสีอาทิตย์มีพื้นที่รับรังสีขนาด 3.04 ตารางเมตร ติดแผ่นคีบตัวทีทำจากอลูมิเนียมทาสีดำ จำนวน 32 เส้น ตัวรับรังสีจึงมีพื้นที่รับรังสีอาทิตย์เป็น 7.85 ตารางเมตร ตัวรับรังสีอาทิตย์มีแผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นตัวปิดด้านข้าง ด้านบนใช้แผ่นอะคริลิคใส ด้านล่างใช้แผ่นสังกะสี มีพัดลมดูดอากาศกระแสตรง 12 โวลต์ ขนาด 120 มิลลิเมตร เป็นส่วนประกอบ โดยอัตราส่วนของชั้นฉนวนที่ใช้คือวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น และกาวแป้งเปียก 80 : 20 มีความหนาแน่นของแผ่นฉนวน 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีความร้อนที่ใช้เปือกทุเรียน เป็นฉนวนกันความร้อนมีค่าเท่ากับ 21.3 % หญ้ากระดุมทอง มีค่าเท่ากับ 17.3 % จอกแหนหูหนู มีค่าเท่ากับ16.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพทางความร้อน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง

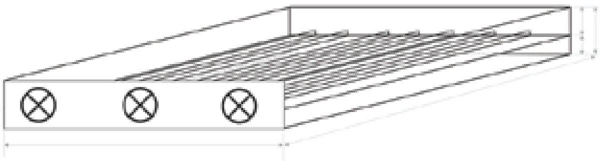
บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์อยู่ 2 รูปแบบ คือการผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้ทางความร้อนเช่นการอบแห้งทำน้ำร้อนและทำความเย็น[2]งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัวทีโดยมีวัสดุจากธรรมชาติ เป็นชั้นฉนวนกันความร้อนโดยนำวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นชั้นฉนวนแทนชั้นฉนวนที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมรวมทั้งใช้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่สนใจลงทุนทางด้านพลังงานทดแทนนอกจากนี้ยังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้พลังงานชีวมวลมาเป็นพลังงานทดแทนโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งที่พบในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดช่วยลดความสูญเสียทางด้านพลังงานและที่สำคัญยังเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยแก้ปัญหาโลกร้อน อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในแถบเส้นศูนย์สูตร ที่ได้รับปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ของประเทศไทยโดยเฉลี่ยเท่ากับ17.6เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน[3]ตัวรับรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบันก็จะใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูง ราคาสูง ซึ่งโดยธรรมชาติของเกษตรกรจะไม่สามารถจัดหามาใช้ได้ ดังนั้นอุปกรณ์ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่จะพัฒนาขึ้นจะเน้นวัสดุที่สามารถจัดหาได้ง่าย ราคาถูก แต่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับวัสดุที่มีราคาสูงทั้งนั้นเพื่อเป็นการทำให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยี

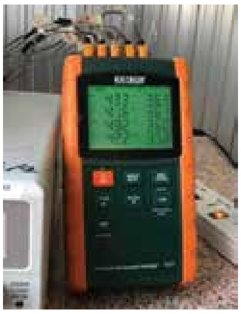
การเกษตรได้อย่างทั่วถึง เพื่อช่วยลดปัญหาการใช้พลังงานจากธรรมชาติ แก้ปัญหาการกำจัดของเสียและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ในเวลาเดียวกันโดยการนำเปลือกทุเรียนจอกแหนหูหนูและหญ้ากระดุมทองเลื้อยมาทำเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อให้ได้พลังงานทดแทนที่ต้นทุนต่ำสามารถหาได้ง่ายมีอยู่โดยทั่วไป และศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของฉนวนกันความร้อนของ ชีวมวล และศึกษาหาค่าความชื้นของฉนวนที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศทางเกษตรกรรม จึงนำวัสดุที่เหลือทิ้งมาทำฉนวนกันความร้อนเพื่อประโยชน์ของชาวบ้านในเขตพื้นที่ที่มีเปลือกทุเรียนจอกแหนหูหนู และหญ้ากระดูมทองเลื้อย ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวทีเพื่อใช้ประกอบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นเทคนิคหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ [4] รวมถึงระบบถูกใช้ผสมผสานเช่น ลมร้อนทำงานร่วมกับรังสีอินฟราเรด และการใช้รังสีอาทิตย์สำหรับการผลิตลมร้อนในการอบแห้งแบบ passive,active และhybrid หลายรูปแบบ โดยใช้เปลือกทุเรียน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง และแผ่นฉนวนใยแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อศึกษาถึงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ ตัวรับรังสีอาทิตย์มีขนาด 3.04 ตารางเมตร ติดแผ่นคีบตัวทีทำจากอลูมิเนียมทาสีดำด้านจำนวน 32 เส้น ตัวรับรังสีจึงมีพื้นที่รับรังสีอาทิตย์เป็น 7.85 ตารางเมตรตัวรับรังสีอาทิตย์มีแผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นตัวปิดด้านข้างด้านบนใช้แผ่นอะคริลิคใส ด้านล่างใช้แผ่นสังกะสีมีพัดลมดูดอากาศกระแสตรง 12 โวลต์จำนวน 3 ตัว เป็นส่วนประกอบ ดังรูปที่ 1 วัดอุณหภูมิ จำนวน 12 จุด ภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ 11 จุด และอุณหภูมิแวดล้อม 1 จุด โดยใช้ data logger รุ่น TM 500 ดังรูปที่ 2 ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ใช้ หัววัดความเข้มรังสีอาทิตย์ รุ่น LP02 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวที

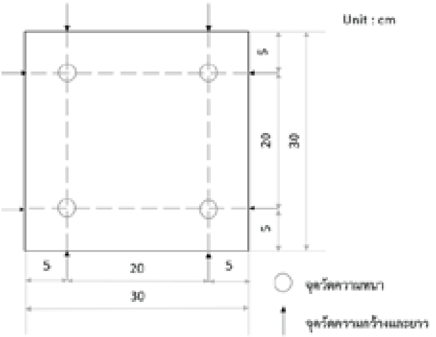


รูปที่ 2 data logger

รูปที่ 3 หัววัดความเข้มรังสีอาทิตย์

ชั้นฉนวนใช้เปลือกทุเรียน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง และแผ่นฉนวนใยแก้ว เป็นฉนวนกันความร้อนดังรูปที่4โดยการนำวัสดุทั้ง3ชนิดมาย่อยให้มีขนาดที่เล็กลงและนำไปผสมกับแป้งเปียกในอัตราส่วน 80 : 20 และได้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวน 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาสมในการใช้ป้องกันความร้อน และนำวัสดุที่ได้ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแผ่นฉนวนในตัวรับรังสีอาทิตย์ ดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 เปลือกทุเรียน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง



รูปที่ 5 แผ่นชั้นฉนวนกันความร้อนที่ได้จากเปลือกทุเรียน จอกแหนหูหนู หญ้ากระดุมทอง
ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 11 จุด ค่าความชื้นในอากาศ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม 2563
ตั้งแต่เวลา 8.00 น.ถึง 17.00 น. ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และทำการเปลี่ยนชนิดของชั้นฉนวนกันความร้อนทั้ง 3 ชนิด

การหาประสิทธิภาพตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แผ่นราบแบบโดยแนวคิดอัตราส่วนของพลังงานที่นำมาใช้ประโยชน์ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบจาก

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_{out} - T_{in})}{\alpha\tau_g I A_c}$$

โดย " η" = ประสิทธิภาพตัวรับรังสีอาทิตย์ (%)

$\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_P = ความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (J/kg.K)

T_{out}และ T_{in} = อุณหภูมิที่ทางเข้าและอุณหภูมิที่ทางออก (^0C)

α= ค่าดูดกลืนรังสีของอลูมิเนียม [5]

τ_g= ค่าการส่งผ่านรังสีของแผ่นอะคริลิค

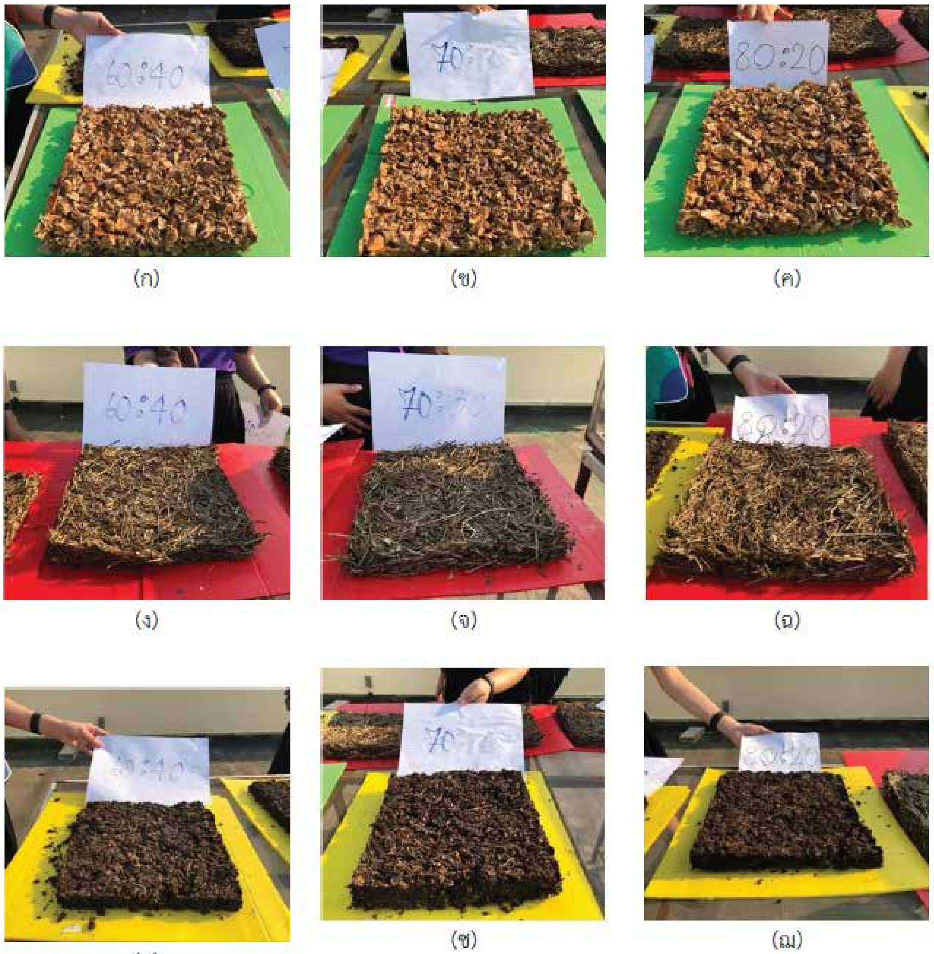
I= ความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m^2)

A_C= พื้นที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ (m^2)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การผลิตแผ่นฉนวนจากวัสดุทางธรรมชาติ

การขึ้นรูปด้วยการผสมกาวแป้งเปียก เพื่อให้วัสดุทางธรรมชาติ (เปลือกทุเรียน กระดุมทอง และจอกแหน)ให้ทั่วถึงก่อนนำมาเรียงอัดใส่ในแม่พิมพ์แล้วนำไปให้ความร้อนโดยการตากแดดเพื่อให้กาวแป้งเปียกแห้ง เป็นเวลาประมาณ 1 วันนั้นไม่สามารถทำให้ฉนวนด้านล่างยึดกันเป็นแผ่นได้ ผู้วิจัยจึงต้องกลับด้านแล้วนำไปตากแดดเพิ่ม เป็นเวลา 1 วัน ผลปรากฏว่าวัสดุทางธรรมชาติ (เปลือกทุเรียน กระดุมทอง และจอกแหน) ที่ผสมกาวแป้งเปียก แล้วนำไปตากแดดนั้น สามารถยึดเหนี่ยวเป็นแผ่นได้ดี ปัญหาที่พบต่อมาคือชิ้นส่วนหลังบดของฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนที่มีขนาดไม่เท่ากันทำให้เวลายกฉนวนไปทดสอบมีบางส่วนแตกหัก ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการคัดชิ้นส่วนที่ใกล้เคียงกันและชิ้นเล็กที่สุดมาทำการทดลองฉนวนกันความร้อน รวมไปถึงการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างวัสดุทางธรรมชาติต่อกาวแป้งเปียกให้แตกต่างกันไป โดยผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปลักษณะทางกายภาพของแผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยสัดส่วนวัสดุทางธรรมชาติต่อกาวแป้งเปียกที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 6



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

(ช) (ซ) (ฌ)

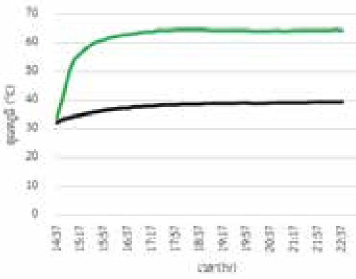
รูปที่6แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยสัดส่วนวัสดุทางธรรมชาติต่อกาวแป้งเปียกที่แตกต่างกัน

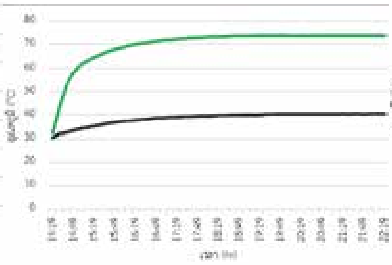
(ก)เปลือกทุเรียน 60 : กาวแป้งเปียก 40
(ข)เปลือกทุเรียน 70 : กาวแป้งเปียก 30
(ค)เปลือกทุเรียน 80 : กาวแป้งเปียก 20
(ง)หญ้ากระดุมทอง 60 : กาวแป้งเปียก 40
(จ)หญ้ากระดุมทอง 70 : กาวแป้งเปียก 30
(ฉ)หญ้ากระดุมทอง 80 : กาวแป้งเปียก 20
(ช)จอกแหน 60 : กาวแป้งเปียก 40
(ซ)จอกแหน 70 : กาวแป้งเปียก 30
(ฌ)จอกแหน 80 : กาวแป้งเปียก 20

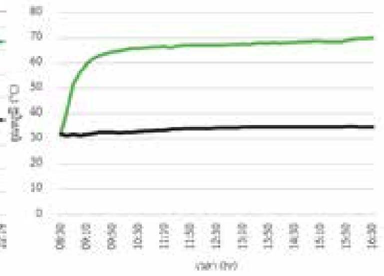
ตารางที่ 1 อัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติและกาวแป้งเปียก

วัสดุทางธรรมชาติ	สัดส่วนวัสดุทางธรรมชาติ : กาวแป้งเปียก	ลักษณะทางกายภาพ
เปลือกทุเรียน	60 : 40	มีน้ำหนักมากที่สุด เกาะยึดกันได้ดี ดัดงอได้พอสมควร
	70 : 30	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ปานกลาง แต่ถ้างอมากจะหักแยกออกจากกัน
	80 : 20	การเกาะยึดพอใช้ ดัดงอได้ง่าย แต่ถ้างอมากจะหักแยกออกจากกัน มีบางส่วนหัก
หญ้ากระดุมทอง	60 : 40	เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ดัดงอได้ยาก ง่าย แต่ถ้างอมากจะหักแยกออกจากกัน
	70 : 30	เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ดัดงอได้ยาก ง่าย แต่ถ้างอมากจะหักแยกออกจากกัน
	80 : 20	เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ดัดงอได้ยาก ง่าย แต่ถ้างอมากจะหักแยกออกจากกัน
จอกแหน	60 : 40	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ง่าย มีบางส่วนหลุดออกมาเล็กน้อย
	70 : 30	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ง่าย มีบางส่วนหลุดออกมาปานกลาง
	80 : 20	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ง่าย มีบางส่วนหลุดออกมามาก มีส่วนที่หักออกมาจากฉนวน

การทดสอบอุณหภูมิ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนกับเวลา พบว่าแผ่นฉนวนที่สร้างขึ้นสามารถกันความร้อนได้ดีดังกราฟในรูปที่ 7

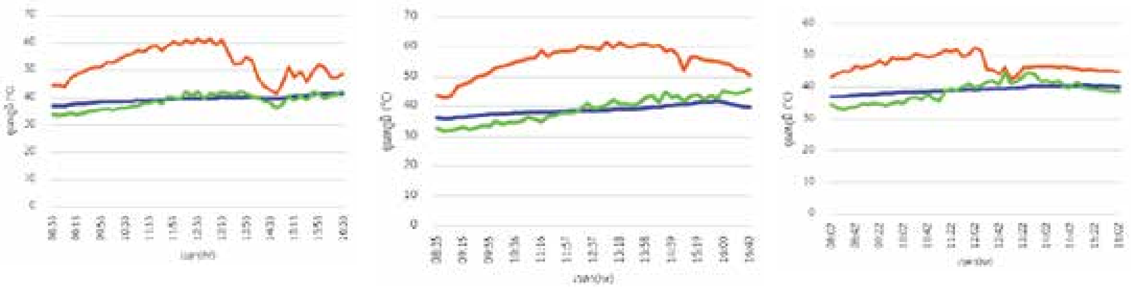

จอกแหน


เปลือกทุเรียน


หญ้ากระดุมทอง

รูปที่7ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งขาเข้าและขาออกของฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน หญ้ากระดุมทอง และจอกแหน กับกาวแป้งเปียกโดยมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน กับเวลา ทุก 30 นาที ในห้องทดลอง

ค่าของพลังงานความร้อนตรงทางเข้า ทางออก และสิ่งแวดล้อมของการวิจัยแสดงไว้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 อุณหภูมิทางเข้าและทางออกของแผงรับรังสีอาทิตย์ กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบร่องรูปตัวทีโดยใช้เปลือกทุเรียนจอกแหนหูหนูหญ้ากระดุมทองพบว่าใช้เปือกทุเรียนเป็นฉนวนจะมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าหญ้ากระดุมทองและจอกแหนหูหนูตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ได้อนุเคราะห์การให้คำปรึกษา สถานที่ เครื่องมือ และความสะดวกทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

[1] ชานนท์ บุญมีพิพิธ.(2561). การพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนผิวเลือกรับรังสีอาทิตย์สำหรับผลิตลมร้อนเพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้พลานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งอาหารทะเล (รายงานการวิจัย. กรุงเทพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมคลรัตนโกสิน.
[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน,ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2, หน้า 23-25
[3] A.Duffie and A.Beckmam, “Solar Engineering of Thremal Processes”,first edition, New York, John Wiley & Sons,Inc.,1980,pp.197-247.
[4] Chu K.J, Chou SK. Low-cost dryingmethods for developing countries. TrendsinFoodScience & Technology. 2003; 14:519-28.
[5] Y.Bayazitoglu and M.Necati Ozisik, “Elements of Heat Transfer”, International Edition, McGraw-Hill Book Company,New York1988,pp.338-429.

การวิเคราะห์ผลกระทบด้านอุณหภูมิจากความสูงแตกต่างต่อผลการผลิตของระบบผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์บนหลังคาจอดรถขนาด 10 กิโลวัตต์

The Analysis of the 10 kW. Carport PV Performance on the Temperature Different Effected from the Height of the ground leveling

สุเทพ สีมาลา1* วิรชัย โรยนรินทร์2
[1]ภาควิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[2]ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการออกแบบอาคารจอดรถพลังแสงอาทิตย์ขนาด10กิโลวัตต์ที่ระดับแตกต่างกัน ซึ่งติดตั้งในพื้นที่เดียวกันบริเวณร้านกาแฟอเมซอนสาขาข้างมหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรีเพื่อทาการวิเคราะห์อุณหภูมิที่แตกต่าง รวมถึงค่าพลังงานต่างๆ ที่ได้ของแต่ละระดับการติดตั้ง ซึ่งระดับการติดตั้งครั้งนี้มี 3 ระดับโดยระดับที่ 1 ความสูงจากพื้นถึงแผง PV Module สูงระดับ 2.5 เมตรระดับที่ 2 ความสูงจากพื้นถึงแผง PV Module สูงระดับ 3 เมตรระดับที่ 3 ความสูงจากพื้นถึงแผง PV Module สูงระดับ 3.5 เมตร โดยติดตั้งเป็น 3 ระดับ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรม PV syst และผลค่าอุณหภูมิ ใต้แผงที่ระดับความสูง 2.5 เมตรวัดได้ 57.8 °C ค่าอุณหภูมิ ใต้แผงที่ระดับความสูง 3.0 เมตรวัดได้ 57.8 °C และค่าอุณหภูมิ ใต้แผงที่ระดับความสูง 3.5 เมตรวัดได้ 58.1 °C และอุณหภูมิโดยรอบทั่วไปบริเวณใต้แผงระดับความสูง 2.5 เมตรวัดได้ 31.4 °C ระดับความสูง 3.0 เมตรวัดได้ 30.9 °C และระดับความสูง 3.5 เมตรวัดได้ 30.2 °C จากค่าที่วัดได้จึงนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์ทางด้านการลงทุนและเศรษฐศาสตร์ของอาคารจอดรถพลังแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์ต่อไป

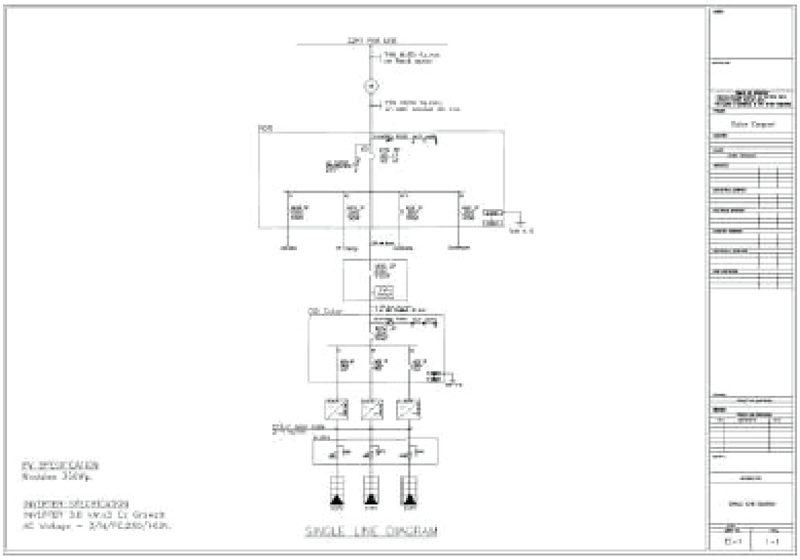
คำสำคัญ: อาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ โซลาร์คาร์พอร์ท

บทคัดย่อ

เนื่องในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นทุกปีโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าทีเป็นพลังงานหลัก และที่มาของพลังงานไฟฟ้าปัจจุบันนั้นมาจากโรงไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล (Fossil) เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น [1] ดังนั้นการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาดเพื่อลดการใช้พลังงานจาก ฟอสซิล นั้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจและเหมาะสมกับประเทศไทย และภาคธุรกิจ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงยกตัวอย่างอาคารที่จอดรถร้าน อเมซอน สาขา ข้าง มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เพราะมีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างสูงดังนั้นจึงได้ทำการติดตั้งอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้พื้นที่หน้าร้านให้เกิดประโยชน์และการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของทางร้าน อีกทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดเป็น ธุรกิจในอนาคตได้อีกด้วย

การก่อสร้างอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์

การก่อสร้างอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด10กิโลวัตต์ได้ออกแบบงานระบบโครงสร้างโดยวิศวกรโยธาซึ่งได้ออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมโดยเน้นข้อกำหนดจากวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยรวมถึงระบบไฟฟ้าได้ออกแบบระบบงานติดตั้งโซลาร์โดยวิศวกรไฟฟ้าโดยจะอ้างอิงจากพื้นที่ติดตั้งและโหลดที่ใช้งานจริงดังนั้นผู้ออกแบบจึงต้องมีประสบการณ์และใบประกอบวิชาชีพในสาขาต่างๆ



ภาพที่ 1 แบบ Single Line Diagram
วิศวกรไฟฟ้าต้องทำการออกแบบ ระบบไฟฟ้าและทำแบบ ไดอะแกรมเส้นเดี่ยว หรือ Single Line Diagram เพื่อให้ผู้ติดตั้ง ทำตามโดยวิศวกรจะต้องออกแบบให้ถูกหลักวิศวกรรม และเป็นไปตามข้อกำหนดของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)และแบบชุดนี้อาจต้องใช้เพื่อยื่นขออนุญาต กับหน่วยงานราชการอีกด้วย

ภาพที่ 2 สำรวจพื้นที่หน้างานจริงก่อนทำการก่อสร้าง

การก่อสร้างอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มจากทำการสำรวจพื้นที่บริเวณโดยรอบดังภาพที่ 2 เพื่อนำมาทำการ ออกแบบงานฐานรากและงานโครงสร้างตัวอาคารเพื่อรองรับแผงโซลาร์เซลล์

ภาพที่ 3 งานกดเข็มและงานฐานราก

การฐานรากอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์เป็นสิ่งสำคัญของงานนี้เช่นกันดังภาพที่3เนื่องจากงานฐานรากเป็นสิ่งที่ ต้องรับน้ำหนักของโครงสร้างทั้งหมดต้องออกแบบและควบคุมงานโดย วิศวกรโยธา

ภาพที่ 4 งานประกอบติดตั้งโครงสร้างรองรับแผง

งานประกอบติดตั้งอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 4 ต้องใช้ช่างประกอบที่มีประสบการณ์งานเชื่อมเนื่องจาก งานส่วนใหญ่เป็นงานเชื่อมใช้ความแข็งแรงของโครงสร้างเพื่อรองรับแผง

ภาพที่ 5 งานติดตั้งแผง PV แล้วเสร็จ

งานประกอบหลังคาโซล่าร์ ดังภาพที่ 5 และทำการทดสอบการใช้งานโดยเชื่อต่อกับสายส่งร้าน อเมซอนคาเฟ สาขา ข้าง มหาวิทยาลัย ราชมงคลธัญบุรีซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำแบบจำลองเพื่อศึกษาค่าประสิทธิภาพต่างๆด้วยโปรแกรม PV syst Version 6.8 ต้องกำหนด ค่าพารามิเตอร์ให้ใกล้เคียงกับสภาวะจริงให้มากที่สุดซึ่งงานวิจัยนี้ ได้ใช้แผง PV Module ชนิด Polycrystalline ขนาด 330 Watt จำนวน 30 แผง และใช้ Inverter 1 Phase ขนาด 3.6 kW. จำนวน 3 ชุดระยะความสูงที่ติดตั้งแผง มี 3 ระดับ เริ่มต้นที่2.50 เมตร,3.0 เมตร,3.50 เมตรตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แบบ 3 มิติอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์

จากภาพที่ 6 นั้น ขั้นตอนออกแบบต้องคำนึงถึงอุณหภูมิความร้อนใต้แผงโซลาร์,อุณหภูมิด้านบนแผงโซล่าร์และอุณหภูมิทั่วไปบริเวณจุดที่เราติดตั้งซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดว่าการติดตั้งระดับความสูงที่เท่าใดจะได้ค่าประสิทธิภาพของพลังงานสูงสุด ซึ่ง สามารถคำนวนจากสมการ ดังนี้

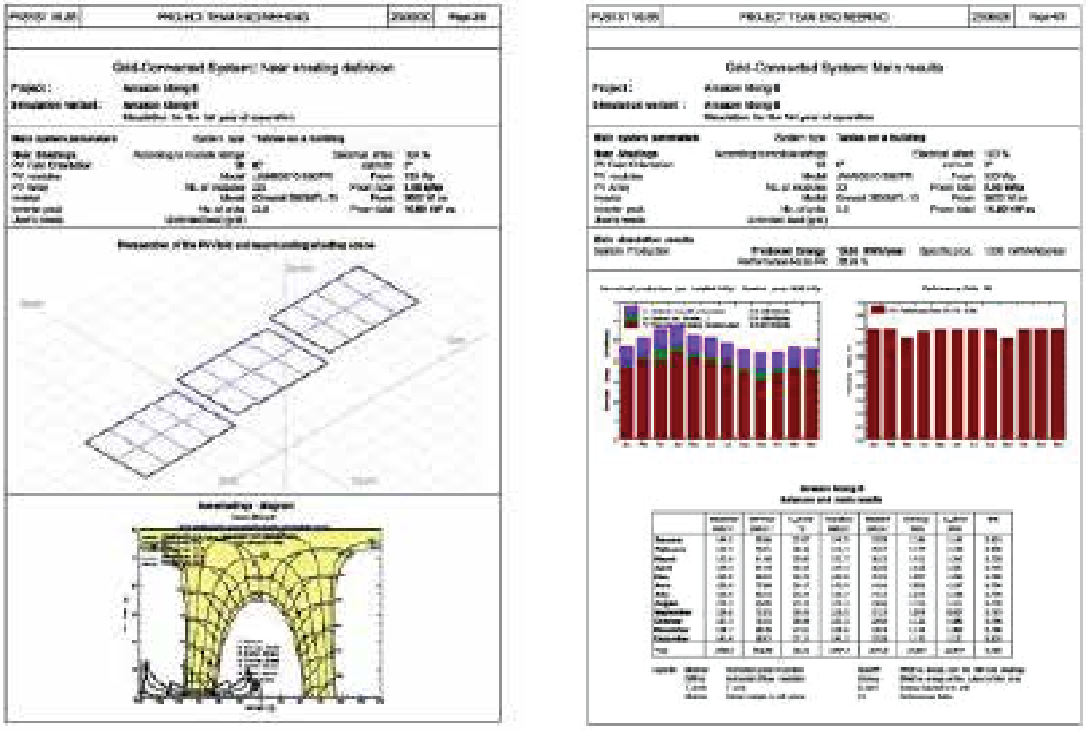
ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity, C) คือความร้อนที่ทำให้สาร (วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิ เปลี่ยนไปหนึ่งองศาเคลวิลคือ

$$C = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad \text{ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (J/kg-K)} \quad (1)$$

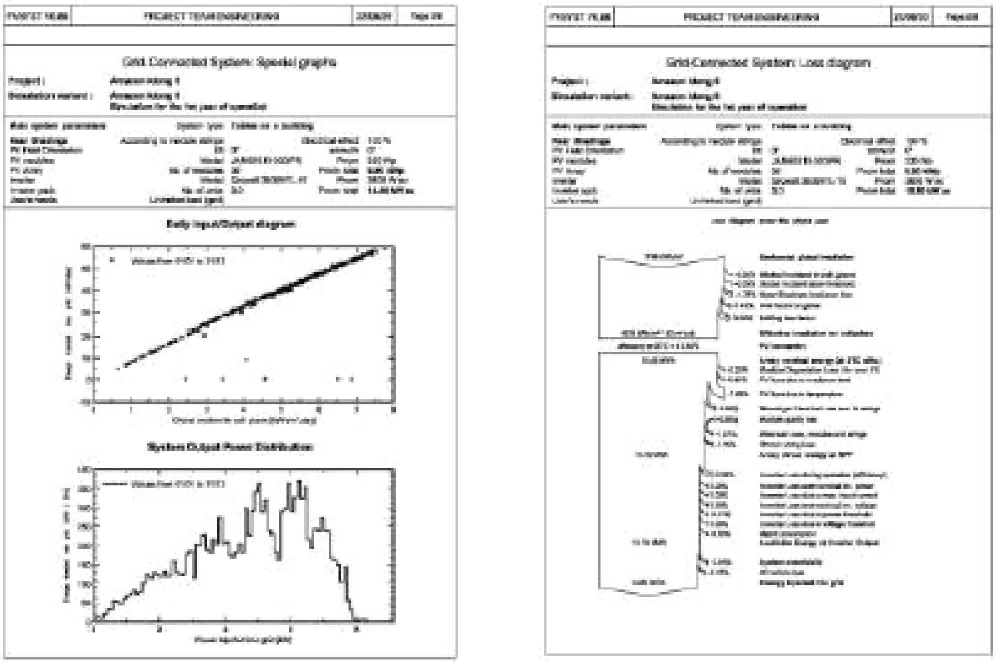
นั่นคือสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T1 เป็น T2 และความจุความร้อนจำเพาะมีค่าคงตัว

ความร้อนที่สารได้รับคือ $Q = C\Delta T$ หรือ $Q = mc\Delta T$

การจำลองในโปรแกรม PV Syst เพื่อดูค่า Parameter และ Loss ต่างๆ เพื่อนำวิเคราะห์ในการติดตั้งและติดตามผล ดังภาพ



ภาพที่ 7 ผลการ Simulation จากโปรแกรม PV Syst



ภาพที่ 8 ผลการ Simulation จากโปรแกรม PV Syst

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าการออกแบบติดตั้งอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์มีประสิทธิภาพการ ทำงานที่ดีและอุณหภูมิที่เหมาะสมจากตารางที่ 1 จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นและนำมาวิเคราะห์การทำงานของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทำการวิจัยได้เลือกออกแบบและใช้ติดตั้งโดยค่าอุณหภูมิใต้แผงที่ระดับความสูง 2.5 เมตรวัดได้ 57.8 °C ค่าอุณหภูมิ ใต้ แผงที่ระดับความสูง 3.0 เมตรวัดได้ 57.8 °C และค่าอุณหภูมิ ใต้แผงที่ระดับความสูง 3.5 เมตรวัดได้ 58.1 °C และอุณหภูมิ โดยรอบทั่วไปบริเวณใต้แผงระดับความสูง 2.5 เมตรวัดได้ 31.4 °C ระดับความสูง 3.0 เมตรวัดได้ 30.9 °C และระดับ ความสูง 3.5 เมตรวัดได้ 30.2 °C

ค่าอุณหภูมิ(°C)	Inveter 1(2.5m)	Inveter 2(3.0m)	Inveter 3(3.5m)
ค่าอุณหภูมิใต้แผง (°C)	57.8	57.8	58.1
ค่าอุณหภูมิบนแผง (°C)	65.2	65.5	65.8
ค่าอุณหภูมิโดยรอบ (°C)	31.4	30.9	30.2

ตารางที่ 1 (แสดงผลการวัดอุณภูมิ 3 ระดับ)

ภาพที่ 9 (แสดงค่าพลังงานของ Inverter แต่ละเครื่อง)

ภาพที่ 10 (แสดงค่าพลังงานของ Inverter ทั้ง 3 เครื่อง)

จากรูปที่ 9 -10 พบว่าค่าพลังงานที่วัดได้จริงจากระบบ Monitoring ของ Inverter ยี่ห้อ Growatt แสดงให้เห็นว่าการผลิต พลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่องใกล้เคียงกันโดยได้ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 40-50 หน่วยไฟฟ้าต่อวันลักษณะกราฟจะทำงานตามภูมิอากาศซึ่งหากสภาพอากาศปกติไม่มีฝนหรือฟ้ามืดครึ้มกราฟจะมีลักษณะทรงระฆังคว่ำตามรูป

สรุปผลการวิจัย

ผลการติดตั้งหลังจากทำการออกแบบและติดตั้งอาคารจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์ร้านอเม ซอน สาขา ข้าง มหาวิทยาลัย ราชมงคลธัญบุรี เป็นเวลา 1 สัปดาห์ทำให้พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานเฉลี่ยวันละ 4.5-5 ชั่วโมงโดยคิดเป็นเงินที่ผลิตได้จากระบบประมาณวันละ 50 หน่วยไฟฟ้าหรือประมาณ 1,500 หน่วยต่อ เดือนหรือ 18,000 หน่วยต่อเดือนคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.80 บาทคิดเป็นเงิน ประมาณ 63,000 บาทต่อปี และความสูง เฉลี่ยของการติดตั้งที่พลังแสงอาทิตย์ทำงานดีที่สุดของ 3 ระดับคือความสูงที่ 3.50 เมตรซึ่งพบว่ามีการถ่ายเทความร้อนได้ดี และการทำงานของแผงโซลาร์เต็มประสิทธิภาพที่สุดและในระบบยังต้องทดสอบระบบต่อไปเพื่อวัดประสิทธิภาพ ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด ร้านอเมซอน สาขา ข้าง มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรีและคณะทำงานทุกๆท่านที่ทำการสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโครงการนี้ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ มนัส บุญเทียนทอง ศุภวุฒิ เนตรแก้วโพธิ์ และ ปพน งามประเสริฐ "กรณีศึกษาการปฏิบัติการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กในระบบจำหน่าย"การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่42, มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 17-20, 30 ตุลาคม-พฤศจิกายน 2562.
[2] นิรุตติ นิลแก้ว การวิเคราะห์สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองเปรียบเทียบกับการติดตั้งจริงของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนา 6 MW. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต.สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี
[3] มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
[4] นครินทร์ รินพล คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น.

การศึกษาเปรียบเทียบแบบไม่มีและแบบมีการหาจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์
A Comparative Study on No-MPPT and MPPT Technique Applied on Photovoltaic System

อนุศิษฐ์ ตั้งจิตต์ธรรมา
สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

Abstract

This research presents a comparative study between a solar panel connected directly to load (No MPPT) and a solar panel connected to a load via a maximum power point tracking (MPPT). The solar panel use in optimization of the system according to the desired goals in high efficiency. For the MPPT method, Fuzzy Logic Control (FLC) technique is used in a simulation of the MatLab/Simulink program and determination of the constant radiation of the sunlight (Fixed Irradiance) and constant ambient temperature (Fixed Temperature). Comparative analysis the two circuits of Non-MPPT and MPPT. Optimization based on load applied to the circuits, experiment results in power losses of the solar system. The results show that the MPPT Technique is used to find the Maximum Power Point Tracking – MPPT. Power value of the MPPT system is more efficient and more suitable usage under the specified environmental conditions.

KEYWORDS: Photovoltaic, Solar, Maximum Power Point Tracking, Fuzzy Logic Control

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ นำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแผงโซล่าร์เซลล์ต่อกับโหลดโดยตรงแบบไม่มีวงจรควบคุม(No MPPT) และแผงโซล่าร์เซลล์ต่อกับโหลดโดยผ่านวงจรควบคุมติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด(MPPT)เพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตามเป้าหมายที่ต้องการสำหรับวิธีการของMPPT ใช้แบบเทคนิคของฟัซซี่ ลอจิก คอนโทล(Fuzzy Logic Control -FLC) การทดลองนี้จะใช้การทดลอง โดยใช้การจำลองของโปรแกรมแม็ทแล็ป(MatLab) และ การกำหนดให้การแผ่รังสีของแสงแดดคงที่(Fixed Irradiance)และอุณหภูมิโดยรอบคงที่(Fixed Temperature) การวิเคราะห์เปรียบเทียบของวงจรทั้งสอง การเพิ่มประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากข้อผิดพลาดของโหลดที่นำมาต่อให้กับวงจรทำให้เกิดพลังงานสูญเสียที่ระบบและอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า MPPT Technique ใช้ในการหาค่า Maximum Power Point Tracking - MPPT ให้ระบบมีประสิทธิภาพได้สูงกว่า มีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่าภายใต้สภาพสิ่งแวดล้อมที่กำหนดให้

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการผลิตไฟฟ้าในระบบพลังงานทดแทนเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไปในอีกไม่เกินห้าสิบปีข้างหน้าซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่น่าสนใจเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตยที่ตกกระทบพื้นที่1ตารางเมตรจะให้พลังงานประมาณ 1,000 W หรือเฉลี่ย 4-5 kW.hr / Sq.m / day ซึ่งหมายความว่า ในหนึ่งวันบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ 1 kW เป็นเวลานาน 4-5 ชั่วโมงนั้นเอง ซึ่งการผลิตพลังงานทดแทนรูปแบบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่นิยมนำมาใช้อย่างมากการประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์สามารถแบ่งออกเป็นสองแบบคือ การใช้ตัวเก็บประจุของแบตเตอรี่(Rechargeable Battery) เพื่อจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านมาจากไฟฟ้าโซลาร์เซลล์และเก็บตามขนาดที่มีความเหมาะสมเพื่อสามารถนำไปใช้ในตอนกลางคืนได้ ถ้าไม่มีการใช้ตัวเก็บประจุของแบตเตอรี่(No Battery) สามารถนำแผงโซล่าร์เซลล์มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรงในตอนกลางวัน เช่น ปั๊มน้ำ เพื่อสูบน้ำที่จะใช้ มาเก็บเข้าถังน้ำก่อน และนำน้ำไปใช้ในโอกาสต่อไป แต่ไม่สามารถนำไฟฟ้ามาใช้ในตอนกลางคืนได้

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้จะนำเสนอการหาค่าประสิทธิภาพของการหาค่าพลังงานสูงสุดของระบบวงจรแผงโซล่าร์โดยใช้โซลาร์เซลล์DC12Vต่อเข้ากับโหลดโดยจะทำการทดลองโดยเปรียบเทียบระหว่างการที่มีชุดควบคุมการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) และ การที่ไม่มีชุดควบคุม(No-MPPT) การจำลองการใช้งานของโปรแกรมแม็ทแล็ป(MatLab) เป็นการใช้งานแบบจำลองเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ชุดซอฟต์แวร์ MATLAB / SIMULINKเพื่อใช้งานได้ง่ายบนแพลตฟอร์มจำลองโมเดลที่นำเสนอได้รับการออกแบบจากไลบรารีบล็อก Simulink สามารถจำลองและวิเคราะห์ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังได้อย่างง่ายเพื่อติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ตามลักษณะของกราฟ P-V และปรับให้ค่าตัวแปรดิวตี้(Duty%)ควบคุมให้เหมาะสม การนำเสนอเทคนิคFuzzy MPPTช่วยให้สามารถจำลองการวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโซล่าร์ ได้อย่างง่าย

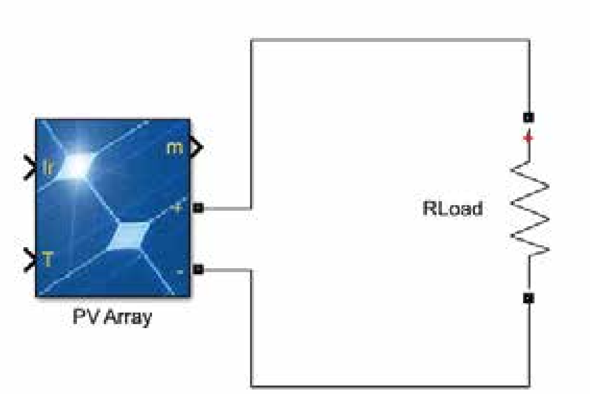
ทฤษฎีทางไฟฟ้าการส่งกำลังไฟฟ้าจะให้ได้กำลังสูงสุดจากแหล่งจ่ายพลังงานไปยังโหลดได้ค่าความต้านทานภายในวงจรจะต้องเท่ากับความต้านทานของโหลด ดังนั้นจะต้องมีชุดควบคุมเพื่อทำการปรับให้ได้ ค่าความต้านทานภายในวงจรเท่ากับความต้านทานของโหลด และการที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงที่มาตกกระทบและอุณหภูมิของโซล่าร์เซลล์ดังนั้นชุดควบคุมจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดตลอดเวลา ดังนั้นจะต้องนำค่าตัวแปรต่างๆ แรงดันไฟฟ้า(V) และกระแสไฟฟ้า(I) ของแผงโซล่าร์มาใช้ในการคำนวณและควบคุม เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้รับ(P)=VxI และปรับค่าเปอร์เซนต์ของค่าดิวตี้ไซเคิล(Duty Cycle)ให้เหมาะสม เพื่อควบคุมการส่งผ่านค่ากำลังสูงสุด จากแหล่งจ่ายพลังงานของแผงโซล่าร์ผ่านไปให้กับโหลด การใช้วิธีการของ MPPT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดีมากขึ้น

การศึกษาทางทฤษฎีของการหาค่ากำลังงานสูงสุด[1] ได้แสดงถึงคุณลักษณะของกราฟ I-V และ P-V ของแผงโซล่าร์เซลล์ ใช้วิธีแบบง่ายและมีประสิทธิภาพ ช่วยให้การประมาณค่าโดยประมาณของ MPP อัลกอริทึมจะเพิ่มกำลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ Perturb &Observe(P&O)[1],[2],[3],[4] อัลกอริทึมเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมที่มีการใช้มากที่สุดอัลกอริทึมนี้จะทำเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าที่แผงควบคุมและได้กำลังไฟฟ้าใหม่ แรงดันไฟฟ้าของแผงทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรใหม่ เพื่อให้ได้รอบการทำงานใหม่ที่มีกำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้น Incremental Conductance(INC)[1],[4] อัลกอริทึมนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีการใช้มากเช่นกัน

วิธีการหากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยใช้แนวคิดที่การหาความลาดชัน(slope) ของกำลังไฟฟ้าที่ MPP เป็นศูนย์ ($\frac{dP}{dV} = 0$) สำหรับระบบโซล่าร์เซลล์ สามารถแสดงอนุพันธ์ของกำลังไฟฟ้าต่อแรงดันไฟฟ้าของแผงได้ แล้วนำค่าดิ้วตี้ ไซเคิล ไปควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์ เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น ในการทดลองนี้ใช้แผงโซล่าร์ 125W มีการสรุปการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ P&O = 50%(62.69W/125W) และ INC = 83.85%(104.81W/125W) Fuzzy Logic Controller – FLC[5] การพัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยติดตามหาจุดกำลังสูงสุด (MPPT) โดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก (FLC) ด้วยการใช้อัลกอริธึมการอนุมานที่คลุมเครือแบบสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของ FLC โดยการใช้ตารางของค่าดิ้วตี้ ไซเคิลในหน่วยความจำ (LUT) ด้วยเหตุนี้คอนโทรลเลอร์จึงสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาระบบที่ใช้งานกับโหลดไฟกะพริบ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงของ SuperBright LED ของงานจราจร

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสะอาด หมดจดและไม่เสียค่าใช้จ่าย การผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (PV) กำลังเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ มีความสำคัญเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่อเนื่อง และข้อได้เปรียบหลายอย่างเช่น ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ไม่มีมลพิษ ต้องการ การบำรุงรักษาน้อย และไม่มีเสียงดังสร้างความรบกวนผู้อื่น

a) วงจรแผงโซล่าร์เซลล์กับโหลดโดยตรง

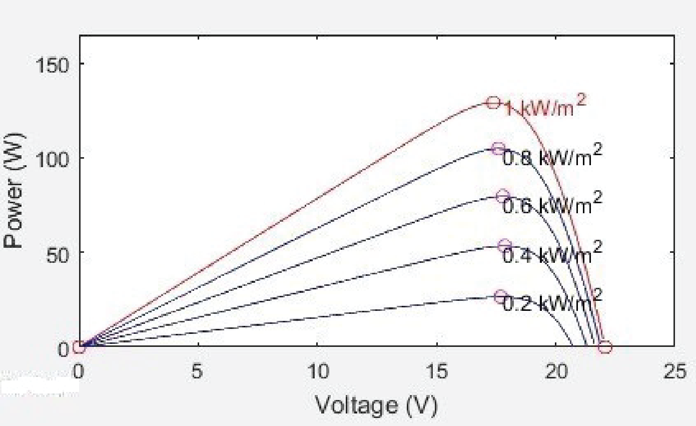


รูปที่ 1 วงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับโหลดโดยตรง

การต่อแผงโซล่าร์เซลล์กับโหลดเพื่อนำไปใช้งานโดยตรงนี้ จะไม่มีชุดวงจรควบคุมใดๆ เช่นการนำแผงโซล่าร์เซลล์ไปต่อกับเครื่องปั๊มน้ำโดยตรง

b) วงจรแผงโซล่าร์เซลล์กับโหลดโดยผ่านชุด Fuzzy MPPT

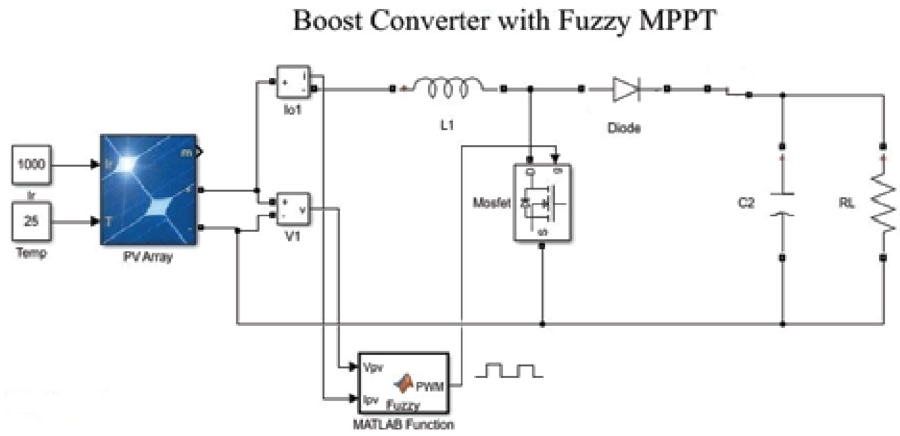
แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่เสถียร เนื่องจากจุดพลังงานสูงสุดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระดับความเข้มของการฉายรังสีของแสงอาทิตย์ดังนั้นจึงต้องการติดตามหาจุดของพลังงานสูงสุดโดยใช้ชุดควบคุมคือสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งเพื่อได้ประสิทธิภาพสูงสุดการทดลองโดยกำหนดให้ใช้ค่าความเข้มของแสงคงที่(1kW /m2) และ อุณหภูมิคงที่(25 °C)



รูปที่ 2 ตำแหน่งของพลังงานสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในงานวิจัยนี้จะมีการเสนอตัวติดตามหาจุดจ่ายไฟสูงสุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ($\frac{dP}{dV} = 0$) และใช้การในการกำหนดแปรเปลี่ยนของ Duty Cycle (ΔD) เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมหาจุดสูงสุดของตัวกำลังงาน MPP ที่สูงสุด ผ่านวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แผงโซล่าเซลล์จะสร้างพลังงานสูงสุดภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน ตามระดับความเข้มของการฉายรังสีของแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์รวมถึงแผงโซลาร์เซลล์ตัวแปลง DC-DC และโหลดตัวต้านทาน ดังรูป

I.The Circuit of Boost Converter



รูปที่ 3 วงจรจำลองของ Boost Converter with MPPT controller

$$V_{pv} \times T_{on} = (V_{out} - V_{pv}) \times T_{off} \quad (1)$$

$$V_{out} = \frac{Ton+Toff}{Toff} \times V_{pv} \quad (2)$$

$$\text{Duty Cycle (D)} = \frac{Ton}{T} \quad (3)$$

สำหรับสมการ (2) และ (3) , สามารถทำได้สมการใหม่ได้ดังนี้

$$V_{out} = \frac{1}{(1-D)} \times V_{pv} \quad (4)$$

มีตัวแปรดังนี้

V_{out} : Output Voltage(Volt)

V_{pv} : The input Voltage of Solar Cell(Volt)

I_{pv} : The Input Current of Solar Cell(Amp)

T_{on} : The duration of time when the switch is on(Sec)

T_{off} : The duration of time when the switch is off(Sec)

T : One Cycle Time of Switch($T = T_{on} + T_{off}$)

D : Duty Cycle(%)

II. Design of Boost Converter Circuit

Assignment: V_{in}=12V V_{out}=24V Freq=25kHz

R_{load} = 10 Ohm

- Duty Cycle(D) = ?

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{1}{(1-D)}$$

$$\frac{24V}{12V} = \frac{1}{(1-D)}$$

$$D = 0.5 \ (50\%)$$

- Inductor(L_{min}) = $\frac{(1-D)xR}{2f}$ = $\frac{(1-0.5)x10}{2x25000}$ [6]

= 100 μH

- Capacitor(C) Assign the Ripple Rate 1 % of V_{out}

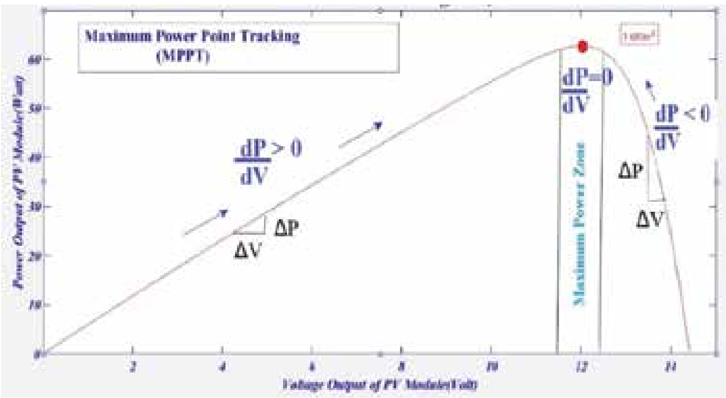
$$C = \frac{D}{Rxf\left(\frac{\Delta Vout}{Vout}\right)} = \frac{0.5}{10x25000x0.01}$$

$$= 200\ \mu F$$

- $P_{out} = \frac{(Vout)^2}{R} = \frac{(24)^2}{10} = 57.6\ W.$

สามารถใช้วงจรในรูปที่ 3 วงจร Boost Converter with MPPT controller ในการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2 เส้นโค้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแผงของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้รับอิทธิพลมาจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของแผงโซล่าร์เซลล์ในขณะที่ทำงาน เส้นโค้งแต่ละเส้นของ Maximum Power Points (MPP) จะเป็นเส้นเป้าหมายของการคำนวณให้แผงโซล่าร์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

III.Maximum Power Point Tracking(MPPT)



รูปที่ 4 Maximum Power Point Tracking of PV array.

วิธีการ MPPT นี้เป็นการทำงานโดยใช้วิธีการหาจุดสูงสุดของกำลังที่ต้องการ โดยตรงในการผลิตเอาต์พุต (หรือที่เรียกว่าการปีนเขา $\frac{dP}{dV} > 0$) โดยใช้การอ้างอิงแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า ที่ได้รับจากปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับที่ได้รับจากอดีต ข้อได้เปรียบของการใช้วิธีนี้คือใช้ข้อมูลตัวแปรโดยตรงเลย สามารถใช้เพื่อควบคุมข้อผิดพลาดที่เกินขนาดและให้ค่าเอาต์พุตไปในทางเดียวกัน และจะปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้รอบการทำงานที่ต้องการ รูปที่ 4 แสดงเมื่อค่าพลังงาน PV และค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การหาจุดสูงสุดจะเพิ่มขนาดของกำลังไฟฟ้าตามขั้นตอนหา ΔD ที่จะรวมกับ D ในอดีตเพื่อสร้างรอบต่อไปของการหาจุดที่พลังงานที่เพิ่มขึ้นและเพื่อบังคับให้จุดปฏิบัติการเคลื่อนที่ไปสู่ Maximum Power Point-MPP เมื่อ $\frac{dP}{dV} = 0$ แสดงว่าถึงเป้าหมายของค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว วิธีการนี้จะหาค่าที่มีค่ากำลังไฟฟ้าที่มากที่สุดในขณะนั้น

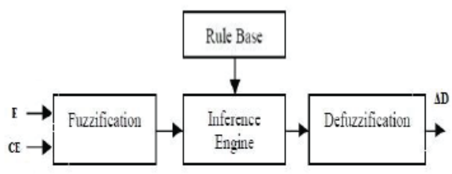
IV.Fuzzy Logic Controller(FLC)

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นแนวโน้มใหม่ของงานวิจัยใน MPPT แบบทั่วไป FLC สำหรับ MPPT ใช้สองอินพุตเช่นข้อผิดพลาด Error(E) และการเปลี่ยนแปลงขนาดข้อผิดพลาด Change In Error (CE) ณ เวลาตัวอย่าง n ซึ่งถูกกำหนดโดยสมการที่ (5) และ (6) ในขณะที่เอาต์พุตของ FLC เป็นการกำหนดการเปลี่ยนแปลงของ Duty Cycle (D)

$$E(n) = \frac{P(n)-P(n-1)}{V(n)-V(n-1)} \qquad (5)$$

$$CE(n) = E(n) - E(n-1) \qquad (6)$$

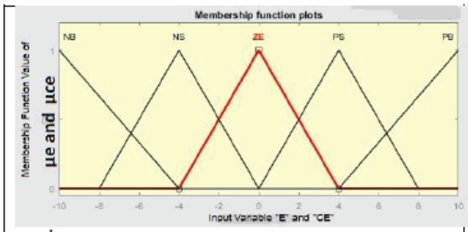
การควบคุมด้วยฟัซซี่ลอจิก(FLC)ที่นำมาใช้นี้ จะมี 4 ขั้นตอนของการดำเนินการ เช่น เมมเบอชิพฟังก์ชั่น(Membership Function) ฟัซซีฟิเคชั่น(fuzzification), การอนุมาน (inference) และ ดีฟัซซีฟิเคชั่น(defuzzification) ขั้นตอนแรกคือการกำหนดค่าอินพุทต่างๆที่มีช่วงที่กำหนด มีการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความผิดพลาด(E) การเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด(CE) และการกำหนดค่าเอาท์พุทเพื่อควบคุมค่าความผิดพลาดนั้นให้เข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด(-2W ถึง 2W) โดยการกำหนด ค่า Duty Ratio เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อนำไปสร้าง Pulse With Modulation(PWM) ไปควบคุมในวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ให้ได้ค่าพลังงานสูงสุดของช่วงเวลานั้นๆ



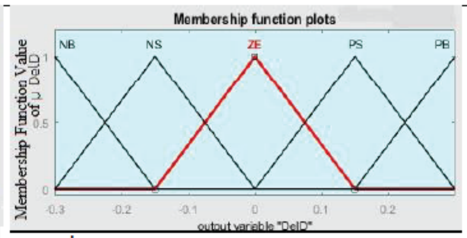
รูปที่ 5 Diagram of the Fuzzy Logic Control

E \ CE	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	ZE
NS	NB	NB	NS	ZE	PS
ZE	NB	NS	ZE	PS	PB
PS	NS	ZE	PS	PB	PB
PB	ZE	PS	PB	PB	PB

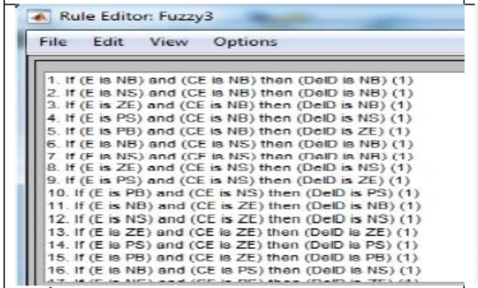
Table 1 : A Fuzzy Rules Base Table of Delta D(n)



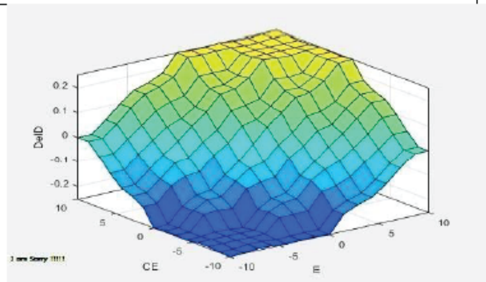
รูปที่ 6 Membership Function of input error "E" and change in error "CE"



รูปที่ 7 Membership Function of output "DelD"



รูปที่ 8 Fuzzy Logic Control Rules



รูปที่ 9 Membership Function in 3-D View

NB=Negative Big ; NS=Negative Small ; ZE=Zero
PS=Positive Small ; PB=Positive Big

จุด NB และ NS แสดงฟังก์ชั่นการเป็นสมาชิกที่กำหนดสำหรับข้อผิดพลาดทางด้านน้อยกว่าค่าเป้าหมายที่เราต้องการ < ZE (MPPT) หลังจากนั้น จะทำการปรับค่า Duty Ratio เพิ่มขึ้น เพื่อปรับค่าพลังงานเข้าสู่ค่าเป้าหมายกำลังไฟสูงสุด

จุด PB และ PS แสดงฟังก์ชั่นการเป็นสมาชิกที่กำหนดสำหรับข้อผิดพลาดทางด้านมากกว่าค่าเป้าหมายที่เราต้องการ > ZE (MPPT) หลังจากนั้น จะทำการปรับค่า Duty Ratio ลดลง เพื่อปรับค่าพลังงานเข้าสู่ค่าเป้าหมายกำลังไฟสูงสุด

จุดZEแสดงฟังก์ชั่นการเป็นสมาชิกที่กำหนดสำหรับข้อผิดพลาดเป็นศูนย์ตามค่าเป้าหมายที่เราต้องการ ZE (MPPT) เป็นจุดเป้าหมายที่ให้กำลังไฟสูงสุด

ผู้ควบคุมพยายามบังคับให้ฟังก์ชั่นข้อผิดพลาดซึ่งเป็นอนุพันธ์ ($\frac{dP}{dV} = 0$) ของพลังงานที่เกี่ยวข้องกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้และการเปลี่ยนแปลงขนาดข้อผิดพลาดที่เกี่ยวข้องเป็นศูนย์ ดังนั้นสามารถรับจุดการทำงานที่ดีที่สุดได้แทนที่จะหาอนุพันธ์พื้นฐานMPPTสามารถทำได้โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือให้เราแสดงอัตราส่วนหน้าที่ของสวิตช์ ที่ทำการเปิด-ปิดสวิตช์ในรูปที่ 3 วงจร Boost Converter with MPPT controller เป็น D (n) ด้วยการอ้างอิงถึง I-V และ P-V curve ที่ปรากฏในรูปที่ 2 และรูปที่ 6,7,8 และตารางที่ 1 ใช้ตามกฎฟัซซีที่ใช้สำหรับ MPPT โดยค้นหาในตารางการกำหนดเงื่อนไขของ FLC สามารถสร้างกฎตามตารางที่ 1 ได้ทั้งหมด 25 กฎตามสมการที่ 7 เพื่อให้ได้ค่ากำลังงานสูงสุด(MPP) สามารถระบุได้เป็น การเปลี่ยนแปลงครั้งล่าสุดในอัตราส่วนของ ΔD (n) รวมกับค่าของ D (n-1) ในอดีต โดยใช้สมการ (9) ทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การปรับอัตราส่วนของD (n) ไปในทิศทางเดียวกัน สิ่งนี้สามารถแปลเป็นกฎควบคุมฟัซซีต่อไปนี้:

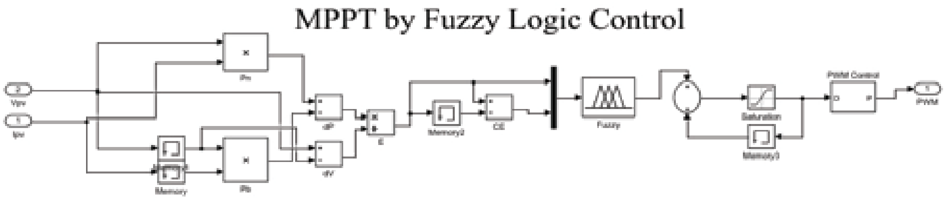
Rule(i) : if E(n) is Ai and CE(n) is Bi, then DelD(n) is Ci (7)

การกำหนดผลลัพธ์ของตรรกะฟัซซี่จะใช้การอนุมานฟัซซี่ มีวิธีการอนุมานมากมาย แต่วิธีที่ได้รับความนิยมคือ Mamdani โดยปกติแล้ว เอาท์พุทฟัซซี่จะถูกแปลงกลับไปเป็นตัวแปรตัวเลขจากตัวแปรภาษาศาสตร์ในระหว่างการกำหนดค่าวิธีที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการกำจัดสิ่งรบกวนต่างๆนี้คือเซนทรอยด์ของพื้นที่ (Centroid Of Gravity-COG) จากสมการ (8) เนื่องจากมีคุณสมบัติการเฉลี่ยที่ดีและให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น

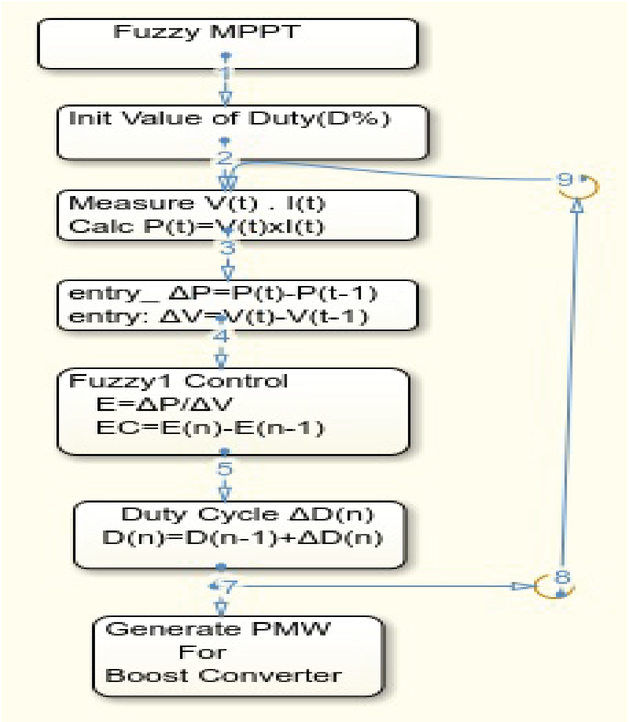
$$\Delta D(n) = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta Di\, Wi}{\sum_{i=1}^{N} Wi} \qquad (8)$$

$$D(n) = D(n-1) + \Delta D(n) \qquad (9)$$

ในขณะที่เอาต์พุตของ Fuzzy Logic Control เป็นการกำหนดการเปลี่ยนแปลงของ Duty Cycle (D) จากสมการ (9) เพื่อนำไปสร้างวงจรพลัสซ์(PWM Generator) ตามเปอร์เซนต์ของ Duty Cycle เพื่อใช้ในการควบคุมสวิชท์ในวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้ค่าพลังงานที่สูงสุด



รูปที่ 10 วงจรการทำงานของโปรแกรมควบคุมฟัซซี่ ลอจิก ใน MATLAB

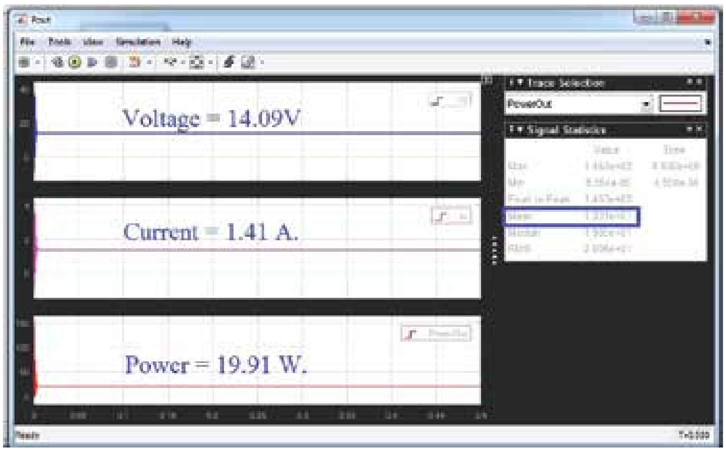


รูปที่ 11 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมฟัซซี่ ลอจิก

V.ผลการวิจัย

Solar PV	60 W	Assignment	
V_{mp}	12V	V_{oc}	13.5V
I_{mp}	5A	I_{sc}	6A
Irradiation	1000	Temp	25

a) ผลการทดลองวงจรแผงโซล่าร์เซลล์กับโหลดโดยตรง แบบไม่มีวงจรควบคุม (No MPPT)



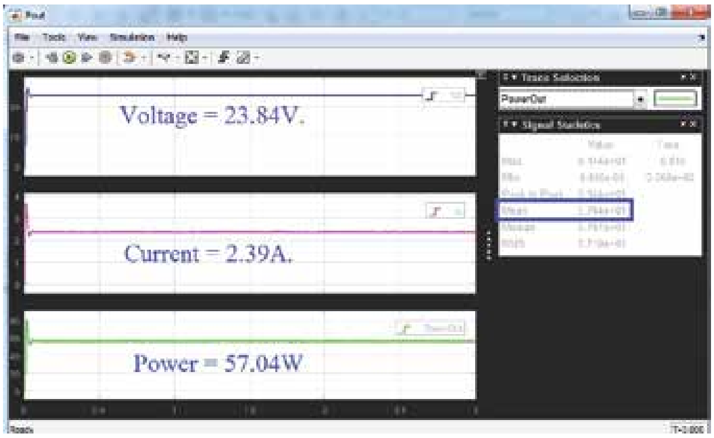
กราฟจากการทดลอง

No MPPT			
R_{load}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
(Ohm)	(Volt)	(Amp)	(Watt)
6	13.84	2.3	31.97
8	14	1.75	24.55
10	14.09	1.41	19.91
12	14.15	1.18	16.74
14	14.19	1.01	14.44
		Avg.P_{out}	21.522
		n %	36%

ตารางผลลัพท์ที่ได้จากการทดลองแบบไม่มีวงจรควบคุม

b)ผลการทดลองต่อแผงโซล่าร์เซลล์กับโหลด แบบมีวงจรควบคุม (Fuzzy MPPT)

กราฟจากการทดลองของ Fuzzy MPPT เข้าสู่เป้าหมายที่จุดสูงสุด



กราฟจากการทดลอง

Fuzzy MPPT			
Rload	V_{out}	I_{out}	P_{out}
(Ohm)	(Volt)	(Amp)	(Watt)
6	16.52	2.77	45.75
8	21.06	2.65	55.89
10	23.72	2.39	56.77
12	24.77	2.09	51.66
14	25.36	1.83	46.44
		Avg.P_{out}	51.30
		η %	86%

ตารางผลลัพท์ที่ได้จากการทดลองแบบมีวงจรควบคุม Fuzzy MPPT

สรุปผลการวิจัย

การต่อแผงโซล่าร์เซลล์เข้ากับโหลดโดยตรงแบบไม่มีวงจรควบคุมประสิทธิภาพของระบบมีค่าเท่ากับ 36 % จะสูญเสียพลังงานประมาณ 64% ปัญหาเกิดจากการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดไม่สมดุลกันจะทำให้มีประสิทธิภาพต่ำระบบจะสูญเสียพลังงานอย่างมากและไม่คุ้มค่ากับการลงทุน การต่อแผงโซล่าร์เซลล์เข้ากับโหลดโดยตรงแบบมีวงจรควบคุม Fuzzy MPPT ประสิทธิภาพของระบบ มีค่าเท่ากับ 86 % จะสูญเสียพลังงานประมาณ 14% เกิดจากการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดมีความสมดุลกันมากขึ้น จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ระบบจะสูญเสียพลังงานน้อย และคุ้มค่ากับการลงทุน

ในการวิจัยนี้ เราสามารถที่จะสรุปได้ว่า เราควรที่จะต่อแผงโซล่าร์ไปใช้กับโหลด จำเป็นต้องมีวงจรควบคุมการหาค่ากำลังงานสูงสุด(MPPT) เพราะว่าเราจะได้รับค่ากำลังงานเพิ่มขึ้นระบบจะมีประสิทธิภาพมากดีกว่า และคุ้มค่ากับการลงทุนมากกว่า

เอกสารอ้างอิง

[1] Microchip , AN1521 ,Practical Guide to Implementing Solar Panel MPPT Algorithms.

[2] Miss. Sai Saymote and Prof. Y.R. Atre, “Simulation of Perturb &Observe (P & O) MPPT Technique for PV Micro-Grid System Using MATLAB/SIMULINKS”,International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET),Aug.2016,Volume:03,Issue:08

[3] A. A. S. Mohamed, Alberto Berzoy and Osama Mohammed, “Optimized-Fuzzy MPPT Controller Using GA for Stand-Alone Photovoltaic Water Pumping System” IEEE 2014, PP.2213-2218

[4] Rokeya Jahan Mukti and Ariful Islam, “Designing an Efficient Photovoltaic System with Maximum Power Point Tracking Technique by Comparing Different Converter Topologies”,The 17th International Conference on Computer and Information Technology,22-23 December 2014,PP.235-240

[5] N.Khaehintung and P.Sirisuk, “Implementation of Maximum Power Point Tracking Using Fuzzy Logic Controller for Solar-Powered Light Flasher Application”, The 47th IEEE Internation Midwest Symposium on Circuits and Systems , pp.111_171-174, 2004.

[6] Boonreuang Wongsilabat, “Power Electronics”, Se-education Public Co.,Ltd.,pp.253-278.

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์วิทยาเขต ศาลายา
Economics Feasibility Study of Solar Rooftop a Case of Rajamangala University of Technology Rattanakosin Salaya Campus

ฐิติญานันท์ หนักป้อ[1] ชาญวิทย์ วิทยาวิโรจน์[1] กฤษฎา บุตรอินทร์[1] กรวิทย์ เจริญพร[1]
อนุรักษ์ จันเที่ยง[1] อานนท์ สุขมั่น[1] และชานนท์ บุญมีพิพิธ[1]*
[1]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

จากปัญหาวิกฤติการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาของประเทศทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคของทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน และภาคเอกชนทำให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้นแม้แต่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ก็ประสบปัญหาความต้องการพลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก เพื่อตอบสนองกิจกรรมการเรียนการสอนของหน่วยงานและมีแนวโน้มการบริโภคพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นทุกปี

ด้วยพื้นที่ตั้งของหน่วยงานอยู่ในชุมชนเมืองและอาคารเรียนส่วนใหญ่เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพแล้วพบว่าหลังคามีความลาดเอียงเหมาะสมในทิศใต้และมีปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์สูงตลอดจนทั้งหมดเป็นอาคารสูง ไม่มีการบังเงาจากอาคารอื่นๆ และโครงสร้างหลักยังมีความมั่นคงแข็งแรง จึงมีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าบนหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าชดเชยให้กับระบบได้ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุนจึงได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด <1MW โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อการลงทุนและตัดสินใจประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ระยะเวลาคืนทุน (Pay back) และ อัตราผลตอบแทนในโครงการ (IRR)

ผลการศึกษาพบว่าโครงการนี้ มีความคุ้มค่าน่าลงทุน ณ. ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 6.303 ซึ่งมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 17,497,449.49 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 12.08 ต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนของโครงการเท่ากับ 11 ปี แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุนภายใต้ปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์, โซล่าเซลล์, ติดตั้งบนหลังคา, เศรษฐศาสตร์

Abstract

Energy crisis in Thailand affecting to the economy and development of the country, due to the change in consumption behavior of all sectors the governmental public and private, the demand for electricity is now increasing, even Rajamangala University of Technology Rattanakosin also faced this problem. The large quantities of electrical energy need to serve for teaching and learning activities which are a tends to be increase a consumption in every year.

With location of the University is in urban communities and the physical characteristics of all buildings are tall and no shading from other buildings nearby, the roof also a suitable slope and heading to south which are high solar intensity all day as well as the main structures still strong with well condition. Therefore, they are suitable for installing a power generation system on roof to generate a compensate electricity for the system. In order to achieve a cost-effective of investment, a feasibility of investing in a <1MW solar rooftop power generation system was carried out by using an economic analysis process with Net present value (NPV), Payback period (pay back) and Rate of internal return on the project (IRR) must be considering for investment and decision making.

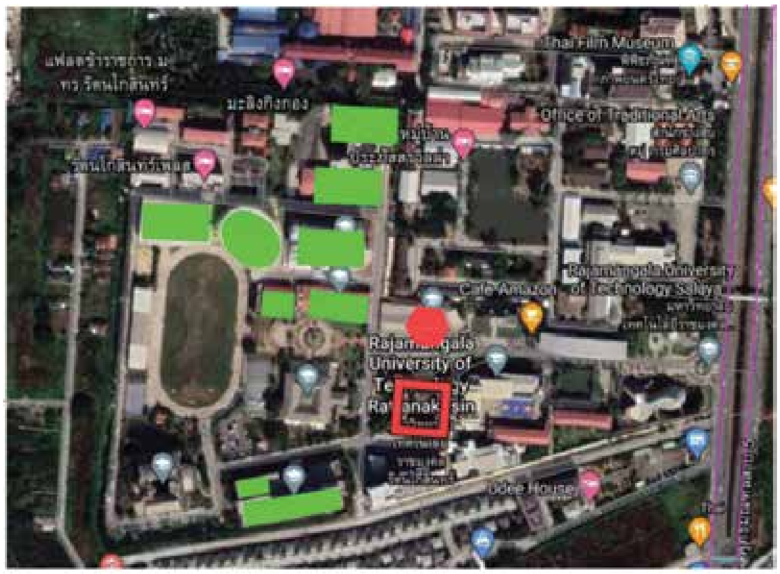
The investment in solar rooftop on this project is feasible worth investing at the discount rate level of 6.303%, yielding a Net present value (NPV) at 17,497,449.49 Thai Baht. An Internal return rate (IRR) of 12.08%, and a Payback period not over than 11 years. These findings show that the investment for this project is feasible under the risk factors that may arise.

Keyword: Solar power, Solar cells, Rooftop, Economic

บทนำ

ในปี 2562 มรท.รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา ใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจำนวน 5,199,780.96 kWh [ตารางที่ 1] ซึ่งถือได้ว่าเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง ตามที่กระทรวงพลังงานได้มีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 15-20% ใน 20 ปี (พ.ศ.2558-2579) [2] และได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ 6,000 เมกะวัตต์ โดยมีมาตรการส่งเสริมโครงการระบบขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งในระดับชุมชนและครัวเรือนรวมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ให้ได้ 1,000 MW ภายใน 10 ปี ด้วยมาตรการ สนับสนุนงบประมาณแบบให้เปล่า ร้อยละ 10-30 แก่ ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา หรือองค์กรเอกชนที่ไม่มุ่งค้ากำไร ตามมาตรา 26 เพื่อใช้ในการออกแบบและลงทุนในการบริหารโครงการ [2]

งานศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประเมินความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นที่หลังคาอาคาร ใน มรท.รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา [ภาพที่ 1] เนื่องจากมหาวิทยาลัยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงในช่วงระยะเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด นอกจากนี้ต้นทุนระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญ [3] จึงถือว่าเป็นระบบที่มีศักยภาพสูงในการช่วยลดรายจ่ายของมหาวิทยาลัยได้



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาของโครงการ

ตารางที่ 1 อัตราการใช้ไฟฟ้า ของ มรท. รัตนโกสินทร์

เดือน	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (kW)			จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า (KWH)		
	Peak	Off Peak	Holiday	Peak	Off Peak	Holiday
ธ.ค.-61	1660.27	1221.71	595.19	207847.53	65001.3	90218.67
ม.ค.-62	1465.1	976.73	598.64	225908.43	72467.14	65220.43
ก.พ.-62	2038.69	1390.73	1248.5	282255.22	100986.05	112206.72
มี.ค.-62	1647.96	1177.11	549.32	231655.98	70155.98	63878.04
เม.ย.-62	1677.68	1238.66	705.56	225310.34	75573.82	67263.84
พ.ค.-62	1804	1474.57	1302.02	241265.1	82199.55	77650.34
มิ.ย.-62	1918.39	1320.86	1037.82	239013.14	74377.12	104882.74
ก.ค.-62	2033.17	1513.06	866.86	285589.96	80696.5	84321.54
ส.ค.-62	2002.81	1466.62	1230.07	280077.41	80427.63	95566.95
ก.ย.-62	1719.05	1198.61	725.47	262904.8	74597.46	75543.73
ต.ค.-62	1492.03	1177.92	502.58	238882.4	77271.62	67062.98
พ.ย.-62	1576.17	1056.03	1339.74	228387.09	68248.18	77074.73
ธ.ค.-62	1738.6	1248.63	1043.16	189032.79	56741.45	72230.76
ม.ค.-63	1558.19	1133.32	818.44	248838.38	72243.4	71771.22
ก.พ.-63	1671.33	1198.31	591.85	241081.24	68429.86	69375.9
รวม	26,003.44	18,792.87	13,155.22	3,628,049.81	1,119,417.06	1,194,268.59

ที่มา : จากบันทึกอัตราการใช้ไฟฟ้าของ มรท.รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา

วิธีการวิจัย

กระบวนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ การประเมินศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากดัชนีชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์ทั่วไป [4] ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) หมายถึงระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับเท่ากับเงินที่ลงทุนไปเป็นเครื่องมือที่ใช้บอกสภาพความเสี่ยงของโครงการได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นจะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำโดยสามารถคำนวณหาค่า PB ได้จากสมการ (1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดส่วนที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \quad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุของโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินลงทุนของโครงการ โดยสามารถคำนวณหา NPV ได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

โดยที่ R_t คือ กระแสรายได้ในปีที่ t C_t คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ t

i คือ อัตราคิดลด ในที่นี้คือ MLR เฉลี่ย I_0 คือ เงินลงทุนโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดของอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก สมการที่ (3) หรือหาอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0

$$-I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (3)$$

โดยที่ R_t คือ กระแสรายได้ในปีที่ t C_t คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ t

i คือ อัตราคิดลด ในที่นี้คือ MLR เฉลี่ย I_0 คือ เงินลงทุนโครงการ

วิเคราะห์มูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ อาศัยตัวชี้วัดต่างๆ คือ ระยะเวลาการคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน สำหรับการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้เป็นการลงทุนในการติดตั้งพร้อมกันทั้งหมด ทำให้ต้นทุนในการติดตั้งแต่ละอาคารจะเท่ากันที่ 30 บาทต่อวัตต์ โดยโครงการมีอายุ 25 ปี อัตราค่าไฟฟ้าคิดอัตราเดียวกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 2 สมมุติฐานในการศึกษาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	สมมุติฐาน	แหล่งอ้างอิง
ต้นทุนทั้งระบบ	30 บาท ต่อ วัตต์	เอกสารประเมินราคา เดือน ก.ย. 2563
ค่าบำรุงรักษา	0.5% ต่อ วัตต์	
แผงเซลล์แสงอาทิตย์		
อายุการใช้งาน	25 ปี	อายุโครงการ
ต้นทุน	14 บาท ต่อ วัตต์	เอกสารประเมินราคา เดือน ก.ย. 2563
อัตราการเสื่อมสภาพ	0.5% ต่อปี	
อินเวอร์เตอร์		
อายุการใช้งาน	10 ปี	ตามระยะเวลารับประกัน
ต้นทุน	5.35 บาท ต่อวัตต์ คิดเป็น 17.8% ของระบบ	เอกสารประเมินราคา เดือน ก.ย. 2563
อัตราค่าไฟฟ้า ในระบบ TOU ประเภทผู้ใช้ไฟ 4.2.2 ขนาด 22-33 กิโลโวลท์		
On Peak	4.1839 บาท ต่อ หน่วย	ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เริ่มใช้ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
Off Peak	2.6037 บาท ต่อ หน่วย	ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เริ่มใช้ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
Peak Demand	132.93 บาท ต่อ หน่วย	ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เริ่มใช้ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
สัดส่วนจำนวนวัน On Peak – Off Peak	67% - 33%	คำนวณจากปฏิทิน Off peak ตามประกาศของการไฟฟ้า 28 สิงหาคม 2563
อัตราลด	6.3013%	Minimum Loan Rate จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย วันที่ 28 ก.ย. 2563

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ ของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) สำหรับ มรภ.รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา เชิงเศรษฐศาสตร์ ในด้านต่างๆ ดังนี้

1.ระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB) ใน สมการที่ (1)
2.มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ใน สมการที่ (2)
3.อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) ใน สมการที่ (3)

ปริมาณการผลิตไฟฟ้า

จากข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับสำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์สำนักปลัดกระทรวงพลังงานกระทรวงพลังงานระบุว่าประเทศไทยได้รับรังสีเฉลี่ยทั่วประเทศในแต่ละวันจะมีค่าประมาณ 18.2 MJ/m^2.day [5] และเนื่องจาก 1 MJ (เมกะจูล) สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.2777778 kWh [2] ดังนั้น พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ผลิตได้ จะเท่ากับ (18.2 x 0.2777778 x 365) 1,845.28 kWh/m2/ปี

ในพื้นที่โครงการนี้ ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวนทั้งสิ้น 2,250 แผง คิดเป็น พื้นที่รับแสงรวมทั้งสิ้น (2.15 x 1.005 x 2,250) 4,862 ตร. เมตร โดยแต่ละแผงมีกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 440 วัตต์ คิดเป็น กำลังไฟฟ้าสูงสุด 990,000 วัตต์ หรือ 990 kW_p ต่อ วัน ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีที่ผลิตได้ จะเท่ากับ (1,845.28 x 4,837) 8,971,164 kWh/ปี

อย่างไรก็ตาม ค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เท่ากับ ร้อยละ 14.84 ซึ่งเป็นค่าตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2556 เมื่อนำมาคำนวณ จะได้ค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี ที่คิด Plant Factor แล้ว เท่ากับ (8,971,164 x 0.1484) 1,331,321 kWh/ปี ในปีแรก และมีอัตราเสื่อมของเซลล์แสงอาทิตย์ปีละ 0.5% จะทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงทุกปี

ต้นทุนโครงการ

ต้นทุนโครงการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนการลงทุน และ ต้นทุนการดำเนินงาน [ตารางที่ 3]
<u>ต้นทุนการลงทุน</u> จากเอกสารประเมินราคา เดือน กันยายน 2563 รวมทั้งสิ้น 29,682,000 บาท [ตารางที่ 3] หรือ 30 บาทต่อวัตต์ [ตารางที่ 2]
<u>ต้นทุนการดำเนินงาน</u> ประกอบด้วย

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 0.5% ต่อ วัตต์ เท่ากับ 148,500 บาท ต่อ ปี

ค่าเสื่อมสภาพโครงการ คิดค่าเสื่อมแบบเส้นตรง ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี และเหลือซาก หลังสิ้นสุดโครงการ ร้อยละ 20 ของสินทรัพย์ โดยสมมุติสินทรัพย์เท่ากับร้อยละ 70 ของต้นทุนการลงทุนโครงการ นั่นคือ สินทรัพย์จะมีมูลค่า (29,682,000 x 0.7) 20,777,400 บาท ค่าซากตอนสิ้นสุดโครงการเท่ากับ (20,777,400 x 0.2) 4,155,480 บาท และมีค่าเสื่อมราคา (20,777,400 – 4,155,480) 16,621,920 บาท หรือ 664,876.80 บาท ต่อ ปี

ค่าประกันอัคคีภัย ปีละ 52,285.55 บาท โดยทุนประกัน 31 ล้านบาท

ตารางที่ 3 ต้นทุนทั้งหมดของโครงการ

ปีที่	ต้นทุนการลงทุน	ต้นทุนการดำเนินงาน			ต้นทุนรวม
	บาท	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าเสื่อมราคา	เบี้ยประกันอัคคีภัย	บาท
0	29,682,075.00	0	0	0	29,682,075.00
1	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
2	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
3	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
4	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
5	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
6	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
7	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
8	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
9	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
10	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48

11	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
12	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
13	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
14	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
15	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
16	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
17	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
18	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
19	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
20	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
21	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
22	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
23	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
24	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
25	0	148,500.00	664,878.48	52,286.00	865,664.48
รวม	**29,682,075.00**	**3,712,500.00**	**16,621,962.00**	**1,307,150.00**	**51,323,687.00**

ที่มา : จากการคำนวณ

ผลประโยชน์โครงการ

จากข้อสมมุติฐานข้างต้น[ตารางที่2]สามารถประเมินผลประโยชน์จากรายได้ของโครงการได้ดังนี้ [ตารางที่ 4]

<u>รายได้จากการผลิตไฟฟ้า</u> คือ รายได้จาก จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ และนำไปใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย โดยคิดอัตราค่าไฟฟ้าปกติช่วง off peak ตามประกาศของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลงวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2561 สำหรับประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 4.2.2

<u>รายได้จากการขายกิจการเมื่อสิ้นสุดโครงการปีที่ 25</u> ได้แก่ ต้นทุนสินทรัพท์ มีมูลค่าซาก 4,155,480 บาท ดังนั้น รายได้จากการขายกิจการคือ 4,155,480 บาท

ตารางที่ 4 รายได้ทั้งหมดของโครงการ

ปีที่	ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปี	อัตราค่าไฟฟ้าที่ได้	รายได้จากขายกิจการ	รวมผลประโยชน์
0	0	0	0	0
1	1,331,320.83	3,466,360.05	0	4,797,680.88
2	1,324,664.23	3,449,028.25	0	4,773,692.47
3	1,318,040.90	3,431,783.10	0	4,749,824.01
4	1,311,450.70	3,414,624.19	0	4,726,074.89
5	1,304,893.45	3,397,551.07	0	4,702,444.51

5	1,304,893.45	3,397,551.07	0	4,702,444.51
6	1,298,368.98	3,380,563.31	0	4,678,932.29
7	1,291,877.13	3,363,660.50	0	4,655,537.63
8	1,285,417.75	3,346,842.19	0	4,632,259.94
9	1,278,990.66	3,330,107.98	0	4,609,098.64
10	1,272,595.71	3,313,457.44	0	4,586,053.15
11	1,266,232.73	3,296,890.16	0	4,563,122.88
12	1,259,901.56	3,280,405.70	0	4,540,307.27
13	1,253,602.06	3,264,003.68	0	4,517,605.73
14	1,247,334.05	3,247,683.66	0	4,495,017.70
15	1,241,097.38	3,231,445.24	0	4,472,542.62
16	1,234,891.89	3,215,288.01	0	4,450,179.90
17	1,228,717.43	3,199,211.57	0	4,427,929.00
18	1,222,573.84	3,183,215.52	0	4,405,789.36
19	1,216,460.97	3,167,299.44	0	4,383,760.41
20	1,210,378.67	3,151,462.94	0	4,361,841.61
21	1,204,326.78	3,135,705.63	0	4,340,032.40
22	1,198,305.14	3,120,027.10	0	4,318,332.24
23	1,192,313.62	3,104,426.96	0	4,296,740.58
24	1,186,352.05	3,088,904.83	0	4,275,256.88
25	1,180,420.29	3,073,460.30	4,155,490.50	8,409,371.09
รวม	**31,360,528.79**	**81,653,408.80**	**4,155,490.50**	**117,169,428.09**

ที่มา : จากการคำนวณ

ผลวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ในด้านต่างๆ ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ พบว่า

1. ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) พิจารณาจากสมการที่ (1) และ [ตารางที่ 5] โครงการนี้ จะเห็นว่า มีกระแสเงินสดสุทธิสะสม เปลี่ยนจาก ลบ เป็น บวก ได้ในปีที่ 11 ระยะเวลาคืนทุนจึงอยู่ 11 ปี
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หลังจากที่สิ้นสุดโครงการ จากค่าใน ตารางที่ (5) จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกที่ 17,497,449.49 บาท ซึ่งถือว่าโครงการได้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์และคุ้มค่าต่อการลงทุน
3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) จากตารางที่ (5) สามารถคำนวณ IRR ได้ ร้อยละ 12.08 ต่อปี ซึ่งมากกว่าอัตราลดที่ร้อยละ 6.303 ซึ่งหมายความว่า ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการนี้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ตารางที่ 5 แสดงมูลค+าป2จจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการ ที่มีอัตราลดตามสมมุติฐานตารางที่ [2]

ปีที่	กระแสรายได้ (Rt)	ต้นทุนที่เกิดขึ้น (Ct)	ผลประโยชน์สุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
0	-	29,682,075.00	- 29,682,075.00	-฿29,682,075.00
1	4,797,680.88	865,664.48	3,932,016.40	-฿25,983,139.62
2	4,773,692.47	865,664.48	3,908,027.99	-฿22,524,697.48
3	4,749,824.01	865,664.48	3,884,159.53	-฿19,291,134.44
4	4,726,074.89	865,664.48	3,860,410.41	-฿16,267,848.85
5	4,702,444.51	865,664.48	3,836,780.03	-฿13,441,185.92
6	4,678,932.29	865,664.48	3,813,267.81	-฿10,798,376.46
7	4,655,537.63	865,664.48	3,789,873.15	-฿8,327,479.44
8	4,632,259.94	865,664.48	3,766,595.46	-฿6,017,328.42
9	4,609,098.64	865,664.48	3,743,434.16	-฿3,857,481.26
10	4,586,053.15	865,664.48	3,720,388.67	-฿1,838,173.31
11	4,563,122.88	865,664.48	3,697,458.40	฿49,726.59
12	4,540,307.27	865,664.48	3,674,642.79	฿1,814,757.11
13	4,517,605.73	865,664.48	3,651,941.25	฿3,464,902.84
14	4,495,017.70	865,664.48	3,629,353.22	฿5,007,630.18
15	4,472,542.62	865,664.48	3,606,878.14	฿6,449,920.98
16	4,450,179.90	865,664.48	3,584,515.42	฿7,798,303.90
17	4,427,929.00	865,664.48	3,562,264.52	฿9,058,883.80
18	4,405,789.36	865,664.48	3,540,124.88	฿10,237,369.24
19	4,383,760.41	865,664.48	3,518,095.93	฿11,339,098.13
20	4,361,841.61	865,664.48	3,496,177.13	฿12,369,061.82
21	4,340,032.40	865,664.48	3,474,367.92	฿13,331,927.52
22	4,318,332.24	865,664.48	3,452,667.76	฿14,232,059.36
23	4,296,740.58	865,664.48	3,431,076.10	฿15,073,538.02
24	4,275,256.88	865,664.48	3,409,592.40	฿15,860,179.14
25	8,409,371.09	865,664.48	7,543,706.61	฿17,497,449.49

ที่มา : จากการคำนวณ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร จำนวนทั้งสิ้น 2,250 แผง สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 1,331,321 kWh/ปี พบว่ามี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เมื่อครบอายุโครงการ 25 ปี อยู่ที่ 17,497,449.49 บาท โดยอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 12.08 ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PB) เท่ากับ 11 ปี

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ของโครงดารที่ศึกษานี ถือว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกอัตราค่าผลตอบแทนภายในมีค่าเชิงบวกและระยะการคืนทุนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยทั่วไป ด้วยเหตุนี้ เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มต้นทุนราคาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ลดลงอย่างต่อเนื่องประกอบกับตลาดในประเทศไทยมีการขยายตัวและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นทำให้การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามีแนวโน้มที่จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเทียบได้กับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานในอาคาร

เอกสารอ้างอิง

[1] จุฬารัตน์จำปีรัตน์.(2558).การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป ในพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579. กระทรวงพลังงาน.

[3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.(2561).รายงานฉบับสมบูรณ์การติดตามสถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.กระทรวงพลังงาน. (ปีงบประมาณ 2561) 26-27.

[4] ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และ โสภิตสุดา ทองโสภิต. (2558). การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร. วารสารวิจัยพลังงาน. ปีที่12 ฉบับที่2 (กรกฎาคม –ธันวาคม) 59-74.

[5] แบงค์ ศรีสุข และ วิทยา ยงเจริญ. (2556). สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนด้วยแผงผลิตไฟฟ้าและความร้อนชนิดแผ่นเรียบรับความร้อน. วารสารวิจัยพลังงาน. ปี ที่10 ฉบับที่2 (พฤษภาคม –สิงหาคม) 57-70.

การพัฒนากระบวนการเผาถ่านกัมมันต์จากเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84
The Development of Activated Charcoal Production from Fire Dragon 84 Charcoal Klin

ปิยณัฐ หงษ์กังวาล[1] พิสิษฎ์ มณีโชติ[1] และธวัช สุริวงษ์[1]
[1]สาขาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกระบวนการผลิตของเตาเผาถ่าน โดยทำการปรับปรุงรูปแบบร่วมกับการเทคนิคการผลิตถ่าน จากเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 ที่มีการปรับปรุงตัวเตาให้สามารถยกขึ้นได้เพื่อเพิ่มอากาศเข้าไปในกระบวนการเผาไหม้ทำให้เกิดกระบวนการกระตุ้นทางกายภาพด้วยอากาศและยังสามารถเพิ่มอุณหภูมิการเผาไหม้ของกระบวนการเผาถ่านได้โดยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านต่อระยะเวลาของกระบวนการเปิดเตาเผาถ่านซึ่งกำหนดวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบคือ ไผ่กิมซุง และระยะเวลาในการเปิดเตาเท่ากับ 5, 10 , และ 15 นาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิในการเผาถ่านสูงสุดอยู่ระหว่าง 800 – 900 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในกระบวนการเผาถ่านทั้งหมด5-6ชั่วโมงและหลังจากที่อุณหภูมิในการเผาสูงสุดแล้วทำการเปิดเตาเผาถ่านเพื่อให้เกิดกระบวนการกระตุ้นด้วยอากาศตามระยะเวลาที่กำหนด โดยที่การเปิดเตาเผาระยะเวลา 5 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 1,005 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 727.26 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากการเปิดเตาเผาระยะเวลา15นาทีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ1,207องศาเซลเซียสมีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 1,107.49 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 235.19 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนของถ่านเท่ากับ 0.17 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม เนื่องการเปิดเตาเผาถ่านที่ระยะเวลา 15 นาที อุณหภูมิในช่วงเวลาการกระตุ้นสูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิดเตาเท่ากับ 10นาทีเนื่องจากอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเผาถ่านกัมมันต์ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน การเปิดเตาเผาถ่านเพื่อให้เกิดการกระตุ้นด้วยอากาศ ส่งผลให้การกระบวนการเผานั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลต่อคุณภาพของถ่านที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้นและมีผลของการทดสอบการดูดซับไอโอดีนของถ่านนั้นเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไผ่กิมซุง, เตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84, ระยะเวลาเปิดเตา, ถ่านกัมมันต์

บทนำ

ถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ได้อย่างมากมาย ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง เนื่องจากนวัตกรรมในการผลิตเป็นสิ่งที่ตลาดมีความต้องการเพิ่มขึ้น ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบคือถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้านตลาดจึงมีความต้องการอย่างมากเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ต้องทำการผลิตให้ได้คุณภาพตามความต้องการของตลาด หากสามารถผลิตได้คุณภาพสูง จึงส่งออกสร้างรายได้อย่างไม่มีขีดจำกัด

การเผาถ่านในประเทศไทยในระดับครัวเรือนยังยึดการเผาแบบดั้งเดิมโดยถ่านที่ได้จะเป็นถ่านประเภทเชื้อเพลิงและใช้ดินเป็นองค์ประกอบหลักในการทำเตาเผาถ่านและใช้เวลานานในการเผา การผลิตถ่านกัมมันต์ จึงเป็นสิ่งที่แปลกใหม่ด้วยการผลิตถ่านกัมมันต์จะพบในรูปแบบของอุตสาหกรรม เนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ในการตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อให้ได้การเผาไหม้ที่ดีสามารถตรวจสอบอุณหภูมิได้โดยถ่านกัมมันต์จะต้องมีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิกว่า 800 องศาเซลเซียส[1] จึงเป็นสิ่งยากต่อการเผาถ่านโดยทั่วไป

กระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่น หรือกระบวนการทำให้เกิดถ่าน เป็นกระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการเผาไหม้ที่ภาวะไร้อากาศ เพื่อเพิ่มสัดส่วนคาร์บอนของสารอินทรีย์ โดยระหว่างกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่นธาตุและองค์ประกอบต่างๆจะถูกระเหยออกไปด้วยกระบวนการทางความร้อนในรูปแบบของแก๊สและทาร์ จากนั้นจะได้ถ่านที่มีการจัดตัวของโครงสร้างผลึกที่ไม่เป็นระเบียบซึ่งจะเกิดช่องว่างรูพรุนระหว่างผลึก เนื่องจากสารอนินทรีย์ที่เป็นทาร์ซึ่งอุดรูพรุนพวกนั้นได้ถูกกำจัดออกไป กระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่นสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ช่วงการไล่ความชื้น หรือเรียกว่า การดีไฮเดรชัน (Dehydration) เป็นระยะแรกของการเผาโดยการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 27-200 องศาเซลเซียส
2. ช่วงกระบวนการไพโรไรซิส โดยช่วงนี้จะเกิดก๊าซและน้ำมันทาร์อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 200 – 500 องศาเซลเซียส
3. ช่วงของการทำถ่านให้บริสุทธิ์ เรียกว่ารีไฟน์เมนท์ (Refinement) คือ การสลายน้ำมันดินที่ยังคงเหลืออยู่ภายในไม้ให้หมดอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 500 – 900 องศาเซลเซียส

การกระตุ้น(Activation) คือการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโครงสร้างคาร์บอนด้วยการเพิ่มพื้นผิวให้มากขึ้นโดยการทำให้เกิดรูพรุนมากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสารและเพิ่มคุณภาพของถ่านกัมมันต์มีทั้งกระบวนการที่เปลี่ยนวัตถุดิบไปเป็นถ่านกัมมันต์โดยตรงและกระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบไปเป็นถ่านชาร์ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไปการกระตุ้นทำได้ 2 วิธี คือการกระตุ้นทางกายภาพและการกระตุ้นทางเคมี[1]

การเพิ่มนวัตกรรมใหม่ๆเข้ามาเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่มีความน่าสนใจแถบชนบทของประเทศไทยยังใช้การเผาถ่านเพื่อเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมากแต่จะมีมูลค่าที่น้อยและใช้เวลานานเตาเผาถ่านมังกรไฟ 84 ได้มีงานวิจัย ลุตฟี่ สือนิ และพิสิษฎ์ มณีโชติ (2561)[2] ทดสอบการใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อสกัดกั้นความร้อนจากด้านในเตาไม่ให้ความร้อนออกมาได้ง่าย เป็นการลดการสูญเสียความร้อนของเตาเผาถ่านส่งผลให้อุณหภูมิในการเผาสูงถึง 750 องศาเซลเซียสเนื่องจากการเผาถ่านด้วยอุณหภูมิสูงสามารถไล่น้ำมันดินที่มีสารทาร์ (Tar) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่มีอยู่ในเนื้อไม้ให้ออกไปโดยใช้ความร้อนพาออกไป นี้ไม่มีสารก่อมะเร็งและเป็นถ่านบริสุทธิ์ เมื่อนำไปใช้ก็มีความปลอดภัยมากขึ้น

ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาและพัฒนาเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 และกระบวนการเผาถ่านให้ได้ถ่านกัมมันต์ โดยเพิ่มการกระตุ้นทางกายภาพ จากการทำให้เตาเผาถ่านนั้นเปิดออกได้โดยการยกตัวเตาขึ้น เพื่อเพิ่มอากาศและอุณหภูมิในการเผาถ่าน และเพิ่มคุณภาพของถ่านให้สูงขึ้น

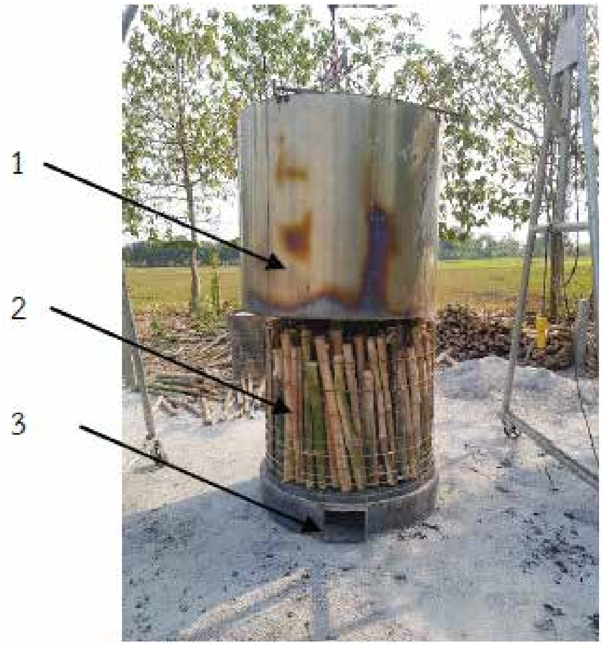
วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้มีการพัฒนาเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 ให้สามารถเปิดตัวเตาขึ้น เพื่อให้เพิ่มปริมาณอากาศให้กับกระบวนการเผาซึ่งเป็นการกระตุ้นตัวถ่านที่เผาให้มีคุณภาพที่สูงขึ้นโดยมีรายละเอียดของการดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่

1. การเตรียมไผ่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเผา
2. ทดสอบกระบวนการเผาถ่านและการกระตุ้นด้วยอากาศ
3. วิเคราะห์คุณภาพถ่านที่ได้จากกระบวนการเผา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) พร้อมสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple type K เครื่องบันทึกข้อมูล (Graphtec midi Logger GL840)
2. เตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 ที่ทำการปรับปรุงรูปแบบของตัวเตาเผา



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดสอบ

องค์ประกอบ	รูปแบบ
1. ตัวเตาเผาถ่าน	ป้องกันการสูญเสียความร้อน
2. ตะแกรงกันถ่าน	เพื่อรองรับไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบและถ่านที่ได้
3. ช่องป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตา	ใช้สำหรับป้อนเชื้อเพลิงในการเผาถ่าน

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมวัตถุดิบ โดยการนำไม้ไผ่มาตัดให้ได้ขนาด 80 เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกับความสูงของเตาเผาถ่าน ในการเผาถ่านใช้ไม้ไผ่สดทั้งหมดเฉลี่ย 300 กิโลกรัม

2. การเผาถ่านสามารถทำได้โดยการจุดไฟหน้าเตาและอบไม้ให้เกิดการสะสมความร้อนและเกิดการติดไฟด้วยตัวเอง โดยไม้จะไม่ถูกไฟโดยตรง กระบวนการนี้เรียกว่า การคาร์บอนไนเซชั่น คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดถ่าน

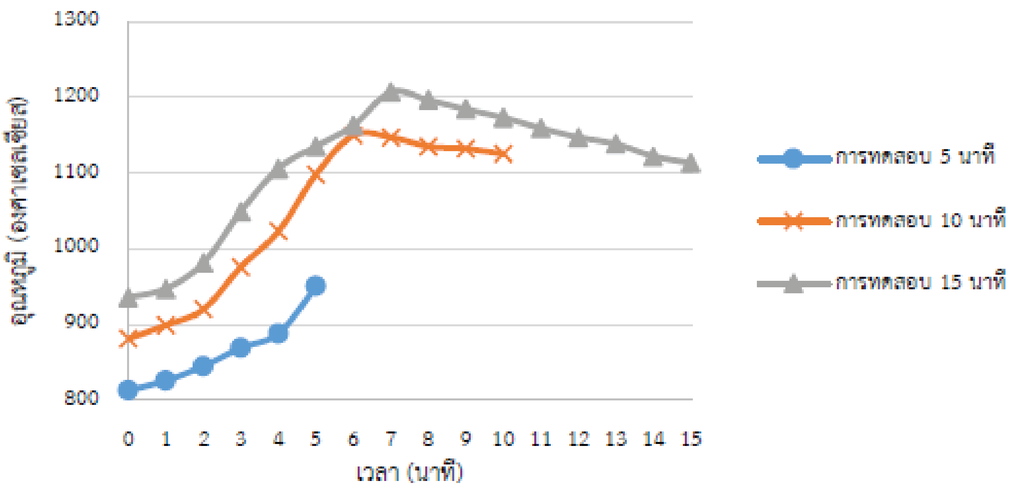
3. ขั้นตอนการกระตุ้นทำการเผาถ่านให้ได้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสไม้ทั้งหมดในเตาเผาจะกลายเป็นถ่านหลังจากนั้นให้ทำการยกเตาขึ้นเพื่อให้ถ่านในเตาได้สัมผัสอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาไหม้ขึ้นโดยกำหนัดระยะเวลาในการทดสอบที่ 5 10 และ 15 นาทีตามลำดับ

4. ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในเตาเผาตำแหน่งต่างๆด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิและทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการเผาตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

5. นำถ่านที่ได้นั้นมาวิเคราะห์ หาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine number) และทดสอบหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของถ่านไม้ไผ่ที่ได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า เตาเผาถ่านนั้นสามารถเผาถ่านได้อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในกระบวนการการเผาถ่านประมาณ 5 - 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 กราฟแสดงอุณหภูมิของช่วงเวลาการเปิดเตา

การเปิดเตา 5 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 950 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีนเฉลี่ย 727.26 มิลลิกรัมต่อกรัม

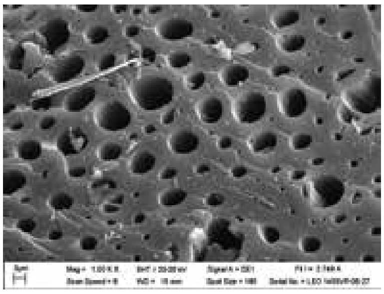
การเปิดเตา 10 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 1,150 องศาเซลเซียส ผลการค่าการดูดซับไอโอดีนเฉลี่ย 903.06 มิลลิกรัมต่อกรัม

การเปิดเตา 15 นาที อุณหภูมิสูงสุดสุดเท่ากับ 1,207 องศาเซลเซียส ผลการดูดซับค่าไอโอดีนเฉลี่ย 911.34 มิลลิกรัมต่อกรัม

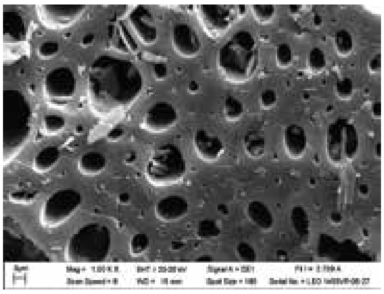
ตารางที่ 2 ระยะเวลา ปริมาณถ่าน อุณหภูมิ และค่าการดูดซับไอโอดีน

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณไม้ไผ่ (กิโลกรัม)	ปริมาณถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
5	300	30.4	950	727.26
10	300	26.7	1,150	903.06
15	300	25	1,207	911.34

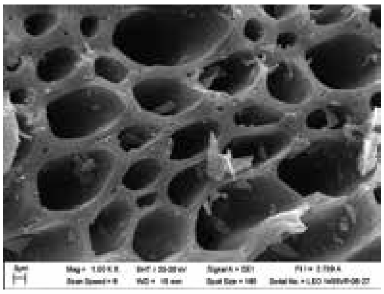
ลักษณะโครงสร้างความเป็นรูพรุนของถ่านไม้ไผ่ พบว่า รูพรุนที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นวงกลม ขนาดของรูพรุนนั้นมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเปิดเตาและอุณหภูมิในการเปิดเตา เนื่องจากในการเปิดเตา 5 นาทีนั้นขนาดของรูพรุนมีขนาดเล็กและปริมาณรูพรุนนั้นมีน้อยกว่า 10 และ 15 นาที ดังแสดงในภาพที่ 2



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า
(ก) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 5 นาที
(ข) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 10 นาที
(ค) การทดสอบเปิดเตาที่เวลา 15 นาที

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ต่อช่วงเวลาการเปิดเตาเผาถ่านมังกรไฟ 84 พบว่า ระยะเวลาในการเปิดเตานั้นมีผลต่อคุณภาพของถ่าน และปริมาณถ่านที่ได้จากกระบวนการเผาถ่านโดยการเปิดเตาในระยะเวลา5นาทีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ950องศาเซลเซียสค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านเท่ากับ 727.26 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณถ่านที่ได้เท่ากับ 30.4 กิโลกรัม และโครงสร้างรูพรุนที่มีขนาดเล็กและปริมาณน้อยที่สุด และระยะเวลาในการเปิดเตา 15 นาที อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 1,207 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านเท่ากับ 911.34 มิลิกรัมต่อกรัม ปริมาณถ่านที่ได้เท่ากับ 25 กิโลกรัมและโครงสร้างรูพรุนมีขนาดใหญ่มากกว่าซึ่งมีลักษณะของรูพรุนเป็นวงกลมเหมือนกันเนื่องจากเป็นไม้ไผ่ชนิดเดียวกันจากผลการเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่กล่าวมาการเปิดเตาเผาถ่านที่ระยะเวลา 15 นาที ให้คุณภาพถ่านที่ดีที่สุดและมีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 235.19 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนของถ่านเท่ากับ 0.17 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม เนื่องการเปิดเตาเผาถ่านที่ระยะเวลา 15 นาที อุณหภูมิในช่วงเวลาการกระตุ้นสูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิดเตาเท่ากับ 10 นาที เนื่องจากอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเผาถ่านกัมมันต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิสิษฎ์ มณีโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ธวัช สุริวงษ์ กรรมการ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา แนะนำในการดำเนินงานในการทำวิจัย และคุณประวิทย์ นิลวิเชียร ผู้เป็นต้นแบบแนวคิดเตาเผาถ่านรุ่นมังกรไฟ 84 คุณชาติ ไชยสิทธิ์ ที่ได้ให้ความรู้ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัสดุอุปกรณ์และพื้นที่ในการติดตั้งและทดสอบเตาเผาถ่านและขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัยที่ได้รับ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมไปถึงวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบรูณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ธราพงษ์ วิทิตศานต์ (2011), ถ่านกัมมันต์ : การผลิตและการนำไปใช้ พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
[2] ลุตฟี สือนิ และพิสิษฎ์ มณีโชติ (2018.). การปรับปรุงรูปแบบและเทคนิคการผลิตถ่านด้วยเตาขนาด 200 ลิตร. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 ,สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[3] เฉลียว วัชรพุกก์. ไผ่:ความรู้ทั่วไปของไม้ไผ่. https://sites.google.com/site/bamjitra761/thin-ka-he-nid, 2012.
[4] สัมฤทธิ์ โม้พวง. (2558). คาร์บอนกัมมันต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
[5] กิตติธัช สัจจากุล และคณะ. (2559). การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงเพื่อพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์โดยใช้เตาเผาถ่าน ดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร. การประชุมการป่าไม้ ประจำปี พ.ศ. 2559 “เศรษฐกิจเชิงนิเวศบนฐานการป่าไม้”(116 - 123), คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการทางกายภาพจากวัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มด้วยรังสีไมโครเวฟ

Physical activation of activated carbon from palm oil production waste by using microwave irradiation

เกศิณี แสงศิริ[1], นุชจีรา ดีแจ้ง[1], จอมภพ แววศักดิ์[2], ศิรินุช จินดารักษ์[1]*
[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก 65000
[2]ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง) จังหวัด พัทลุง 93210

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์แบบผงจากวัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม คาร์บอไนเซชั่นในสภาวะอุณหภูมิ 500°C – 900°C เป็นเวลา 1 h ทำการกระตุ้นทางกายภาพด้วยรังสีไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า 90 W และ 360 W เป็นเวลา 1, 3 และ 5 min พิจารณาค่าการดูดซับไอโอดีนไอโอดีน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ เลขที่ 900-2547 พบว่า ทุกสภาวะที่ทำการทดสอบมีค่าการดูดซับไอโอดีนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของมาตรฐานที่ 600 mg/g โดยถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์ม มีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด คือ 1,191 mg/g ที่สภาวะการผลิต คือ อุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 800 °C ที่สภาวะการกระตุ้นคือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเตาอบไมโครเวฟ 360 W เป็นเวลา 5 min

คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม, ถ่านกัมมันต์, การกระตุ้นทางกายภาพ, รังสีไมโครเวฟ

บทนำ

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มมีวัสดุเหลือทิ้งในปริมาณมาก ได้แก่ ทะลายปาล์ม เท่ากับ 4,099,859.52 ตัน และเส้นใยปาล์ม เท่ากับ 2,434,291.59 ตัน [1] ที่ซึ่งยังคงเหลือในกระบวนการผลิต จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ทั้งทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์มมีความเหมาะสมในการนำผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ [2]

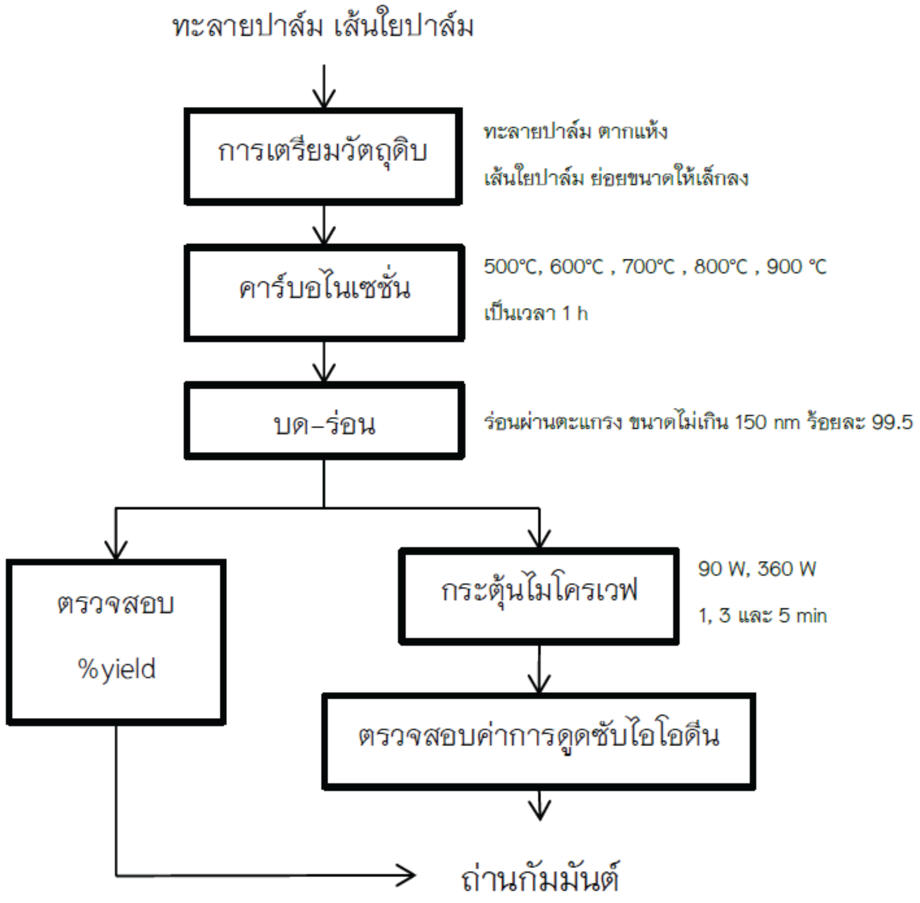
ถ่านกัมมันต์คือวัสดุคาร์บอนที่พื้นที่ผิวพรุนภายในมาก ถ่านกัมมันต์นิยมใช้งานในอุตสาหกรรมบำบัด เช่น บำบัดน้ำเสียจากสีย้อม บำบัดน้ำเสียจากโลหะหนักปนเปื้อน เป็นต้น ถ่านกัมมันต์สามารถผลิตได้จากวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำสำหรับนำผลิตถ่านกัมมันต์ได้ [3] การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบในขั้นตอนคาร์บอไนเซชั่นมีผลอย่างมากต่อโครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ [4] ปัจจุบันมีการประยุกต์วิธีการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างหลากหลาย ไมโครเวฟคือแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับการกระตุ้นก่อกัมมันต์แก่คาร์บอนใหม่ที่ใช้เวลาน้อย [5-6]

ปัจจุบันมีการเกณฑ์กำหนดควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ควบคุมด้วยมาตรฐานอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ เลขที่ 900-2547 ถ่านกัมมันต์แบบผง AWWA B600 กำหนดการตรวจสอบด้วยวิธี ASTM D4607 [7]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตถ่านกัมมันต์แบบผงจากวัสดุเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม ด้วยวิธีการกระตุ้นทางกายภาพด้วยรังสีไมโครเวฟ โดยทำการตรวจสอบร้อยละผลผลิตของการผลิตถ่าน และค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาผลิตถ่านกัมมันต์แบบผงจากทะลายปาล์ม และเส้นใยปาล์ม แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ และอุปกรณ์

ทะลายปาล์ม และเส้นใยปาล์ม ได้รับมาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม โดยผ่านการจัดการของศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง) จังหวัดพัทลุง โดยมีการจัดเตรียมวัตถุดิบ คือ ทะลายปาล์มเปล่าตากแห้งให้ความชื้นคงระดับเดียวกับความชื้นของอุณหภูมิแวดล้อม เส้นใยปาล์มย่อยขนาดให้เล็กลง

เตาเผาคาร์บอไนเซชั่นใช้เผาภายใต้บรรยากาศอากาศที่สามารถเผาได้ด้วยอุณหภูมิสูงสุด 1,200°C ใช้กำลังการเพิ่มอุณหภูมิของเตาช่วงอุณหภูมิแวดล้อมจนถึง 700°C ที่กำลัง 30% ของเตา และช่วง 701°C - 900°C ที่กำลัง 40% ของเตา ทำกระตุ้นกายภาพ ใช้เตาไมโครเวฟอุ่นอาหารในครัวเรือน และใช้น้ำกลั่นจากความอนุเคราะห์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การผลิตถ่านกัมมันต์

การผลิตถ่านกัมมันต์ดำเนินการจาก นำวัตถุดิบทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยปาล์ม ผ่านคาร์บอไนเซชั่นที่อุณหภูมิ 500°C, 600°C, 700°C, 800°C และ 900°C เป็นเวลา 1 h แล้วทำการบดร่อนให้ได้ผงถ่านขนาดโมเลกุลไม่เกิน 150 nm ผ่านแร่ง แล้วทำกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า 90 W และ 360 เป็นเวลา 1, 3 และ 5 min โดยผสมผงถ่านจากคาร์บอไนเซชั่นในน้ำกลั่น ด้วยอัตรา 5 g:60 ml

การตรวจสอบค่าร้อยละผลผลิต

การตรวจสอบร้อยละผลผลิต (%yield) ของทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม ภายหลังจากการคาร์บอไนเซชั่นที่อุณหภูมิ 500°C-900°C ร้อยละผลผลิตแสดงถึงผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเทียบเป็น 100% โดยน้ำหนัก คำนวณค่าร้อยละผลผลิตจากแทนค่าในสมการที่ (1)

$$\%yield\ (\%) = [\text{น้ำหนักคาร์บอน / น้ำหนักวัสดุดิบ}] \times 100 \qquad (1)$$

การตรวจสอบค่าการดูดซับไอโอดีน

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้น อ้างอิงมาตรฐานอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ เลขที่ 900-2547 AWWA B600-96 แบบผง โดยตรวจสอบค่าการดูดซับไอโอดีนด้วยวิธี ASTM D4607-94 ใช้วิธีไทเทรตระหว่างสารละลายไอโอดีน-สารประกอบโซเดียมไธโอซัลเฟต แช่ตัวอย่างถ่านกัมมันต์ 1 g ในสารละลายไอโอดีน 50 ml เป็นเวลา 60 s แล้วตวงสารละลายไอโอดีนนี้เพื่อไทเทรตด้วยปริมาตร 25 ml นำค่าที่ได้คำนวณค่าการดูดซับไอโอดีนในสมการที่ (2)

$$X / M = [A - (DF \cdot B \cdot V)] / M \qquad (2)$$

เมื่อ	X / M	แทน	มิลลิกรัมไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อหรับของถ่านกัมมันต์ทดสอบ, mg/g
	A	แทน	12693.0 N_2
	N_2	แทน	ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน, N
	B	แทน	126.93 N_1
	N_1	แทน	ความเข้มข้นของสารประกอบโซเดียมไธโอซัลเฟต, N
	V	แทน	ปริมาตรสารประกอบโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้, ml
	M	แทน	ปริมาณถ่านกัมมันต์ทดสอบที่ใช้, g
	DF	แทน	ค่าคงที่การเจือจาง ที่ซึ่งหาได้จากสูตร

$$DF = (I + H) / F \quad (3)$$

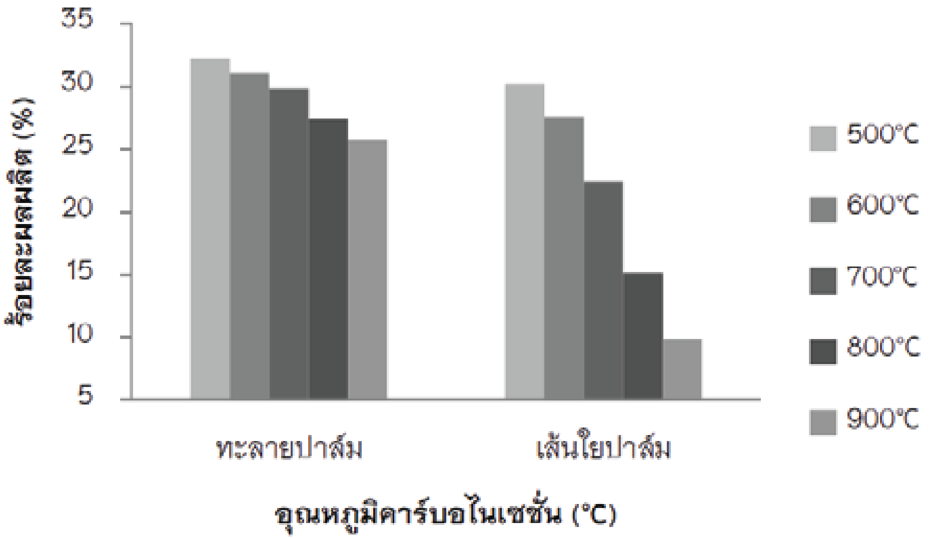
เมื่อ I แทน ปริมาตรสารละลายไอโอดีนที่ใช้, ml

H แทน ปริมาตรสารละลายไฮโดรคลอริก 5% ที่ใช้, ml

F แทน ปริมาตรสารละลายไอโอดีนที่ใช้, ml

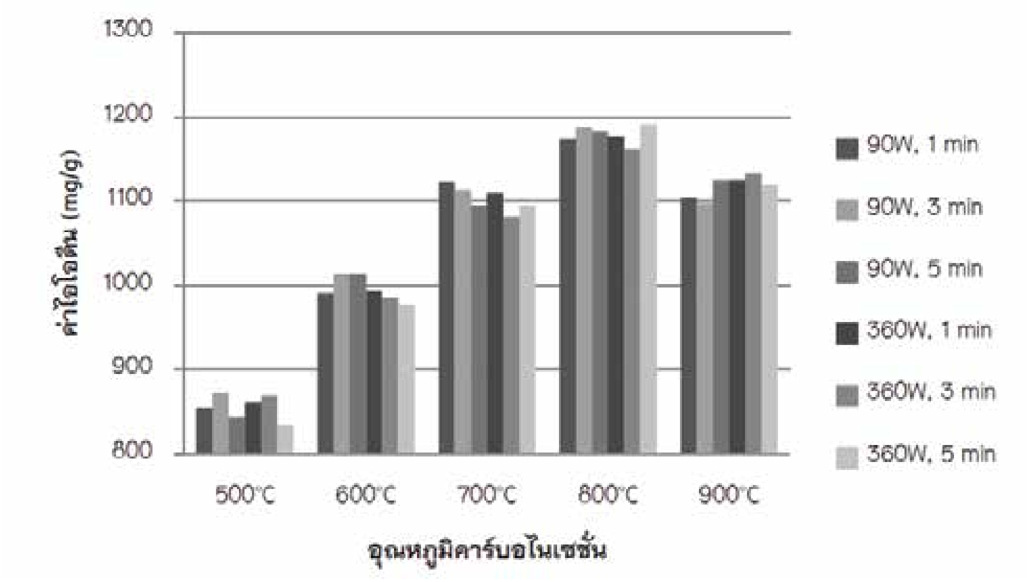
ผลการศึกษา

จากการศึกษาร้อยละผลผลิต (%yield) ของทะลายปาล์มเปล่า และเส้นใยปาล์ม พบว่า อุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่นมีผลต่อปริมาณผลผลิตโดยอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าร้อยละผลผลิตลดต่ำลงเนื่องจากสารระเหยวัตถุดิบมีการสลายตัวไปได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าสูงสุดของร้อยละผลผลิตของทะลายปาล์มที่อุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C เท่ากับ 32.21%db, 31.05%db, 29.88%db, 28.41%db, 25.68%db ตามลำดับ และค่าสูงสุดของร้อยละผลผลิตของเส้นใยปาล์มอุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C เท่ากับ 30.21%db, 27.54%db, 22.38%db, 15.11%db, 9.86%db ตามลำดับ ดังภาพที่ 2



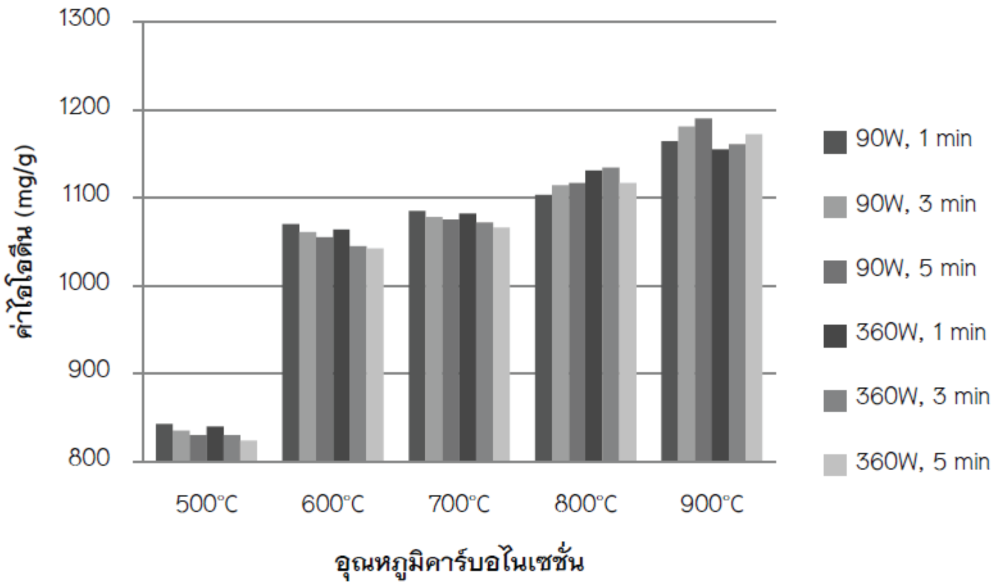
ภาพที่ 2 ร้อยละผลผลิตถ่านของทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม

ผลการศึกษาค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์ม พบว่า ค่าการดูดซับไอโอดีนผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์แบบผง ที่ค่า 600 mg/g โดยค่าการดูดซับไอโอดีนของผงถ่านที่ผลิตได้มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเทียบเท่าเป็น 147%, 165%, 183%, 196% และ 186% ที่อุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C และ 900 °C ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า 90 W และ 360 W พบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนที่กำลังไฟฟ้า 360 W มีแนวโน้มที่สูงกว่าเล็กน้อย ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์มสูงที่สุด เท่ากับ 1,191 mg/g ที่สภาวะอุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 800°C กำลังไฟฟ้า 360 W เวลา 5 min ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์ม

ผลการศึกษาค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเส้นใยปาล์มพบว่าทุกค่าการดูดซับไอโอดีนผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์แบบผง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเทียบเท่าเป็น 138%, 176%, 179%, 186%, 195% ที่อุณหภูมิ คาบอไนเซชั่น 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C ตามลำดับ ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเส้นใยปาล์มสูงที่สุด เท่ากับ 1190 mg/g ที่สภาวะอุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 900°C กำลังไฟฟ้า 90 W เวลา 5 min ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเส้นใยปาล์ม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการนำเสนอวิธีการนำวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์มมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยใช้กระบวนการกระตุ้นที่มีสามารถลดระยะเวลาและประหยัดพลังงานในการกระตุ้นได้โดยการใช้รังสีไมโครเวฟในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์เมื่อพิจารณาสภาวะการผลิตถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์ม และเส้นใยปาล์ม พบว่า สภาวะการผลิตถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม คือ การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบทะลายปาล์มที่อุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 800°C ที่กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 360 W เป็นเวลา 5 min เนื่องจากค่าการดูดซับไอโอดีนจากวัสดุทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์มมีผลใกล้เคียงกันกล่าวคือค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดจากทะลายปาล์ม เท่ากับ 1,191 mg/g ที่สภาวะอุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 800°C กระตุ้นกำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 360 W เป็นเวลา 5 min และค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเส้นใยปาล์มที่มีค่าเท่ากับ 1,190 mg/g ที่สภาวะอุณหภูมิคาร์บอไนเซชั่น 900°C ที่กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 90 W เป็นเวลา 5 min ซึ่งการคาร์บอไนเซชั่นที่อุณหภูมิ 800°C ใช้เวลาน้อยกว่าการคาร์บอไนเซชั่นที่อุณหภูมิ 900°C

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง) และได้รับความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่ดำเนินปฏิบัติการโดยภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [อินเตอร์เน็ต]. 2559; สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2563, ได้จาก: webkc.dede.go.th/testmax/node/2529

[2] Ayinla Ridwan Tobi, J.O. Dennis, H.M. Zaid, A.A. Adekoya, Asfand Yar, Fahad Usman. Comparative analysis of physiochemical properties of physically activated carbon from palm bio-waste. Journal of Materials Research and Technology. 2019(5), 3688-3695.

[3] สัมฤทธิ์ โม้พวง. คาร์บอนกัมมันต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2558.

[4] Mallika Thabuot, Thanchanok Pagketanang, Apichart Artnaseaw, Prasong Wongwicha. Microporous activated carbon from KOH-activation of rubber seed-shells for application in capacitor electrode. Energy Procedia. 2015(79), 651-656.

[5] Michael Vollmer [Internet]. 2014; Accessed 2020 July 16. Available from: http://www.iop.org/journals/physed/

[6] Sirinuch Chindaruksa, Nuchjira Dejang, Onpailin Somprasit. A preparation of activated carbon from macadamia shell by microwave irradiation activation. Energy Procedia. 2015(79), 727-732.

[7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [อินเตอร์เน็ต]. 2547; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2560. ได้จาก: research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS900-2547.pdf

การเพิ่มรายได้ของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ จังหวัดพิษณุโลก ด้วยการบริการวิชาการ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Increasing income of the giant sour tamarind farmers group Phitsanulok province through the academic service of solar dryers

สรวิศ สอนสารี[1]* เอกภูมิ บุญธรรม[1] เอกกฤษ แก้วเจริญ[1] วีรวุธ เลพล[1]
มนตรี วงศ์ศิริวิทยา[1] กฤษฎา อ้นอ้าย[1] และกฤษณะ กลิ่นดี[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

EA พลังงานเพื่อการเกษตร (Energy for Agricultural) | 001

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มรายได้ของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ผ่านกระบวนการบริการวิชาการ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก (พิกัด ลองจิจูด : 16º50’32” N ละติจูด : 100º41’12” E) โดยการศึกษาแบ่งวัตถุประสงค์ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ (1) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่ม ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงความสามารถในการ อบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น อุณหภูมิที่เครื่องสามารถทำได้ (อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และ อุณหภูมิเฉลี่ย) นอกจากนี้ยังจะทำให้ทราบถึงระยะเวลาที่จะต้องใช้ในการอบแห้งเพื่อให้น้ำหนักสุดท้าย (น้ำหนักพร้อม จำหน่าย) ที่จะต้องเหลือเพียงประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเริ่มต้น ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างจะสามารถทำอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งได้สูงสุด และต่ำสุด ประมาณ 73.6 °C และ 46.3 °C ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เครื่องทำได้จะอยู่ที่ประมาณ 59.3 °C และในส่วนของระยะเวลา อบแห้งเพื่อให้น้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่ายเหลือร้อยละ 50 ของน้ำหนักเริ่มต้น จะอยู่ที่ประมาณ 5 ชั่วโมง (ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งแบบปกติที่ใช้วิธีการตากแห้งบนลานกว้าง) ส่วนที่ (2) เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ของรายได้ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์จากการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 2 เครื่อง ที่ได้มอบให้กับกลุ่มเกษตรกรผ่านกระบวนการบริการวิชาการนั้น จะสามารถอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มได้จำนวน 1,800 kg (น้ำหนักเปียก) หรือ 900 kg (น้ำหนักแห้ง) ต่อรอบการผลิต ใน 1 ปี และเมื่อนำมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มอบแห้งจำหน่ายจะทำให้กลุ่มเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 225,000 บาท ต่อ ปี นอกจากนี้หากในอนาคตทางกลุ่มเกษตรกรได้มีการปรับปรุงในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ก็จะช่วยเพิ่มโอกาสในการเพิ่ม รายได้ได้

คำสำคัญ: แช่อิ่ม มะขามเปรี้ยวยักษ์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่รายได้ของประชากรส่วนใหญ่มาจากการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรแต่อย่างไรก็ตามในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวในบางครั้งเกษตรกรได้มีการเพาะปลูกพืชประเภทเดียวกันทั้งนี้อาจจะเกิดจากความเข้าใจผิดพลาดหรืออาจจะเกิดจากความต้องการรายได้ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังนั้นจึงมีนักวิชาการจำนวนมากที่ได้ คิดค้นกรรมวิธี และ/หรือ กระบวนการใหม่ๆ มาช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ซึ่งหมายรวมถึงการถนอมอาหารและการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นหากจะกล่าวถึงการถนอมอาหารด้วยการอบแห้งด้วยเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ประเทศไทยได้นำเอาเทคโนโลยีการอบแห้งมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ อย่างมากมาย ไม่ว่า จะเป็นในส่วนของอุตสาหกรรมครัวเรือน และในส่วนของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากประเทศไทยเป็น ประเทศที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงประมาณ 17.6 MJ/m2-day [1] หรืออาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยมี ปริมาณหรือพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่เฉลี่ยตลอดทั้งปีค่อนข้างสูงนั่นเอง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ศึกษาถึง การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และรวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ มณี ภาชนะทอง และคณะ [2] ได้ดำเนินการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของมะขามหวานโดยใช้ศักยภาพของพลังงาน ความร้อนในระดับครัวเรือน พบว่า มะขามหวานจะมีรสทางประสาทสัมผัสดีที่สุด และแห้งที่สุดเมื่ออบแห้งโดยการให้ ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 50 นาที และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 240 นาที อรุณี ชัยสวัสดิ์ [3] ออกแบบ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้งานในชุมชน ผลการศึกษา พบว่าเครื่องอบแห้งที่ได้ดำเนินการออกแบบ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ประมาณ 15 kg และยังพบอีกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะจะ นำมาใช้ในชุมชนนั้นขนาดของเครื่องอบแห้งควรจะมีขนาดใหญ่ สิธธ สุภาคาร และคณะ [4] พัฒนาเครื่องอบแห้งเนื้อปลานิลโดยการใช้อากาศไหลเวียนกลับเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยในการศึกษาตัวแปรที่สำคัญที่ถูกนำมาวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษา พบว่า การใช้อากาศไหลเวียนกลับสามารถเพิ่มอัตราการอบแห้งและลดค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้ และเมื่อ อากาศไหลเวียนกลับมีสัดส่วนของอากาศประมาณ 80% จะส่งผลให้มีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด และมีค่าความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะต่ำที่สุด ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 49.60% นอกจากนี้ สิธธ สุภาคาร และคณะ [5] ยังได้ศึกษา การนำวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสเตนเลสมาใช้งานร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบที่มีการใช้อากาศไหลเวียนกลับเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งตาข่ายสเตนเลสจะช่วยให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง และสามารถลด ความสิ้นเปลืองของพลังงานจำเพาะลงได้ถึง 61.59% อนุรักษ์ ครองทรัพย์ และคณะ [6] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่อง อบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า การลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น สัมพัทธ์ในอากาศของแต่ละวัน ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจะทำให้การอบแห้งใช้ระยะเวลานานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพชั่วขณะ และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งจะขึ้นอยู่กับค่ารังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละวันโดยเมื่อค่ารังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงจะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพดีขึ้นนั่นเอง

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาอบ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้นเป็นไปอย่างแพร่หลาย ประกอบกับการคิดค้นเพื่อค้นหาเทคโนโลยีใหม่ที่จะช่วยให้ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้น ที่จะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั่นเอง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจไปที่กลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ ณ ตำบล วังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก (พิกัด ลองจิจูด : 16º50’32” N ละติจูด : 100º41’12” E) ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกร ที่รวมกลุ่มกันเพื่อแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรจากมะขามเปรี้ยวยักษ์ ไม่ว่าจะเป็น มะขามเปียก มะขามแช่อิ่ม มะขามแช่อิ่มอบแห้ง ปุ๋ยมะขามจากผลผลิตเหลือทิ้ง ถ่านอัดแท่งจากเปลือกและเมล็ดของมะขาม และพันธุ์มะขามเปรี้ยวยักษ์ เป็นต้น ในการศึกษาจะเป็นการศึกษาการเพิ่มรายได้ของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ผ่านกระบวนการบริการวิชาการ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ซึ่งเป็นโครงการบริการวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยใช้แนวทางตามพระราชดำริตามแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ที่ได้ดำเนินการออกแบบและติดตั้งเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ กลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อ ถ่ายทอดองค์ความรู้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และ (2) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของรายได้ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์หลังจากใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการวิจัย

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้าง แสดงดังภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งมีขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 1.00 m × 2.30 m × 1.20 m ด้านบนปิดด้วยกระจกหนา 5 mm จำนวน 2 ชั้น ด้านใน ประกอบไปด้วยถาดสเตนเลสสำหรับใส่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง โดยถาดสเตนเลสจะมีจำนวน 2 ชั้น (ชั้นบน และ ชั้นล่าง) เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาอบแห้ง โดยตัวเครื่องอบแห้งฯ ยังได้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศท ทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 30 W เพื่อช่วยดึงเอาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้าง

การดำเนินการทดสอบ

การทดสอบอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ดำเนินการบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังนี้ (1) อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม ด้วยสายเทอร์โมคัปเปิล Type K, (2) ปริมาณรังสีอาทิตย์ ด้วยเซลล์อ้างอิง (Reference cell) และเครื่องวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ (Solar power meter) ยี่ห้อ CEM รุ่น LA-1017 และ (3) น้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล จากนั้นดำเนินการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล อัตโนมัติ ยี่ห้อ HIOKI รุ่น LR8431-20 ทุกๆ 1 นาที นอกจากนี้ในการทดสอบได้ดำเนินการวัดน้ำหนักของมะขามเปรี้ยว ยักษ์แช่อิ่มอบแห้งทุกๆ 15 นาที เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อได้น้ำหนักสุดท้ายที่ต้องการ โดยอุปกรณ์และ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดสอบแสดงดังภาพที่ 2

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยผ่านกระบวนการบริการวิชาการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ กลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ นั้น สามารถแสดงผลการวิจัยได้ดังนี้

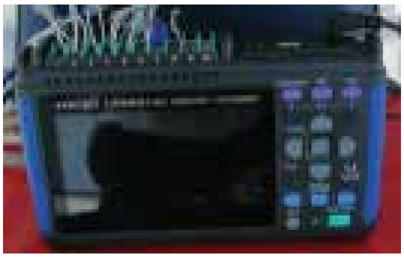
(1) ความสามารถในการอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถทำได้ ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3 ประกอบไปด้วย

อุณหภูมิอบแห้ง (°C) อุณหภูมิแวดล้อม (°C) และปริมาณรังสีอาทิตย์ (W/m^2) ของวันที่ 8 พฤศจิกายน 2562 ในช่วงเวลา 9.30 น. ถึง 15.30 น. ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้น และจะลดลง เมื่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่ได้ลดลงมากนักเนื่องจากตัวเครื่องได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนไว้ โดยเครื่องอบแห้งสามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด และต่ำสุด เท่ากับ 73.6 °C และ 46.3 °C ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เครื่องทำได้จะอยู่ที่ประมาณ 59.33 °C

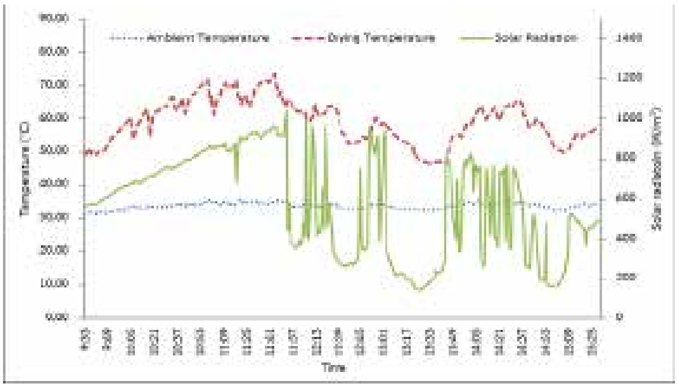
(ก) สายเทอร์โมคัปเปิล Type K

(ข) เซลล์อ้างอิง (Reference cell)



(ค) เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ HIOKI รุ่น LR8431-20

ภาพที่ 2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 2 อุณหภูมิภายในตู้, อุณหภูมิแวดล้อม และปริมาณรังสีอาทิตย์ ของวันที่ 8 พฤศจิกายน 2562

ในส่วนของระยะเวลาการอบแห้ง ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1 ผลการศึกษาแสดงน้ำหนัก (g) ของผลิตภัณฑ์ (มะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่ม) ที่ถูกตรวจวัดทุกๆ 15 นาที ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่ผ่านไป เนื่องจากปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ถูกพาออกไปด้วยพัดลมดูดอากาศ โดยเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและสร้างจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มตั้งแต่น้ำหนักเริ่มต้น จนถึงน้ำหนักสุดท้าย (น้ำหนักหายไปประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเริ่มต้น) ประมาณ 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 น้ำหนักมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มอบแห้ง (g) ที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (ทุกๆ 15 นาที)

เวลา	น้ำหนักมะขาม		เวลา	น้ำหนักมะขาม	
	ถาดบน	ถาดล่าง		ถาดบน	ถาดล่าง
0	236.406	150.751	150	146.124	109.714
15	235.001	148.273	165	138.155	107.681
30	223.812	147.001	180	137.963	105.396
45	212.697	148.844	195	131.692	101.854
60	208.867	137.711	210	125.379	97.908
75	189.55	132.184	225	120.971	94.973
90	175.633	126.112	240	117.704	92.884
105	167.306	121.613	255	113.438	90.097
120	153.113	116.881	270	109.463	87.317
135	151.88	113.194	285	105.968	84.827

(2) การวิเคราะห์รายได้ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มเกษตรกร

ผลการสำรวจที่ได้จากการสอบถามเกษตรกร พบว่า ผลผลิตมะขามเปรี้ยวยักษ์จำนวน 3,000 kg ที่ผลิตได้ต่อการเพาะปลูกจำนวน 1 ไร่ จะถูกนำมาแปรรูปเป็นมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มจำนวน 500 kg และในจำนวนนี้จะถูกนำมาแปรรูป เป็นมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มตากแห้ง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเอามะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มมาตากแห้งเนื่องจากราคาขาย จะสูงกว่ามะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มอยู่ถึง 2-3 เท่า นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจยังทำให้ทราบอีกว่าน้ำหนักสุดท้าย ของมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มตากแห้งเมื่อเทียบกับมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มจะหายไปประมาณร้อยละ 50 และมะขาม เปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มเมื่ออบแห้งแล้วจะมีราคาขายอยู่ที่ประมาณ 250 บาท/kg สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างนั้น จะมีกำลังการผลิตหรือ ความสามารถในการอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่ม (น้ำหนักเปียก) ได้ประมาณ 30 kg ต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง (1 วัน) ดังนั้น ใน 1 ปี ที่จะมีการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่ม จำนวน 30 วัน จะ สามารถอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มได้จำนวน 900 kg (น้ำหนักเปียก) ต่อ เครื่องอบแห้ง 1 เครื่อง แต่เนื่องจากกลุ่ม เกษตรกร มีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 2 เครื่อง จึงสามารถอบแห้งมะขามเปรี้ยวยักษ์แช่อิ่มได้จำนวน 1,800 kg (น้ำหนักเปียก) หรือคิดเป็น 900 kg น้ำหนักแห้ง ดังนั้น เมื่อคิดเป็นรายได้ที่จะได้รับเมื่อนำเอามะขามเปรี้ยวยักษ์ แช่อิ่มอบแห้งจำหน่ายจะได้ประมาณ 225,000 บาทต่อปี แต่อย่างไรก็ตามรายได้ที่จะได้นั้นขึ้นอยู่กับการวางแผนของกลุ่ม เกษตรกรว่าจะมีการวางแผนอย่างไร ประกอบกับหากในอนาคตทางกลุ่มเกษตรกรได้มีการปรับปรุงในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ และรวมถึงช่องทางจำหน่าย ก็จะช่วยเพิ่มโอกาสในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้กับกลุ่มได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์ด้วยการบริการวิชาการเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้โครงการยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ประจำป งบประมาณ พ.ศ. 2561 และ พ.ศ. 2562 โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ข้อ คือ (1) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เครื่องอบแห้งสามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด และต่ำสุด เท่ากับ 73.6 °C และ 46.3 °C ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความร้อนภายในเครื่องจะอยู่ที่ประมาณ 59.3 °C และระยะเวลาการอบแห้ง เพื่อให้น้ำหนักสุดท้ายลดลงเหลือร้อยละ 50 จากน้ำหนักเริ่มต้น จะอยู่ที่ประมาณ 5 ชั่วโมง (2) เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ของรายได้ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มเกษตรกรมะขามเปรี้ยวยักษ์หลังจากการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ และช่วยให้เกษตรหรือสมาชิกในกลุ่ม เกษตรกรมีรายได้จากการขายมะขามเปรี้ยวยักษ์อบแห้งเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ภายใต้โครงการยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ 2561 และ 2562 และขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก สำหรับสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2560). ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ สืบค้นเมื่อ 15 กันยาย 2563, จาก https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47941&filename=index.

[2] มณี ภาชนะทอง, วไลภรณ์ สุทธา และ วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. การใช้ความร้อนระดับครัวเรือนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของมะขามหวาน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2561, หน้า 102 – 112. [3] อรุณี ชัยสวัสดิ์, ประวิทย์ เทพนุ้ย, สมหวัง สองห้อง และ ศรัทธา วัฒนธรรม. (2561). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตยระดับชุมชน ตอนที่ 2. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2561, หน้า 30 – 35.

[4] สิริธร สุภาคาร, สังวาล บุญจันทร์, จัตุพล ป้องกัน, สุระเดช สินจะโป๊ะ, บัณฑิต กฤตาคม และ รตินันท์ เหลือมพล. (2561). การพัฒนาเครื่องอบแห้งเนื้อปลานิลโดยการใช้อากาศไฟลเวียนกลับเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, 3 – 6 กรกฎาคม 2561 จังหวัดมุกดาหาร, หน้า 773-779.

[5] สิริธร สุภาคาร, ธีรพล อุปชาบาล, ธนากร ยะสูงเนิน, รัชดาทิพย์ สุขสว่าง, วริศรา คอนเกตุ และ รตินันท์ เหลือมพล.(2561). การพัฒนาเครื่องอบแห้งเนื้อปลานิลโดยการใช้อากาศไหลเวียนกลับร่วมกับวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสเตนเลสเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, 3 – 6 กรกฎาคม 2561 จังหวัดมุกดาหาร, หน้า 834 – 838

[6] อนุรักษ์ ครองทรัพย์, กิ่งผล โคตรเขื่อน, ทุลิกา ทิพมาศ และ วารินทร์ เหล่าแซง. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์. วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 9 มกราคม – เมษายน 2559, หน้า 104 – 115.

การศึกษาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในการผลิตตะเกียบและการบริโภคทุเรียน

Study Compressed Charcoal from The Waste Material from Production of Chopstick and Durian Consumption

ธนาวัฒน์ อุ่นเรือน[1] วิชาญ วิมานจันทร์[1]
สุเมธ สถิตบุญอนันต์[1] นุภาพ แย้มไตรพัฒน์[2] จงจิตร์ หิรัญลาภ[3] และปรีดา จันทวงษ์[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10800
[3]บริษัท ซันซีร์ จำกัด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพในการผลิตและการศึกษาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตตะเกียบและการบริโภคทุเรียนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ในรูปแบบถ่านอัดแท่ง โดยการนำแป้งมันสำปะหลังและน้ำเป็นตัวประสาน การดำเนินการวิจัยนี้ได้กำหนดวัสดุเป็น 2 ชนิดหลักๆ คือ เศษจากการผลิตเหลาตะเกียบ(ไม้ไผ่) และเปลือกทุเรียนจากการบริโภค แล้วนำเศษเหลือใช้ทั้ง 2 วัสดุไปเผาเป็นถ่านที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส และ320 องศาเซลเซียส แล้วนำมาอัดแท่งด้วยวิธีอัดขึ้นรูป จากนั้นนำแท่งถ่านไปอบลดความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) มาทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM หาค่าปริมาณความชื้นค่าปริมาณเถ้าค่าพลังงานความร้อนความหนาแน่นการรับแรงกดอัดและปริมาณการสิ้นเปลืองตามลำดับ ผลจากการวิจัยพบว่าวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้คือส่วนผสมจากผงถ่านไม้ไผ่ ในอุณหภูมิการเผาที่ 330 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 1.618 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เวลาในการเผาไหม้ 00:14:00 ชั่วโมง การลดความชื้นของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 3.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 13.92 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานความร้อน 6,878.38 แคลอรีต่อกรัม ค่าความหนาแน่น 894.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความแข็ง 969.460 นิวตัน แสดงให้เห็นว่าผงถ่านไม้ไผ่เมื่อติดไฟแล้วจะดับได้ยากจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้าทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งน้อยสุดใช้งานได้นาน ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คือสามารถนำเศษของเสียที่เหลือใช้ที่ก่อให้เกิดปริมาณขยะและการเผาทำลายสามารถนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานทดแทน

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ตัวประสาน ไม้ไผ่ ทุเรียน ค่าพลังงานความร้อน

Abstract

The objective of this research is to study the efficiency of briquette fuel composed production from residue in chopstick production and durian consumption. To study the feasibility of utilization in briquette by using tapioca flour and water as a binder. This research identifies the materials into 2 types as residue from chopstick production (bamboo) and durian peels from consumption then the 2 materials were burned to charcoal at temperatures of 220 °C and 320 °C. then compressed with compression method. In order

to study the fuel properties according to ASTM for moisture content, ash content, heat energy, density, compression, and consumption respectively. The briquette is dried to reduce a humidity less than 8 % according following the Community Product Standard (TCPS. 238/2547).

The results show that residue from chopstick (bamboo) is the most suitable material to produce briquette fuel composed. The calcination temperature of 330 °C fuel consumption rate is 1.618 kg per hour. Combustion period is 14 minutes. Moisture content reducing is 3.79%. Ash content is 13.92%. Heat energy is 6,878.38 Cal/g. Density is 894.28 Kg/m3. Hardness is 969.460 N. The bamboo charcoal was ignited until it turned to ashes resulting it the longest fuel consumption. The benefit from this study is the recycling of waste in term of fuel and alternative energy.

Keywords: compressed charcoal fuel, binder, Durian, bamboo, thermal energy efficiency.

บทนำ

จากปัญหาด้านพลังงานในปัจจุบันเป็นปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับชีวิตการเป็นอยู่ของคนไทยไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านราคาพลังงานที่ใช้ในครัวเรือนแก๊สหุงต้มหรือน้ำมัน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้พลังงานต่าง ๆ จะมีราคาสูงขึ้นความต้องการในการใช้พลังงานของประชากร ก็ยังคงสูงเช่นกัน จึงจำเป็นต้องมีการค้นหาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรส่วนใหญ่

ตะเกียบ จากการศึกษาสำรวจข้อมูลการผลิตตะเกียบจะมีเศษวัสดุเหลือจากการผลิตตะเกียบเช่น เศษตัดข้อของไผ่เศษจากการเหลาตะเกียบซึ่งมีประมาณมากจากการผลิตโดยปกติแล้วทางกลุ่มชาวบ้านจะทำการรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นกองรวมไว้แล้วทำการเผาทำลายทิ้งซึ่งจากการจัดเก็บเศษวัสดุและการเผาทำลายทำให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ เช่นกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีพิษ การเผาทำลายทำให้เกิดหมอกควันเขม่าฝุ่นละอองPM2.5ส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาในที่โล่งแจ้งส่งผลเสียต่อสุขภาพร่างกาย และจุดเริ่มต้นของการเกิดโรคต่างๆเป็นการทำลายชั้นบรรยากาศดังภาพที่ 2

ภาพที่ 1 เศษจากการเหลาตะเกียบ และข้อของไผ่

ภาพที่ 2 การเผาทำลายเศษวัสดุจากการผลิตตะเกียบ

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่นิยมกันมากจากการสำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงฤดูการจะมีการบริโภคทุเรียนประมาณ 8-9 ตันต่อวัน (น้ำหนักทุเรียนทั้งลูกรวมน้ำหนักทั้งเปลือกและเนื้อทุเรียน) และปัญหาที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้คือขยะจากเปลือกทุเรียน ที่ทิ้งส่วนมากมาจากตลาดสดประมาณ 4-5 ตันต่อวันคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์จากปัญหาส่วนใหญ่ของขยะโดยปกติกลุ่มแม่ค้าจะนำไปทิ้งรวมกับขยะทั่วไปแล้วบางทีเวลาฝนตกขยะเปลือกทุเรียนจะลอยเข้าไปในแหล่งแม่น้ำอีกด้วยซึ่งเกิดปัญหาด้านกลิ่นเหม็นเน่าเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีพิษ และทำลายสภาพแวดล้อมอีกด้วยดังภาพที่ 4

ภาพที่ 3 สัดส่วนระหว่างเปลือก เนื้อและเมล็ดของผลทุเรียน

ภาพที่ 4 ภูเขากองขยะเปลือกทุเรียน และขยะไหลสู่แหล่งแม่น้ำ

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นและผลกระทบจากปัญหาต่างๆ จึงได้มีแนวความคิดที่จะนำเศษวัสดุเหลือใช้นำมาให้เป็นประโยชน์แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบพลังงานทดแทนโดยนำเศษไม้ไผ่และเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงจากถ่านไม้เบญจพรรณ และแก๊สหุงต้ม

วิธีการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพค่าของพลังงานในเชื้อเพลิงอัดแท่งในสำหรับการนำเศษวัสดุเหลือใช้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1) นำเศษไม้ไผ่และเปลือกทุเรียนตากแดดให้แห้งจนสังเกตได้ว่าไม่มีความเปียกชื้นแล้วทำการเผาแบบปิดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส และ 320 องศาเซลเซียสเพื่อให้เป็นถ่านจะได้ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 ลักษณะถ่านไม้ไผ่ และถ่านเปลือกทุเรียน

2) ทำการบดด้วยเครื่องตีถ่าน และทำการร่อนด้วยตะแกรงร่อนเบอร์ 40 ตามมาตรฐาน ASTM C136 ดังภาพที่ 6 และ ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 6 เครื่องตีถ่าน

ภาพที่ 7 ลักษณะผงถ่านไม้ไผ่ และ ผงถ่านเปลือกทุเรียน

2.1) เครื่องตีถ่าน

เครื่องตีถ่านหรือเครื่องบดถ่านสำหรับที่ทำการเผาไหม้แล้วใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงชนิด 3 สายสามารถบดถ่านได้ปริมาณ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากบริษัทอุสาพัฒนา ประเทศไทย ดังภาพที่ 6

3)ทำการผสมกันด้วยแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตตราส่วนที่กำหนด (9Kg: 1Kg: 3L) แล้วทำการผสมกันตามอัตตราส่วนที่กำหนดดังตารางที่ 1

สูตรที่	อุณหภูมิที่ใช้เผาถ่าน (องศาเซลเซียส)	ส่วนผสมของวัตถุดิบ (กิโลกรัม)		ตัวประสาน (กิโลกรัม/ลิตร)	
		ถ่านไม้ไผ่	ถ่านเปลือกทุเรียน	แป้งมัน	น้ำ
1	220 °C	9	0	1	3
2		0	9	1	3
3		4.5	4.5	1	3
4	320 °C	9	0	1	3
5		0	9	1	3
6		4.5	4.5	1	3

ตารางที่ 1 สูตรในการหาอัตราส่วนผสมในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

จากการคำนวณอัตราส่วน100เปอร์เซ็นต์โดยการแบ่งสัดส่วนทั้งสองให้ได้100เปอร์เซ็นต์ผงถ่านไม้ไผ่ 90 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 1 เปอร์เซ็นต์ ดังตัวอย่างสูตรที่ 4

$$\frac{9x100}{100} = 9 \text{ กิโลกรัม}$$

(รวมแป้งมัน 1 กิโลกรัม = 10 กิโลกรัมต่อการผสม)

4) นำผงถ่านที่ผ่านการผสมแล้วมาทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งแบบเกลียวถ่านอัดแท่งที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง50มิลลิเมตรโดยการบรรจุเศษวัสดุที่ต้องการอัดเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ภายในกระบอกอัดมีเกลียวสกรูอัดชนิดเกลียวตัวหนอนซึ่งหมุนด้วยความเร็วประมาณ 270 รอบต่อนาที การขับเคลื่อนสกรูใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 3 แรงม้า ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที ทดรอบด้วยสายพานมู่เล่และสามารถทำการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งได้ไม่ต่ำกว่า25เมตรต่อชั่วโมงเครื่องจากประเทศไทย
ดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้

5) การลดค่าความชื้นของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์โดยอบในเตาไฟฟ้าแบบขดลวดความต้านทาน ตามมาตรฐาน (มผช.238/2547) ดังภาพที่ 9

6) นำเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากผงถ่านแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพด้วยเครื่อง oxygen bomb calorimeter ซึ่งจะหาค่าพลังงานความร้อน และปริมาณเถ้า ดังภาพที่ 10

7) การทดสอบหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

7.1) การทดสอบหาค่าปริมาณเถ้า ดังภาพที่ 11

7.2) การทดสอบหาค่าความแข็ง และ หาค่าความเค้นแรงกดอัด ดังภาพที่ 12

ภาพที่ 9 การอบเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งโดยอบในเตาไฟฟ้าแบบขดลวดความต้านทาน

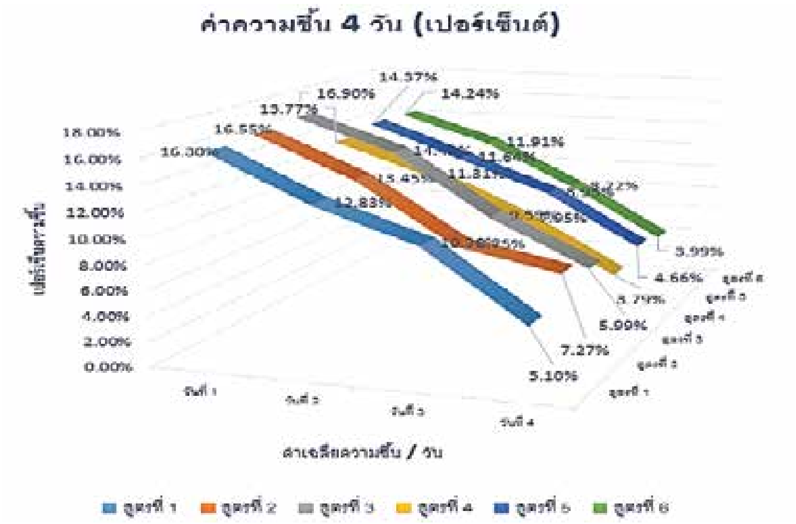
ภาพที่ 10 การทดสอบหาค่าพลังงานความร้อน เครื่อง Oxygen Bomb Calorimeterยี่ห้อ PARR รุ่น 1341 Plain Jacket Bomb Calorimeter

ภาพที่ 11 การทดสอบหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
ถ่านอัดแท่งและปริมาณเถ้า

ภาพที่ 12 การทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบแรงกด (ยี่ห้อ HOUNSFIELD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

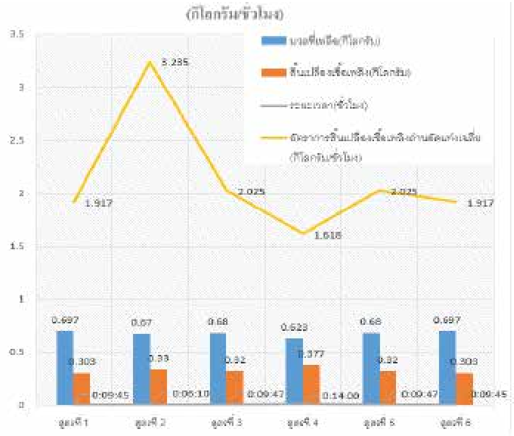
1) ผลการทดลองและการอภิปรายผลการลดค่าความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งค่าความชื้นเริ่มต้น 100 เปอร์เซ็นต์ บันทึกผลการทดลองหลังการอบทุก 24 ชั่วโมง โดยการอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสระยะเวลา 4 วัน



*หมายเหตุ: ในการทดลองอบเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งทั้งหมด 3 สูตร จำนวนสูตรละ 5 แท่ง และได้แสดงผลค่าเฉลี่ย
ภาพที่ 13 ผลการทดลองการลดค่าความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

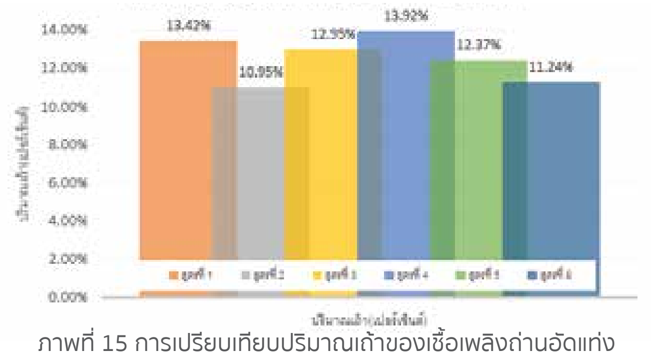
2) ผลการทดลองและการอภิปรายผลการหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งมวลที่ใช้ในการทดลอง 1 กิโลกรัมโดยการต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

สูตรที่	อุณหภูมิในการเผาถ่าน (°C)	มวลที่เหลือ (กิโลกรัม)	สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งเฉลี่ย (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	220 °C	0.697	0.303	00:09:45	1.917
2		0.670	0.330	00:06:10	3.235
3		0.680	0.320	00:09:47	2.025
4	320 °C	0.623	0.377	00:14:00	1.618
5		0.680	0.320	00:09:47	2.025
6		0.697	0.303	00:09:45	1.917



ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

3) ผลการทดลองและการอภิปรายผลการหาปริมาณเถ้า



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

4) ผลการทดลองและการอภิปรายผลการหาค่าพลังงานความร้อน

ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง

5) ตารางผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากผงถ่านไม้ไผ่ และผงถ่านเปลือกทุเรียน กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากผงถ่านไม้ไผ่ และผงถ่านเปลือกทุเรียน กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

(สูตรที่) ชนิดวัสดุอัดแท่ง	ค่าต่าง ๆ จากผลการทดลอง								
	อุณหภูมิในการเผาถ่าน (°C)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)		ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)	พลังงานความร้อน (แคลอรี่/กรัม)	การรับแรงกด (นิวตัน)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
(1) ผงถ่านไม้ไผ่	220 °C	5.10	1.917	00:09:45	13.42	5,624.34	541.430	854.28
(2) ผงถ่านเปลือกทุเรียน		7.27	3.235	00:06:10	10.95	5,446.69	385.560	639.25
(3) ผงถ่านผสม		5.99	2.025	00:09:47	12.95	5,576.46	385.730	753.54
(4) ผงถ่านไม้ไผ่	320 °C	3.79	1.618	00:14:00	13.92	6,878.38	969.460	894.28
(5) ผงถ่านเปลือกทุเรียน		4.66	2.025	00:09:47	12.37	5,630.47	601.400	794.28
(6) ผงถ่านผสม		3.99	1.917	00:09:45	11.24	6,413.98	892.530	817.14
ถ่านไม้เบญจพรรณ (นิภาพรรณ นันตาวงศ์ :2553)		3.692	2.25		3.86	6,748.97	-	-
มาตรฐานถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)		ไม่เกินเกิน 8 เปอร์เซ็นต์	-		-	ไม่น้อยกว่า 6,000	-	-

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าส่วนผสมและวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตตะเกียบและการบริโภคทุเรียนคือ ผงถ่านไม้ไผ่ สูตรที่ 4 ในอุณหภูมิการเผาที่ 330 องศาเซลเซียส มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 1.618 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้ 00:14:00 ชั่วโมง การลดความชื้นของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 3.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามค่าความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ปริมาณเถ้า 13.92 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานความร้อน 6,878.38 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามค่าพลังงานความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ค่าความหนาแน่น 894.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความแข็ง 969.460 นิวตัน แสดงให้เห็นว่าผงถ่านไม้ไผ่เมื่อติดไฟแล้วจะดับได้ยากจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้าทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งน้อยสุดใช้งานได้นานและประหยัด เนื่องจากเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งมีความแข็งมากจึงทำให้ไม่เปราะและไม่แตกหักได้ง่าย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณข้อมูลและบทความต่างๆ จากการศึกษาค้นคว้า และขอขอบพระคุณคณะอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงานโดยได้รับความกรุณาให้คำแนะนำจากรองศาสตราจารย์วิชาญ วิมานจันทร์และรองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้การช่วยเหลือในการดำเนินการทำงานวิจัยให้คำปรึกษาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, [Online], Available: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=130%3A2010-05-07-08-10-57&acted=58&Itemid=68&lang=th, 2552.
[2] รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553) การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้าสำปะหลัง ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
[3] เกศกนก จันทรมาศ, การศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบหาค่าความร้อนจากถ่าน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545-2546.กฤษดา สมสะอาด, การทำเชื้อเพลิงจากขยะที่เหลือทิ้งจากเครื่องบิน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2538.
[4] ประลอง ดำรงค์ไทย, การศึกษาทดลองเปรียบเทียบวิธีการผลิต และคุณภาพของถ่านตามวิธีการเผาแบบท้องถิ่นกับวิธีของกรมป่าไม้, [Online], Available: http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/comparequality.php.
[5] พัชฎาภรณ์ เจริญรอยและนางสาวอรชุมา นุสีวอ, การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ, สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545-2546.
[6] ศิวพงษ์ กาญจนวิภาพร ,ไพโรจน์ ธนานุภาพพันธุ์ และ พงศ์คณิต พงษ์พิทักษ์. (2546). เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าว.
[7] กานต์ วิรุณพันธ์ ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และ ภาคภูมิ ใจชมพู การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลามสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[8] จิรศักดิ์ สังห้อ และนายชัยยศ จันทร์บุตร, การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ พลังงานความร้อน, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2548.
[9] จักรพันธุ์ และคณะ, ได้ทำการศึกษาเรื่องการจัดสร้างเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง, สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2551.

การศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชัน
A Study of Equilibrium Moisture Isotherm Model for Turmeric

หฤทัย บงแก้ว[1] บริสุทธิ์ จันทรวงศ์ไพศาล[2] ปราโมทย์ วาดเขียน[3] และศิรินุช จินดารักษ์[1]*
[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000
[2]สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 12120
[3]ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520

บทคัดย่อ

ในการศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอมที่อุณหภูมิ4050และ60°Cในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วงร้อยละ 10-90 โดยใช้วิธีสถิต (Static method) เพื่อทำการหาค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอม ซึ่งได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความชื้นสมดุล 6 แบบ คือ สมการของ Halsey model สมการของ Oswin model สมการของ Henderson model สมการของ Chung-Pfoot model สมการของ Sehgal model และสมการของ Mujica model (N. Ponwiboon และ T. Rojanakorn, 2017) มาเปรียบเทียบกับผลของความชื้นสมดุลจากการทดลอง ผลการทดลองหาความชื้นสมดุลด้วยวิธีสถิต พบว่า ความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเดียวกัน อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมจะลดลง และพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกัน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงขึ้น ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมจะเพิ่มด้วยเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลอง พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Chung&Pfost (1967) เป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบายค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันได้ดีที่สุด โดยมีค่า Coefficient of determination (R^2) มากที่สุด มีค่า Standard error of estimation (SEE) และมีค่า Root mean square error (RMSE) ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คือ 0.9920 0.024 และ -0.999 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน ความชื้นสมดุลไอโซเทอม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล

Abstract

The equilibrium moisture isotherm of turmeric at 40, 50 and 60°C in a range of relative humidity from 10 - 90% were observed by static method. There are 6 mathematical models equilibrium moisture content including Halsey model, Oswin model, Henderson model, Chung-Pfoot model, Sehgal model, and Mujica model (N. Ponwiboon and T. Rojanakorn, 2017) were used to compare the results. Whereas, the studies revealed that equilibrium moisture isotherm of turmeric was decreased in the condition of rising temperature at a fixed relative humidity, but conversely, at the fixed temperature, equilibrium moisture isotherm was increased. Among the results, Chung&Pfost (1967) model described the equilibrium moisture isotherm of turmeric the best with the highest Coefficient of determination (R^2) and the lowest Standard error of estimation (SEE) and Root mean square error (RMSE) were 0.9920, 0.024 and -0.999, respectively.

Key words: Turmeric, Equilibrium Moisture Isotherm, mathematical models equilibrium moisture content

บทนำ

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรตระกูลขิง ที่มีชื่อสามัญ Turmeric ชื่อทางวิทยาศาสตร์ Curcuma Longa Linn.ลักษณะของขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุกลำต้นอยู่ใต้ดินลักษณะเป็นเหง้าเนื้อภายในเหง้าจะมีสีเหลืองหรือสีเหลืองเข้ม มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งสรรพคุณทางยาของขมิ้นชันมีหลายชนิด เช่น แก้ท้องอืดเฟ้อ แน่น จุกเสียดลดน้ำหนักปวดประจำเดือนประจำเดือนมาไม่ปกติอาการดีซ่านแก้อาการวิงเวียนแก้หวัดแก้อาการชักลดไข้ขับปัสสาวะเป็นต้น(คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี)ในปัจจุบันขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากมีสรรพคุณทางยาสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น การแปรรูป เป็นยาและสินค้าเศรษฐกิจของไทย เป็นต้น การแปรรูปของขมิ้นชัน คือ ยาแคปซูล อาหารเสริมเพื่อสุขภาพและเครื่องสำอางรวมถึงสารสกัดเป็นต้นโดยสารสกัดขมิ้นชันเป็นสินค้าส่งออกของไทยที่ตลาดโลกมีความต้องการเป็นอย่างมาก(ธนาคารกสิกรไทย,2562)เนื่องจากคนส่วนใหญ่สนใจที่จะรักษาสุขภาพด้วยธรรมชาติ

ขมิ้นชันที่มีลักษณะเป็นเหง้า ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำมากกว่าของแข็ง ทำให้เก็บรักษาขมิ้นชันหลังการเก็บเกี่ยวเกิดการเน่าเสียง่ายวิธีการเก็บรักษาจึงนิยมใช้วิธีการอบแห้งโดยการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เก็บขมิ้นชันได้ในระยะเวลานานขึ้น ในการอบแห้งจะต้องศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอม เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องอบแห้งอบแห้งขมิ้นชัน กล่าวคือ อากาศที่ใช้ในการอบแห้งจะทำให้ความชื้นของขมิ้นชันลดลงเมื่อความชื้นของขมิ้นชันลดลงจนถึงความชื้นค่าหนึ่งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากความชื้นภายในของขมิ้นชันเท่ากันกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของการอบแห้ง เรียกว่าความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมจะขึ้นอยู่กับวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (มารีนา มะหนิ และคณะ, 2558)

วิธีสถิต (Static equilibrium moisture content) มีกระบวนการ คือ นำตัวอย่างของวัสดุที่ต้องการหาความชื้นสมดุลประมาณ 10-50 g ใส่ในกล่องปิดซึ่งภายในกล่องมีสารละลายเกลืออิ่มตัวอยู่ด้านล่างและนำกล่องตัวอย่างไปใส่ในตู้อบไฟฟ้าซึ่งสารละลายเกลือจะช่วยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและตู้อบไฟฟ้าจะช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องตามที่กำหนดจากนั้นนำตัวอย่างออกมาชั่งทุก 1-3 hr จนกว่าน้ำหนักตัวอย่างคงที่ แสดงว่าตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุลกับอากาศแวดล้อมภายในกล่องแล้ว หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปหามวลแห้งเพื่อนำมาคำนวณค่าความชื้นสมดุลที่ทำการทดลอง (เสริม ,2560)

ความสัมพันธ์ของคาวมชื้นสมดุลและความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิคงที่เรียกว่าคาวมชื้นสมดุลไอโซเทอม (Equilibrium Moisture Isotherm) การหาค่าความชื้นสมดุลของขมิ้นชันสามารถหาได้หลายวิธีซึ่งวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ วิธีสถิต (Static method) เนื่องจากให้ค่า Sorption Isotherms ที่สมบูรณ์ (เทวรัตน์ทิพยวิมล,2554)ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองเพื่อหาค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่แตกต่างกันด้วยวิธีสถิต เพื่อวิเคราะห์ถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายผลการทดลองได้ถูกต้อง และแม่นยำที่สุด

มารีนา มะหนิ และคณะ (2558) ศึกษาค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของข่าที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70°C ที่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 0.1-0.9 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 4 ชนิด ในการศึกษา พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Chung and Pfost (1967) สามารถอธิบายผลการทดลองข่าได้ดีที่สุด

เทวรัตน์ ทิพยวิมล และคณะ (2554) ศึกษาหาค่าความชื้นสมดุลและคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของไพล ทำการศึกษาความชื้นสมดุลของไพลที่อุณหภูมิ 35 40 และ 50°C ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 0.06 ถึง 0.85 จากการทดลอง พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ modified GAB สามารถใช้ในการทำนายผลการทดลองความชื้นสมดุลได้ดีที่สุด

วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการหาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาสช่วงร้อยละ 10 ถึง 90 โดยมีวิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การเตรียมขมิ้นชัน เพื่อวิเคราะห์ความชื้นสมดุล สามารถแบ่งการเตรียมออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การหาความชื้นของขมิ้นชันอบแห้งเนื่องจากการวิเคราะห์ความชื้นสมดุลต้องทราบถึงความชื้นของขมิ้นชันอบแห้ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างของไพลอบแห้ง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 g นำไปอบที่อุณหภูมิ 103°C ด้วยตู้อบลมร้อน เพื่อความชื้นเริ่มต้นของงขมิ้นชัน และน้ำหนักแห้ง
2) ชั่งขมิ้นชันอบแห้ง2gเพื่อใส่ในโหลที่เตรียมไว้ปิดฝาแล้วนำขวดโหลใส่ในตู้อบลมร้อนตามเงื่อนไขอุณหภูมิที่กำหนด

2. การหาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชัน กำหนดเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาสช่วงร้อยละ 10 ถึง 90 โดยใช้สารละลายและตู้อบลมร้อนในการควบคุมสภาวะให้คงที่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) วิธีการเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวการหาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันจะใช้สารละลายในการทดลอง คือ LiCl $MgCl_2.6H_2O$ $Mg(NO_3)_2.6H_2O$ NaCl และ KNO_3 จะเตรียมสารลายเกลือแกงอิ่มตัวจากวิธีWater Bathคือวิธีที่ใช้น้ำร้อนในการรักษาอุณหภูมิให้กับสารละลายเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

ตาราง 1 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) เหนือสารละลายอิ่มตัวของเกลือบางอย่างที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	LiCl	$MgCl_2.6H_2O$	$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	NaCl	$(NH4)_2SO_4$	KNO_3	K_2SO_4
10	13.3	34.2	57.8	75.4	81.8	95.5	97.9
32.2	11.9	32.6	51.9	75.6	80.0	90.0	96.5
48.9	11.5	31.6	47.3	74.8	79.1	85.3	95.8
68.3	11.1	30.3	42.2	73.2	78.0	78.0	95.0

ที่มา : สมชาติ, 2537

2) การเก็บข้อมูล โดยจะนำขวดโหลออกจากตู้อบลมร้อน แล้วนำสมุนไพรที่อยู่ภายในขวดโหลออกมาชั่ง แล้วบันทึกน้ำหนัก โดยการการเก็บข้อมูลจะเก็บทุกๆ 2 วัน จนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่
3) การวิเคราะห์ความชื้นสมดุลของขมิ้นชันมีหลักการ คือ ปล่อยให้วัสดุสัมผัสกับอากาศที่สามารถควบคุมตามสภาวะที่กำหนดจนความชื้นของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาการหาความชื้นสมดุลนี้จะใช้วิธีสถิตซึ่งเป็นวิธีการที่ปล่อยให้วัสดุสัมผัสกับอากาศในขณะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยทำการทดลองในภาชนะปิดที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศให้คงที่ นำข้อมูลค่าความชื้นสมดุลที่สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่อุณหภูมิต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล 6 แบบ แสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และรูปแบบสมการ

ชื่อแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	**รูปแบบของสมการ**
Oswin model (1946)	$M_{eq} = (C_1 + C_2 T)\left(\frac{Rh}{1-Rh}\right)^{1/C_2}$
Halsey model (1948)	$Rh = \exp\left[\frac{-C_1 M_{eq}^{C_2}}{R(T+273)}\right]$
Henderson model (1952)	$1 - Rh = \exp\left[-C_1 (T+273) M_{eq}^{C_2}\right]$
Mujica model (2000)	$M_{eq} = \frac{1}{\left[(C_1 T + C_2) - (C_3 T + C_4) Rh\right]}$
Chung-Pfoot model (1967)	$\ln(Rh) = \frac{-C_1 \exp(-C_2 M_{eq})}{R(T+273)}$
Sehgal model (1980)	$Rh = \exp\left[-\frac{C_1}{\sqrt{(T+273)}} \exp(-C_2 M_{eq}\right]$

หมายเหตุ : เมื่อ M_{eq} คือ ความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชัน (%db), Rh คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (เศษส่วน),
T คือ อุณหภูมิ (K), และ R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 8.314 kJ/kg.K และ A,B,C คือ ค่าคงที่ของสมการ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลในตารางที่ 2 จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง โดยจะใช้ nonlinear regression ของโปรแกรม Sigmaplot 10.0 และในการเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะต้องพิจารณาถึง Coefficient of determination (R2), Standard error of estimation (SEE) และค่า root mean square error (RMSE) สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} M_{e(exp)} \times M_{e(pre)}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} M_{e(exp)}^{2}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} M_{e(pre)}^{2}\right)}}\right]^2$$

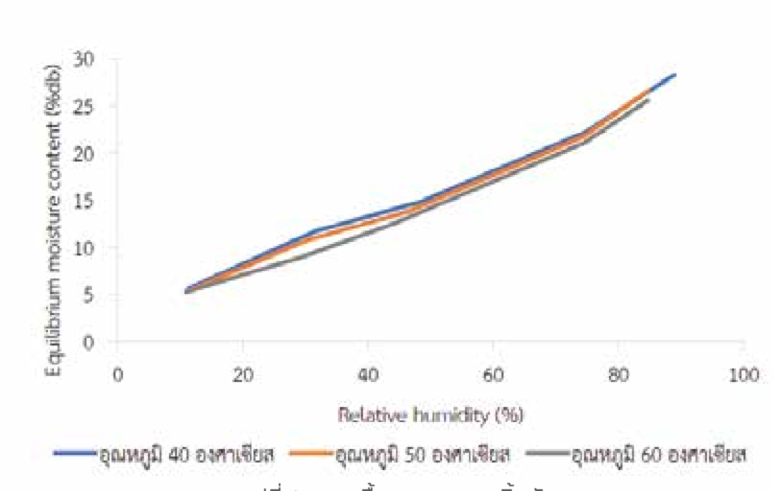
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(M_{e(pre)} - M_{e(exp)}\right)^2}$$

$$SEE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(M_{e(pre)} - M_{e(exp)}\right)^2 / df}$$

เมื่อ $M_{e(exp)}$ คือ ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่ได้จากการทดลอง (%db)
$M_{e(pre)}$ คือ ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่ได้จากแบบจำลอง (%db)
N คือ จำนวนข้อมูล
Df คือ degree of freedom of reression model

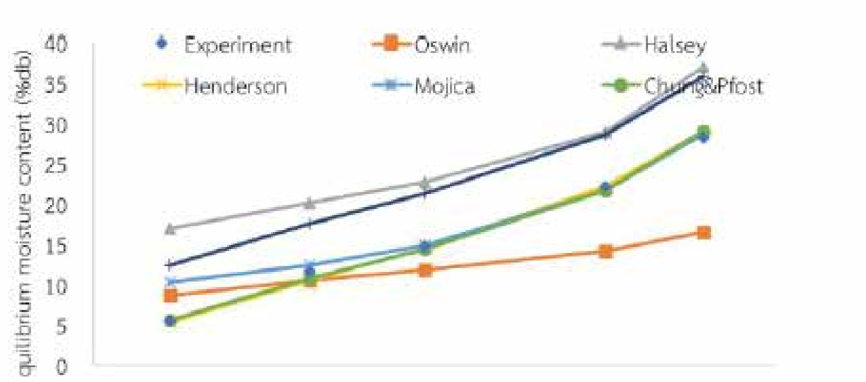
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองศึกษาความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 ถึง 90 จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิเดียวกัน ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมจะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันสูงด้วยและในขณะเดียวกันค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเดียวกันอุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันจะมีค่าลดลงซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำคือถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการลดลงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ (มารีนา มะหนิ และคณะ, 2558) โดยความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันแสดงในรูปที่ 1

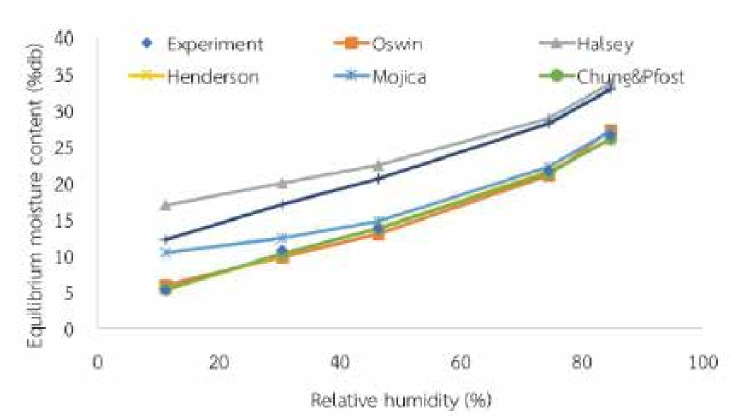


รูปที่ 1 ความชื้นสมดุลของขมิ้นชัน

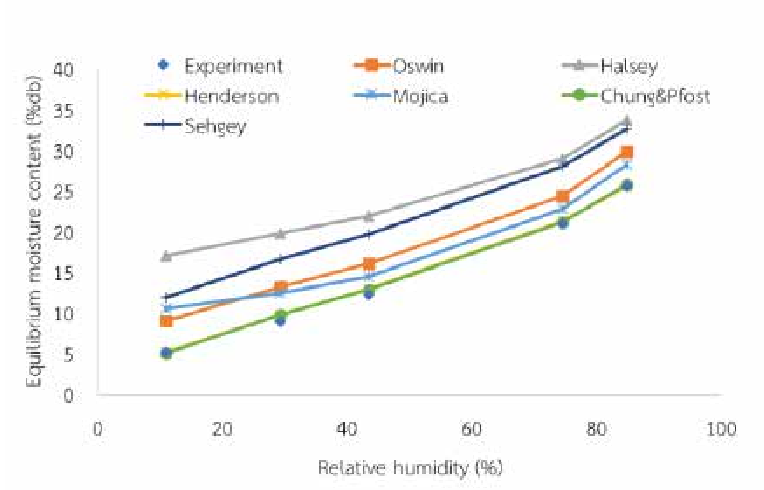
เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล 6 แบบ และข้อมูลของผลการทดลองหาความชื้นสมดุลตามสภาวะอุณหภูมิที่กำหนดแสดงในรูปที่2-4และสามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 อุณหภูมิ แสดงในตารางที่ 3 จากการพิจารณาพบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Chung&Pfost (1967) เป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นสมดุลของขมิ้นชันมากที่สุด โดยมีค่า Coefficient of determination (R^2) มากที่สุด มีค่า Standard error of estimation (SEE) และมีค่า Root mean square error (RMSE) ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างน้อยที่สุด ดังนั้น ในการทำนายค่าความชื้นสมดุลของขมิ้นชันสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Chung&Pfost (1967) ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม แสดงในภาพที่ 5



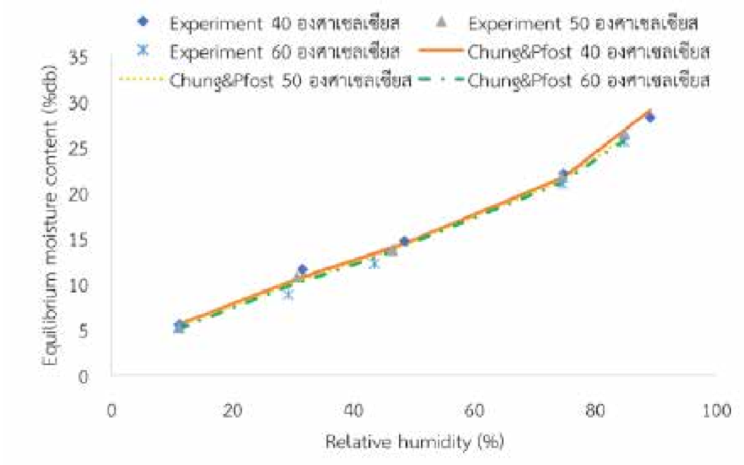
รูปที่ 2 ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 40°C กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 3 ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ
50°C กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4 ค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันที่อุณหภูมิ
60°C กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 5 ค่าความชื้นสมดุลของขมิ้นชันกับแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Chung&Pfost (1967)

ตาราง 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 แบบ และค่าพารามิเตอร์ ของขมิ้นชัน

Parameter	Equation					
	Oswin (1946)	Halsey (1948)	Henderson (1952)	Mojica (2000)	Chung&Pfost (1967)	Sehgey (1980)
C_1	6.191	6.76625	0.04835	-3.47×10^{-5}	12,230.39	698.7711
C_2	0.145	-0.66883	0.61183	0.1036	0.077503	0.077503
C_3	0.1551			1.2×10^{-6}		
C_4				7.39×10^{-4}		
R^2	0.9832	0.9371	0.9847	0.9295	0.9920	0.9791
SEE(%)	0.36	2.845	0.008	0.25	0.024	4.699
RSME(%)	-1.14	1.845	-0.9920	-1.75	-0.999	-0.843

จากรูปที่ 5 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Chung&Pfost (1967) เป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นสมดุลของขมิ้นชันมากที่สุด โดยมีค่า Coefficient of determination (R2) มากที่สุด มีค่า Standard error of estimation (SEE) และมีค่า Root mean square error (RMSE) ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คือ 0.9920 0.024 และ -0.999 ตามลำดับ โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\ln(Rh) = \frac{-C_1 \exp(-C_2 M_{eq})}{R(T+273)}$$

เมื่อแทนค่าคงที่จากตารางที่ 3 จะได้

$$\ln(Rh) = \frac{-12{,}230.39 \exp(-0.077503\, M_{eq})}{8.143(T+273)}$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิที่ต้องการใช้ (°C)

Rh คือ ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์

M_{eq} คือ ความชื้นสมดุล (%db)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาหาค่าความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีผลต่อค่าความชื้นสมดุล โดยค่าความชื้นสมดุลจะสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็จะเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิเดียวกัน และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของChung&Pfost(1967)สามารถให้ค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองความชื้นสมดุลไอโซเทอมของขมิ้นชันมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน และ ดร.บริสุทธิ์ จันทรวงศ์ไพศาล ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ได้สนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Ponwiboon, N. and Rojanakorn, T. (2560). Desorption isotherms and drying characteristics of Nile tilapia fish sheet. International Food Research Journal, 24(3). 1292-1300
[2] สุดารัตน์ หอมหวล. (2553). ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2562, จาก http://www.thaicrudedrug.com
[3] Kasikornbank. (February 2019).K SME Analysis. Search 9 July 2020, Form https://www. Kasikorn bank.com
[4] มารีนา มะหนิ. (2558).ความชื้นสมดุลไอโซเทอมของข่า. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 18 (3) ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 25 ประจำปี 2558. 215-221
[5] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์. นครปฐม: หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
[6] เทวรัตน์ ทิพยวิมล.(2554).ความชื้นสมดุลและคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของไพล. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร .42 (1)(พิเศษ) มกราคม-เมษายน 2554. 139-142
[7] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2537). การอบแหงเมล็ดพืช. กรุงเทพฯ : คณะพลังงานและวัสดุสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

การอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟ
Alpinia galaga (L.) Wliid Drying by Microwave Radiation

ธัญวรัตม์ ประเดชบุญ สลิลทิพย์ ภักดี และศิรินุช จินดารักษ์*
[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

อาหารประเภทต้มยำเป็นอาหารไทยที่นิยมรับประทานกันทุกภูมิภาคในประเทศไทยและยังเป็นที่นิยมสำหรับชาวต่างชาติอีกด้วย ซึ่งวัตถุดิบสดนั้นมีอายุการเก็บค่อยข้างสั้น ดังนั้นการแปรรูปเครื่องต้มยำสดให้อยู่ในรูปแบบของการอบแห้งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานขึ้นซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาการอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟ โดยเป็นหนึ่งในเครื่องต้มยำ มีเงื่อนไขที่ใช้ในการอบแห้งคือการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเตาอบไมโครเวฟคือ 130, 240, 440, 620 และ 800 วัตต์ ที่ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์อบแห้ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยรังสีไมโครเวฟ จากการศึกษาพบว่า การอบแห้งข่าด้วยกำลังไฟฟ้า 620 วัตต์ ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 1 เซนติเมตรเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นเริ่มต้นประมาณ 626 %db จนถึงประมาณ 11 %db และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.78 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$

คำสำคัญ: การอบแห้ง, ไมโครเวฟ, ข่า

บทนำ

ต้มยำเป็นอาหารไทยมีทำจากซุปโดยมีกลิ่นหอมของสมุนไพรความเผ็ดร้อนและความเปรี้ยวถือเป็นรสชาติหลัก จึงกลายเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของประเทศไทย นิยมรับประทานกันทุกภาค อีกทั้งยังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศอีกด้วย [1]

ในต้มยำมีสมุนไพรที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักที่ให้รสชาติ และกลิ่น โดยประกอบไปด้วย ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูดและพริกชี้ฟ้าแดง[2]วัตถุดิบสดนั้นมีอายุการเก็บค่อนข้างสั้นเนื่องจากมีความชื้นในวัตถุดิบสูงดังนั้นการแปรรูปเครื่องต้มยำสดให้อยู่ในรูปแบบแห้งจึงเป็นวิธีนึงที่ช่วยยืดอายุการเก็บวัตถุดิบได้นานยิ่งขึ้นนั่นจึงทำให้การอบแห้งและเครื่องอบแห้งเข้ามามีบทบาทสำคัญในการลดความชื้นของวัตถุดิบ

คลื่นไมโครเวฟจัดเป็นนวัตกรรมการสร้างความร้อนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งสามารถสร้างความร้อนภายในตัวผลผลิตทางการเกษตรได้ดีและไม่มีผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางดังนั้นการประยุกต์คลื่นไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการอบแห้งสำหรับผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรจัดเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ซึ่งสามารถสร้างความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟได้ดี[3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองการอบแห้งข่าโดยเป็นหนึ่งในเครื่องต้มยำด้วยรังสีไมโครเวฟเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเครื่องต้มยำและการวิเคราะห์ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งเครื่องต้มยำเพื่อให้ได้เครื่องต้มยำอบแห้งที่มีลักษณะใกล้เคียงกับของสด และสามารถอนุรักษ์พลังงานมาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาการอบแห้งสมุนไพรด้วยรังสีไมโครเวฟเครื่องต้มยำสมุนไพรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ข่า โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1.โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบโดยเริ่มจากนำวัตถุดิบที่ได้มาล้างทำความสะอาดโดยวัตถุดิบนั้นสามารถหาได้ตามตลาดทั่วไป หลังจากนั้นนำข่ามาหั่นให้มีความหนาประมาณ 3-5 mm เตรียมตะไคร้โดยมีขนาดความยาวของลำต้นประมาณ 15-20 cm โดยหั่นเฉียงให้มีความยาวประมาณ 3-5 mm จากนั้นเตรียมใบมะกรูดโดยเลือกใบที่มีลักษณะเรียบไม่หงิกงอและนำก้านของใบมะกรูดออกนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 30-40 วินาที และการเตรียมพริกชี้ฟ้าแดง โดยหั่นตามแนวเฉียงให้มีความหนาประมาณ 5 mm และความยาวไม่เกิน 4 เซนติเมตร

2. หาความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ [4] โดยการสุ่มตัวอย่างจากวัตถุดิบ

3. ทดลองอบแห้งเครื่องต้มยำด้วยกำลังไฟฟ้า 130, 260, 440, 620, และ 800 W ที่ชั้นความหนาของผลิตภัณฑ์ 1, 2 และ 3 cm โดยใช้วัตถุดิบอย่างละ 40 g ซึ่งอบแห้งโดยใช้เตาไมโครเวฟรุ่น R-2200F-S มีขนาดความจุ 20 ลิตร กำลังไฟฟ้าสูงสุด 800 วัตต์ ความถี่คลื่น ไมโครเวฟ 2,450 MHz

4.ทำการเก็บข้อมูลโดยนำวัตถุดิบออกมาชั่งน้ำหนักจากนั้นวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งและผิวของวัตถุดิบทุก ๆ 2 นาที โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด รุ่น testo 835-T1 Laser type 4-point laser

5. นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเครื่องต้มยำลดและเครื่องต้มยำตามท้องตลาด ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งซึ่งได้แก่ อัตราการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของวัตถุดิบตามสมการดังนี้

5.1 คำนวณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ตามสมการดังนี้

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

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

w คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

5.2 การคำนวณอัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

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

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง, %db/hr

5.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง (Specific energy consumption, SEC) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้งสำหรับในการทดลองทุกเงื่อนไขการทดลองอบแห้งสมุนไพรนี้จะบันทึกปริมาณการใช้พลังงานตลอดกระบวนการทดลองหารด้วยปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ที่ใช้ในการอบแห้งตามสมการ

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

เมื่อ m_i และ m_f คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้งและมวลของวัสดุหลังอบแห้ง ตามลำดับ, kg

E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWhr)

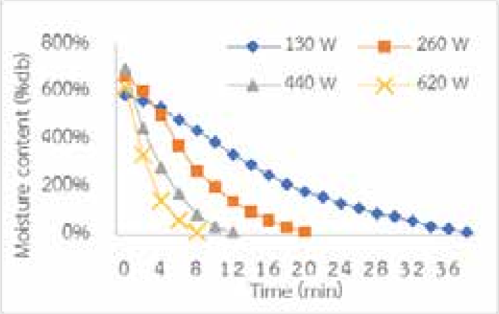
3.6 คือ แฟกเตอร์การแปลงหน่วยจาก kWh เป็น MJ/kg ของการระเหยน้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

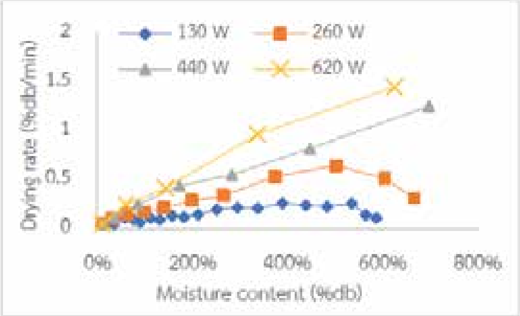
จากการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพได้แก่สีและรูปร่างของข่าที่อบแห้งด้วยรังสีไมโครเวฟข่าสดและข่าอบแห้งตามท้องตลาดแสดงดังตารางที่ 1 โดยใช้ลักษณะทางกายภาพของข่าอบแห้งตามท้องตลาดเป็นเกณฑ์ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบข่าที่อบแห้งด้วยกำลังไฟฟ้า 130, 260, 440, 620, และ 800 W พบว่าที่กำลังไฟฟ้า ต่ำกว่า 440 W มีสีใกล้เคียงกับข่าอบแห้งตามท้องตลาด และรูปร่างบิดงอเล็กน้อยและเมื่อเพิ่มการเปรียบเทียบในเรื่องของความหนาของชั้นอบแห้งพบว่าที่กำลังไฟฟ้า 440 W ความหนาของชั้นอบแห้ง 3 cm สีของข่าที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีลักษณะสีของข่าอบแห้งมีแนวโน้มเช่นเดียวกันเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้ามากกว่า 620 W และความหนาของชั้นอบแห้งมากกว่า 2 cm โดยมีสีน้ำตาลเข้มอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้ลักษณะของสี และรูปร่างของข่าที่อบแห้งด้วยกำลังไฟฟ้าที่ 130 และ 260 ทุกความหนาของชั้นอบแห้ง รวมทั้งบางเงื่อนไขโดยที่กำลังไฟฟ้า 440 W ความหนา 1 และ 2 cm และ 620 W ที่ความหนาของชั้นอบแห้ง 1 cm

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของข่าที่กำลังไฟฟ้าและความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

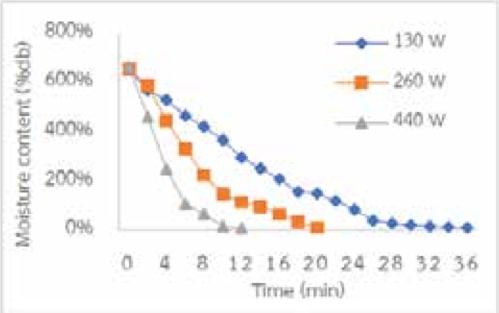
ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งได้แก่อัตราการอบแห้งอุณหภูมิและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) โดยนำผลจากการวิเคราะห์ สี และรูปร่างของข่าอบแห้งที่ผ่านเกณฑ์เบื่องต้นมาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 650 %db และความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยประมาณ 9 %db (อ้างอิงความชื้นสุดท้ายจากค่าความชื้นของข่าอบแห้งตามท้องตลาด) เริ่มจากพิจารณา การเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลา อัตราการอบแห้งของข่าที่ความหนาของชั้นอบแห้งต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 1-6 พบว่าความชื้นจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นที่การอบแห้งข่าในทุกความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์การอบแห้ง โดยที่กำลังไฟฟ้า 130 W ใช้ระยะเวลาอบแห้งมากที่สุด และเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าในการอบแห้งระยะเวลาในการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดนั่นส่งผลให้อัตราการอบแห้งในชั้นความหนาของการอบแห้ง 1, 2 และ 3 cm ที่กำลังไฟฟ้า 620, 440 และ 260 W มีค่ามากที่สุดตามลำดับ



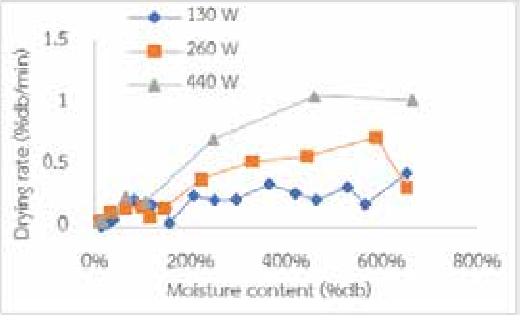
ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข่าความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 1 cm



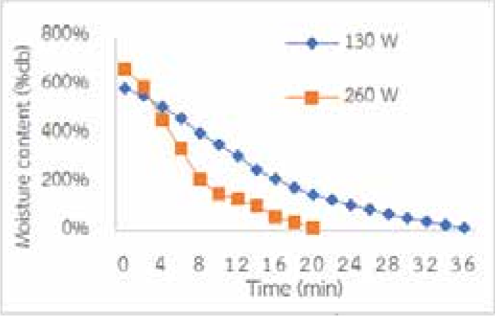
ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับความชื้นในการอบแห้งข่าความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 1 cm



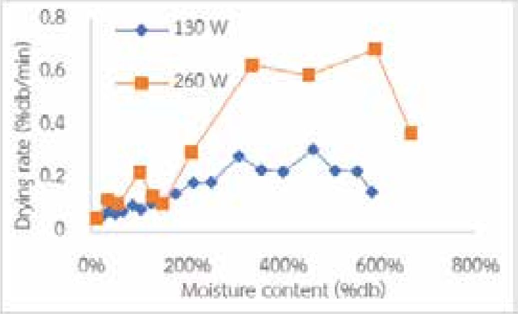
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข่าความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 2 cm



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับความชื้นในการอบแห้งข่าความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 2 cm

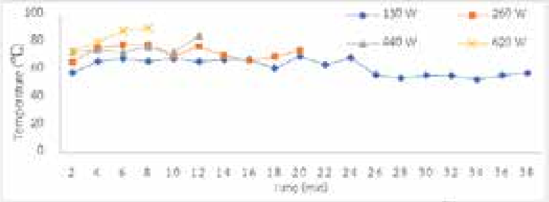


ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข่าความหนาของ ชั้นผลิตภัณฑ์ 3 cm

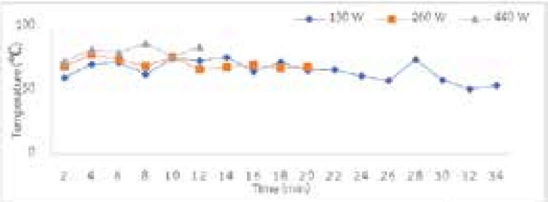


ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับความชื้นในการอบแห้งข่าความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 3 cm

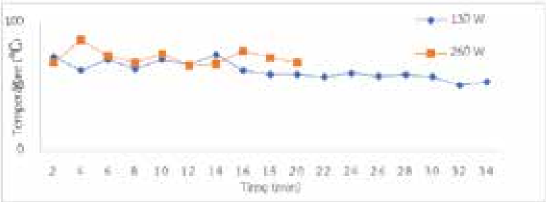
จากการอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟ ที่ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงการอุณหภูมิต่อเวลาที่กำลังไฟฟ้า 130, 260, 440 และ 620 วัตต์ พบว่าอุณหภูมิจะมีการเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิซึ่งจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับอัตราการอบแห้งและระยะเวลาที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข่ากับเวลา ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 1 cm



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข่ากับเวลา ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 2 cm



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข่ากับเวลา ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 3 cm

จากตารางที่ 1 การอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟทุก ๆ สภาวะของตารางนี้มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการอบแห้งข่าได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสภาวะการอบแห้ง ที่เหมาะสมของข่าอบแห้ง โดยใช้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเป็นหลักแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า

เมื่อพิจารณาที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 1 เซนติเมตร กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมคือ 620 วัตต์ ความชื้นเริ่มต้น 625.95 %db ความชื้นสุดท้าย 10.89 %db ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 8 นาที จะมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.78 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$ ต่อมาพบว่าที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 2 เซนติเมตร สภาวะที่เหมาะสมคือ การอบแห้งข่าด้วยกำลังไฟฟ้า 130 วัตต์ ความชื้นเริ่มต้น 654.91 %db ความชื้นสุดท้ายเป็น 10.94 %db ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 36 นาที มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.24 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$ และเมื่อพิจารณาการอบแห้งข่าที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 3 เซนติเมตร กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมคือ 130 วัตต์ ความชื้นเริ่มต้น 584.93 %db ความชื้นสุดท้าย 10.45 %db ใช้ระยะเวลา ในการอบแห้ง 36 นาที จะมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.37 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการอบแห้งตะไคร้ด้วย 130, 260 และ 440 วัตต์ ที่ความหนาของชั้นผลิตภัณฑ์ 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ที่ผ่านเกณฑ์การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ

กำลังไฟฟ้า(W)	ความหนา (cm)	ความชื้น (%db)		อัตราการอบแห้งเฉลี่ย (%db/min)	ระยะเวลาในการอบแห้ง (min)	SEC ($MJ/kg_{H_2O_{evap}}$)
		เริ่มต้น	สุดท้าย			
	1	587.29	10.31	15.18	38	8.83
130	2	654.91	10.94	17.89	36	8.23
	3	584.93	10.45	15.96	36	8.37

	1	667.75	10.56	32.86	20	9.11
260	2	654.72	10.75	32.20	20	9.14
	3	666.28	10.73	32.78	20	9.12
440	1	698.40	10.78	57.30	12	9.20
	2	666.28	9.00	54.77	12	9.23
620	1	625.95	10.89	76.88	8	8.78

ฉะนั้นจะได้ว่าแนวทางในการอบแห้งข่าด้วยรังสีไมโครเวฟที่ดีที่สุด คือ การอบแห้งด้วยกำลังไฟฟ้า 620 วัตต์ ที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 1 เซนติเมตร เพราะการอบแห้งข่าด้วยกำลังไฟฟ้า 620 วัตต์ ที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 1 เซนติเมตร ซึ่งค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.78 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$ นำมาเปรียบเทียบกับการอบแห้งข่าด้วยกำลังไฟฟ้า 130 วัตต์ ที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 2 เซนติเมตร ที่มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุดเป็น 8.23 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$ ซึ่งสามารถลดค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะได้ร้อยละ 6.26 แต่ใช้ระยะเวลามากกว่าการอบแห้งข่าด้วยกำลังไฟฟ้า 620 วัตต์ คิดเป็นร้อยละ 77.78

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข่า คือ การอบแห้งด้วยกำลังไฟฟ้า 620 วัตต์ ที่ความหนาชั้นผลิตภัณฑ์ 1 เซนติเมตร จากที่ความชื้นเริ่มต้นเริ่มต้นประมาณ 626 %db อบแห้งด้วยรังสีไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 8 นาที มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 11 %db และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.78 $MJ/kg_{H_2O_{evap}}$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกในด้านห้องทดลอง อุปกรณ์ต่างๆ ในการศึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์การเรียนรู้ อาหารไทย. อาหารไทยภาคกลาง. สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2562, จาก http://www.thaifoodheritage.com/recipe_list/detail/ต้มยำกุ้ง.
[2] คณะกรรมการเฉพาะกิจจัดทำหนังสือเมืองไทยของเรา เล่ม 2. (2535). เมืองไทยของเรา. ฉบับที่สอง. สำนักงานเสริมสร้างเอกลักษณ์ของชาติ สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี. ISBN 974-7771-27-6. หน้า 45.
[3] Peter, K.V. (2012). Handbook of herbs and spices. Elsevier กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงา
[4] กระทรวงพลังงาน. (2004). ตอนที่ 4 บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอื่นๆ. In ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน (pp. 4-33 - 4-51).
[5] AOAC (2005). Official methods of analysis. 18th Edition, Association of official analytical chemists, Washington, D.C.

การปรับปรุงสมบัติของชีวมวลแกลบด้วยกระบวนการทอร์รีแฟกชันจากเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่
Improving the properties of rice husk via Torrefaction in fixed bed reactor

มนตรี วงศ์ศิริวิทยา[1] วัชรากร ใจตรง[2] เอกภูมิ บุญธรรม[3] และบพิธ บุปผโชติ[4]
[1*, 2, 3] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000
[4]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของชีวมวลจากแกลบด้วยกระบวนการทอร์รีแฟกชันแบบเบดคงที่ (Torrefaction fixed-bed) และใช้วิธีการนำแก๊สที่ได้จากกระบวนการกลับมาใช้ในระบบให้เกิดการหมุนวน แทนการใช้ไนโตรเจน และการทดลองนี้ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส โดยได้กำหนดเวลาคงอยู่ของชีวมวลแกลบในการแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบเป็น 30 60 และ 90 นาที ซึ่งจากการทดลองทราบว่าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลาคงอยู่ 30 นาที สามารถปรับปรุงสมบัติถ่านทอร์รีไฟล์มีค่าความร้อนสูงถึง 20 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่าความร้อนของชีวมวลจากแกลบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทอร์รีแฟกชันถึง 5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และการทดลองยังทราบว่าค่าการดูดความชื้นของถ่านทอร์รีไฟล์น้อยกว่าชีวมวลแกลบถึงร้อยละ 2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง

คำสำคัญ: การวิเคราะห์แบบประมาณ วิเคราะห์แบบแยกธาตุ พลังงานความร้อนสูง การดูดความชื้น

บทนำ

ทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยใช้พลังงานพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลผลิตไฟฟ้าใช้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจกเป็นสาเหตุสู่การทำลายชั้นบรรยากาศส่งผลให้โลกร้อนขึ้นทุกวัน ด้วยเหตุผลนี้จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแสวงหาพลังงานทดแทน หรือชะลอการใช้พลังงานจากฟอสซิล [1] และประเทศไทยก็มีการจัดหาพลังงานทดแทนเช่นพลังงานลมพลังงานน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากชีวมวล เพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าใช้ในประเทศเพื่อทดแทนการซื้อแหล่งพลังงานจากต่างประเทศ และปัจจุบันนี้มีการนำชีวมวลมาวิจัยในด้านของการทดแทนพลังงานฟอสซิส โดยการใช้ชีวมวลผสมกับถ่านหินใช้ในการเผาไหม้เพื่อผลิตไฟฟ้า [2] หรือใช้ชีวมวลเผาไหม้โดยตรงซึ่งเหมาะกับประเทศไทยที่เป็นประเทศเกษตรกรรมมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น แกลบ ซังข้าวโพด ชานอ้อย ขี้เลื่อย เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล หรือชะลอการใช้ถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ [3] แต่ต้องมีการปรับปรุงสมบัติของชีวมวลเพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานขององค์ประกอบทางความร้อนที่ดีได้นั้นต้องมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยคือกระบวนการทอร์รีแฟกชัน

การทอร์รีแฟกชันเป็นกระบวนที่อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนกับชีวมวลที่ไม่สูงมาก และใช้อุณหภูมิช่วง 200 ถึง 300 องศาเซลเซียสเพื่อปรับปรุงสมบัติชีวมวลด้วยวิธีการทำปฏิกิริยาเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพที่ค่าความร้อนที่สูงขึ้น [4] โดยทำการย่อยสลายองค์ประกอบที่สภาวะการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันของชีวมวล คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยทำให้โครงสร้างของชีวมวลเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อสมบัติทางความร้อนได้ และสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงแข็งคุณภาพสูงที่สามารถใช้สำหรับการเผาไหม้หรือกระบวนการทำให้เป็นแก๊สได้[5]และยังทราบว่าชีวมวลที่ผ่านการย่อยสลายจากกระบวนการทอร์รีแฟกชันแล้วมีลักษณะที่เหนือกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลดิบในด้านปริมาณความชื้น ปริมาณออกซิเจนปริมาณไฮโดรเจนและสารระเหยลดลงในขณะที่ปริมาณของคาร์บอนคงที่และค่าความร้อนที่สูงขึ้น[6]ซึ่งกระบวนการนี้เหมาะแก่การนำมาใช้ปรับปรุงสมบัติของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อไปซึ่งจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียงมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นจำนวนมากเพราะหลังการเก็บเกี่ยวข้าวจะนำข้าวเปลือกไปขายให้โรงสี และหลังกระบวนการนี้มีการขายแกลบให้โรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าแต่เนื่องจากชีวมวลแกลบยังมีข้อจำกัดหลายอย่างเช่นค่าความร้อนต่ำความชื้นสูง ค่าความหนาแน่นพลังงานต่ำ จึงส่งผลให้ได้พลังงานความร้อนไม่เต็มที่จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลแกลบ

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรและโรงไฟฟ้าจากชีวมวลงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติของค่าพลังงานความร้อนและอัตราการดูดคืนความชื้นของแกลบด้วยหลักการของกระบวนการทอร์รีแฟกชัน (Torrefaction) ในเตาปฏิกรณ์แบบเบดคงที่และนำแก๊สที่เกิดขึ้นกลับมาหมุนวงในระบบแทนการใช้ไนโตรเจน ซึ่งผลการทดลองนี้เหมาะกับการนำไปใช้งานของเกษตรกรในระดับชุมชน หรือนำมาใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในการนำไปใช้ร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังงานจากชีวมวล หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเพื่อชะลอการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างของชีวมวลแกลบในจังหวัดพิษณุโลก ผลการทดลองและวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 5 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน ได้แก่ 1. การวิเคราะห์แบบประมาณ 2. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ 3. การทดลองหาสมบัติทางความร้อน 4. การดูดความชื้นของแกลบหลังจากผ่านกระบวนการทอร์รีเฟคชั่น และ 5. การทดลองโดยกระบวนการทอร์รีแฟกชันแบบเบดคงที่

1) การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis) เริ่มต้นด้วยการนำชีวมวลแกลบ ไปอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักที่หายไป หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที เพื่อคำนวณหาปริมาณของสารระเหยและหาปริมาณเถ้าด้วยวิธีการนำชีวมวลตัวอย่างมาเผาที่อุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง [7] โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3172 ในการหาปริมาณของความชื้น คาร์บอนคงที่ สารระเหยและเถ้า

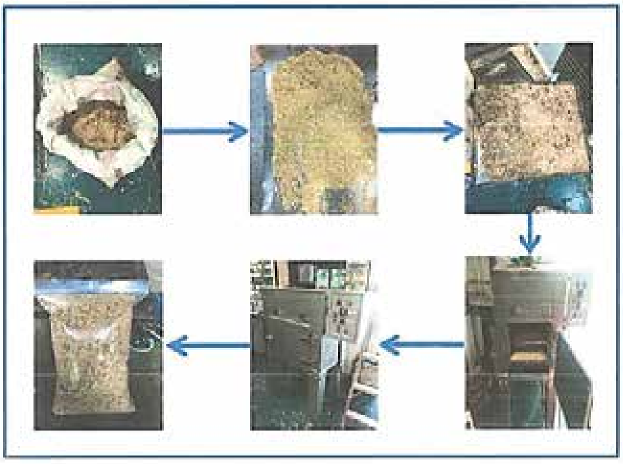
2) การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) โดยวิธี ASTM D5291 เริ่มต้นด้วยการหาสัดส่วนของธาตุหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ ผลการทดลดงแสดงตารางที่ 2 และมีค่าไม่ต่างกันเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น

3) การวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงของชีวมวลแกลบจากกระบวนการทอร์รีแฟกชันใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ยี่ห้อ KAI รุ่น C5000 ค่าความร้อนของถ่านทอร์รีไฟล์ (Torrefild) ตามขั้นตอนที่อธิบายไว้ในมาตรฐาน ASTM D-1989 [8] ได้ทำการทดลองด้วยการชั่งน้ำหนักชีวมวลแกลบประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยเผาไหม้ และนำถ้วยเผาไหม้ใส่ลงในลูกบอมบ์ จากนั้นได้บรรจุออกซิเจนแล้วประกอบเข้ากับเครื่องบอมบ์และมีหลักการทำงานโดยการไหลของกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดเพื่อให้เกิดการจุดระเบิด ซึ่งความร้อนจากการเผาไหม้จะถูกถ่ายเทไปยังน้ำที่บอมบ์แช่ไว้ จะได้อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบผลต่างของอุณหภูมิกับสารมาตรฐานทำให้ทราบปริมาณค่าความร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งเป็นค่าความร้อนสูง ขณะที่ค่าความร้อนต่ำคำนวณจากค่าความร้อนสูงและปริมาณไฮโดรเจน

4) การวิเคราะห์ค่าการดูดความชื้นของชีวมวลแกลบที่ผ่านกระบวนการทอร์รีแฟกชัน เรียกว่า ถ่านทอร์รีไฟล์ (Torrefild) และเริ่มการทดลองโดยการหาค่าการดูดความชื้นจากข้อกำหนดการทดลองใช้เวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 และทำการชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง [9] และการทดลองนี้ได้เก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ซ้ำต่อตัวอย่างการทดลอง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของถ่านทอร์รีไฟล์ เทียบกับชีวมวลแกลบที่อบแห้ง 105 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

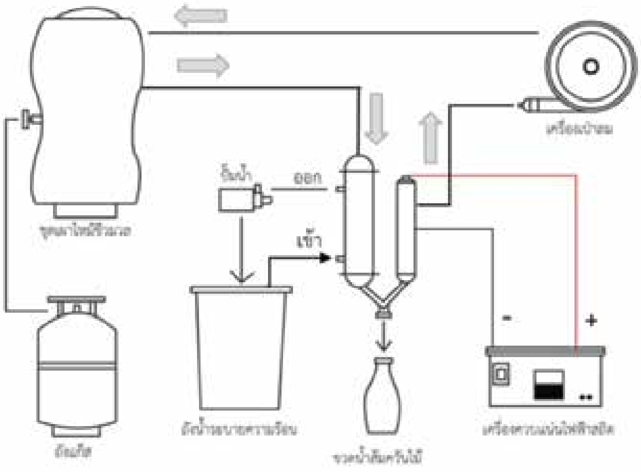
5) การทดลองโดยกระบวนการทอร์รีแฟกชันแบบเบดคงที่ (Torrefaction fixed-bed) และใช้วิธีการนำแก๊สที่ได้จากกระบวนการกลับมาใช้ในระบบ ซึ่งการทดลองนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วนได้แก่

5.1) เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักของชีวมวลแกลบแล้วนำไปอบบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชีวมวลแกลบมาชั่งน้ำหนักที่หายไปแล้วบันทึกค่า และเก็บไว้ในที่มิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นเข้า ซึ่งแสดงขั้นตอนดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการอบแห้งและเก็บตัวอย่างของชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลก

5.2) เริ่มด้วยการนำชีวมวลแกลบชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อยและนำไปใส่ในเตาปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (ชุดเผาไหม้ชีวมวล) จากนั้นจะใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นตัวให้ความร้อนและปรับความร้อนภายในให้ได้ตามอุณหภูมิที่กำหนดต่อมาใช้ระบบควบแน่นด้วยน้ำและไฟฟ้าสถิตเพื่อควบแน่นแก๊สที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนของชีวมวลแกลบ จากนั้นแก๊สจากระบบที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะไหลโดยการดูดและส่งของเครื่องเป่าลมกลับไปยังเตาปฏิกรณ์เพื่อให้ระบบเกิดการหมุนวน แสดงภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เตาปฏิกรณ์ทอร์รีแฟกชันแบบเบดคงที่

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) และค่าพลังงานความร้อนของแกลบจังหวัดพิษณุโลก และได้เลือกใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ โดยทำการทดลองและวิเคราะห์ผลจากการอ้างอิงตามมาตรฐาน และงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบ และใช้ข้อมูลเป็นแนวทางการทำวิจัยต่อไป

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) และค่าพลังงานความร้อน ของชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลก

วิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)				
รายการ	ชีวมวลแกลบ (พิษณุโลก)	แกลบ [10]	แกลบ [11]	แกลบ [12]
ความชื้น	10.6	9.0	11.7	-
สารระเหย	58.8	68.5	53.1	73.5
คาร์บอนคงที่	14.8	17.4	20.4	14.7
เถ้า	15.8	14.1	14.8	11.8
วิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis)				
คาร์บอน	40.6	43.10	36.74	40.8
ไฮโดรเจน	5.4	4.90	5.51	5.7
ไนโตรเจน	0.33	0.50	0.28	1.2
ออกซิเจน	36.5	37.30	42.55	40.5
ซัลเฟอร์	0.8	0.41	0.55	0.75
ค่าพลังงานความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)				
ค่าความร้อนสูง	15.80	15.24	15.70	16.2
ค่าความร้อนต่ำ	14.15	13.97	-	

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าผลการทดลองที่แสดงค่าวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) ทราบว่าชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณ ความชื้น คาร์บอนคงที่ และเถ้า เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ส่วนสารระเหยมีค่าแตกต่างกันประมาณร้อยละ 5 ถึง 10 อาจเกิดจากการทดลองหรือสภาวะอากาศในการเพาะปลูกแตกต่างกันจึงมีผลแตกต่างกันเล็กน้อยและต่อมาเป็นการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimateanalysis) ผลการทดลองหาองค์ประกอบของธาตุมีค่าที่ใกล้เคียงกันกับงานวิจัยที่ผ่านมาและสุดท้ายค่าพลังงานความร้อนระหว่างค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำแตกต่างกัน 1 เมกะจูลต่อกิโลกรัมและเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นแล้วทราบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันซึ่งจากข้อมูลที่ทำการทดลองตามมาตรฐานแล้วและอ้างอิงจากงานวิจัยแล้วสามารถตอบได้ว่าการทดลองเบื้องต้นนี้เป็นไปตามแนวทางที่ถูกต้อง และสามารถนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไปได้

จากที่ทราบผลการทดลององค์ประกอบเบื้องต้นของชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลกแล้ว ต่อจากนี้จะเป็นการทดลองโดยผ่านกระบวนการทอร์รีแฟกชันที่อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส และเวลาคงอยู่ 3060 และ 90 นาทีเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนและค่าดูดความชื้นของถ่านทอร์รีไฟล์ (Torrefild) แล้นำผลการทดลองเปรียบเทียบกับชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลก และทราบว่ากระบวนการทอร์รีแฟกชันที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลาคงอยู่ 30 นาที สามารถปรับปรุงสมบัติทางความร้อนเป็น 20.019 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งได้ค่าพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นถึง 5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และมีค่าการดูดความชื้นร้อยละ 0.5 - 0.9 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ส่วนชีวมวลแกลบแบบธรรมดาจะมีการดูดคืนความชื้นสูงถึงร้อยละ 2.731 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ซึ่งผลการทดลองได้นำเสนอในตาราง 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าความร้อนและการดูดความชื้นของถ่านทอร์รีไฟล์ และชีวมวลแกลบ (พิษณุโลก)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาคงอยู่ (นาที)	ค่าความร้อน (จูลต่อกรัม)	ค่าความเบี่ยงเบน	ค่าการดูดความชื้นเฉลี่ย (% db)
200	30	19,312	± 182.56	0.602
	60	20,006	± 92.50	0.585
	90	19,308	± 451.63	0.701
250	**30**	**20,019**	**± 254.68**	**0.768**
	60	19,551	± 170.57	0.823
	90	19,262	± 635.79	0.889
300	30	19,213	± 268.54	0.813
	60	19,462	± 151.86	0.571
	90	19,193	± 618.05	0.904
ชีวมวลแกลบอบแห้ง 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง				2.731

% db คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

สรุปผลการวิจัย

ชีวมวลแกลบถูกนำมาปรับปรุงสมบัติทางความร้อนด้วยกระบวนการทอร์รีแฟกชันแบบเบดคงที่ (Torrefaction fixed-bed) และนำแก๊สที่ได้จากกระบวนการกลับมาใช้ในระบบให้เกิดการหมุนวนแทนการใช้แก๊สไนโตรเจน และทดลองศึกษาที่อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส และเวลาคงอยู่การแลกเปลี่ยนความร้อนของชีวมวลแกลบเป็น 30 60 และ 90 นาที ซึ่งจากการทดลองทราบว่าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลาคงอยู่ 30 นาที สามารถปรับปรุงสมบัติถ่านทอร์รีไฟล์มีค่าความร้อนสูงถึง 20 เมกะจูลต่อกิโลกรัมและทราบว่ามีค่าสูงกว่าความร้อนของชีวมวลแกลบจังหวัดพิษณุโลกที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทอร์รีแฟกชันถึง 5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และการทดลองยังทราบอีกว่าค่าการดูดความชื้นของถ่านทอร์รีไฟล์น้อยกว่าชีวมวลแกลบถึงร้อยละ 2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถที่จะนำมาเป็นตัวเลือกตัดสินใจพัฒนาเพื่อยกระดับราคาให้สูงขึ้นสำหรับเกษตรกรงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีนั้นต้องขอขอบคุณ นักศึกษา บุคคลากร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่อนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือพร้อมทั้งสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อนุเคราะห์เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ยี่ห้อ KAI รุ่น C5000 และสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือพร้อมทั้งสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Ninpanit, P., et al., Thailand's energy-related carbon dioxide emissions from production-based and consumption-based perspectives. Energy Policy, 2019. 133: p. 110877.
2. Pattiya, A. and S. Suttibak, Influence of a glass wool hot vapour filter on yields and properties of bio-oil derived from rapid pyrolysis of paddy residues. Bioresour Technol, 2012. 116: p. 107-13.
3. Muangjai, P., et al., Marginal abatement cost of electricity generation from renewable energy in Thailand. Energy Reports, 2020. 6: p. 767-773.
4. van der Stelt, M.J.C., et al., Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: A review. Biomass and Bioenergy, 2011.
5. Ibrahim, R.H.H., et al., Physicochemical characterisation of torrefied biomass. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2013. 103: p. 21-30.
6. Singh, R.k., A. Sarkar, and J.P. Chakraborty, Effect of torrefaction on the physicochemical properties of pigeon pea stalk (Cajanus cajan) and estimation of kinetic parameters. Renewable Energy, 2019. 138: p. 805-819.
7. Pattiya, A., Bio-oil production via fast pyrolysis of biomass residues from cassava plants in a fluidised-bed reactor. Bioresour Technol, 2011. 102(2): p. 1959-67.
8. Iftikhar, M., et al., Biomass densification: Effect of cow dung on the physicochemical properties of wheat straw and rice husk based biomass pellets. Biomass and Bioenergy, 2019. 122: p. 1-16.
9. Yang, Y., et al., A fundamental research on synchronized torrefaction and pelleting of biomass. Renewable Energy, 2019. 142: p. 668-676.
10. Junfeng, L., et al., Assessment of sustainable energy potential of non-plantation biomass resources in China. Biomass and Bioenergy, 2005. 29(3): p. 167-177.
11. XiuLi Yin, C.Z.W., Shun Peng Zheng, Yong Chen, Design and operation of a CFB gasication and power generation system for rice husk. Biomass and Bioenergy, 2002. 23: p. 181–187.
12. Zhang, S., et al., Effects of wet torrefaction on the physicochemical properties and pyrolysis product properties of rice husk. Energy Conversion and Management, 2017. 141: p. 403-409.

การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่ ลานกระเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

A potential analysis of briquettes fuel from agricultural wastes in sheller fields

จุฬา สินไพบูลย์[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1] ภคมน ปินตานา[1] และธเนศ ไชยชนะ[1]*
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และศักยภาพด้านพลังงาน จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดในพื้นที่ภาคเหนือการดำเนินการศึกษารวบรวมประเมินและสำรวจปริมาณการเกิดการนำไปใช้ประโยชน์จากการออกแบบสอบถามเจ้าของพื้นที่ ลานกระเทาะเมล็ดจำนวน 120 แห่ง และทำการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล จะประกอบไปด้วย เปลือก และซังข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 259,949.1 ton/year ที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว คิดเป็น 80.71% และที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์19.29%ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทั้งหมดในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดทั้งหมด เมื่อเทียบกับปริมาณการเกิดชีวมวล (ซัง เปลือก ต้น และใบข้าวโพด) ทั้งหมดภาคเหนือ จำนวน 10,530,682.24 ton/year คิดเป็นสัดส่วนจากปริมาณที่เกิดขึ้น 2.02% 50,144.18 ton/year โดยมวลต่อมวลผลผลิต (ซังและเปลือกข้าวโพด) ทั้งนี้จากการสอบถามในพื้นที่ดังกล่าว พบว่ายังมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธี และก่อให้เกิดมลพิษ เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมากจากการเผาทิ้งและไถกลบในพื้นที่ทำการเกษตรซึ่งเมื่อทำการประเมินศักยภาพการอัดแท่งพบว่ามีปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพด้านพลังงานเท่ากับ 489.55 TJ

คำสำคัญ: ศักยภาพการอัดแท่ง ศักยภาพพลังงาน วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

บทนำ

เนื่องจากปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ และเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าเป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต และถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้ตามมาตรการดังกล่าวในปัจจุบันแต่ก็ควรต้องดำเนินการพัฒนา และส่งเสริมพลังงานทดแทนซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้มีการตั้งเป้าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) และแสดงจุดยืนในการผลักดันพลังงานทดแทน

โดยมีเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผน AEDP2015 มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศที่ร้อยละ20ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) รวมสุทธิ ซึ่งสอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015) ที่ระบุ

ว่าจะให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 ภายในปี 2579 เป็นสัดส่วนที่สำคัญในความต้องการพลังงานของประเทศ ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และแปรผันตรงกับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ รวมถึงภาคการเกษตรที่มีการปรับตัวเป็นภาคอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงานทั้งชีวมวลก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน ไบโอดีเซลและเอทานอลอีกทั้งของเสียหรือน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้อีกด้วย ในอนาคตพลังงานทดแทนที่ควรถูกนำมาพัฒนามากที่สุด คือ พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์ และเจริญเติบโต จากนั้นได้แปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวและจากการปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานโดยเฉพาะชีวมวล เป็นสิ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ถ่านฟืนแกลบ ซังข้าวโพด วัชพืชต่าง ๆ [1]

กิตติกร และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพดมาผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวในอัตราส่วน 1:2 ที่อัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนผสมซังต่อเปลือกข้าวโพด 20:80 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ตามอัตราส่วน ให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 12.77 MJ/kg และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง 940 kg/m3 ประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวล ร้อยละ 16.31 จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดมีศักยภาพสูง ในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง [2]

จากปัญหาที่ยังมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไม่เหมาะสม อาทิ การเผา หรือไม่ว่าจะเป็นการทิ้งในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดดังนั้นได้มีการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาศักยภาพชีวมวล เชิงพื้นที่ และศักยภาพการอัดแท่ง จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้วเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

1. จัดทำแบบสอบถาม (Questionnaire) สำหรับผู้ประกอบการ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากแหล่งที่มาโดยตรง โดยได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ และประเมินจากพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลในพื้นที่สุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการการเก็บข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. สุ่มพื้นที่ตัวอย่างสำหรับการเก็บข้อมูลพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด 12 จังหวัด จำนวน 120 แห่ง ในเขตภาคเหนือ ประกอบด้วย สุโขทัย อุตรดิสถ์ พิษณุโลก ตาก ลำพูน น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย และแพร่
3. ลงพื้นที่เพื่อทำการเก็บข้อมูล ปริมาณ และวิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินศักยภาพด้านพลังงาน และความสามารถในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

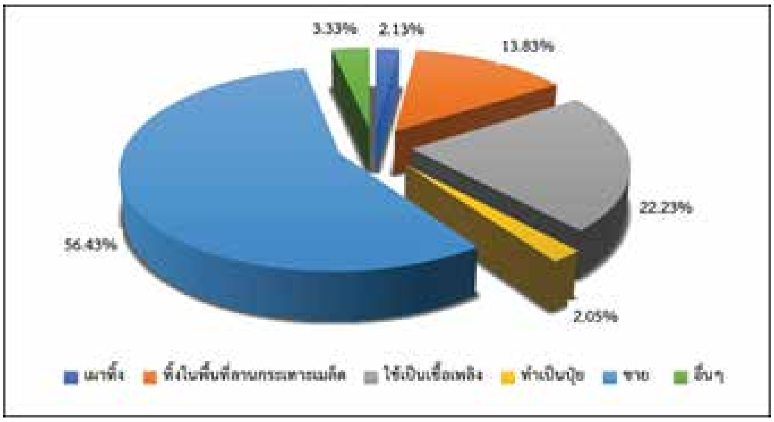
ภาพที่ 1 ทำการสอบถามจากผู้ประกอบการ

4.ทำการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เปลือก และซังข้าวโพด) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด รวมถึงวิธีการจัดการสัดส่วนของชีวมวลในวิธีการต่าง ๆ และสัดส่วนที่ถูกจัดการอย่างไม่ถูกวิธี

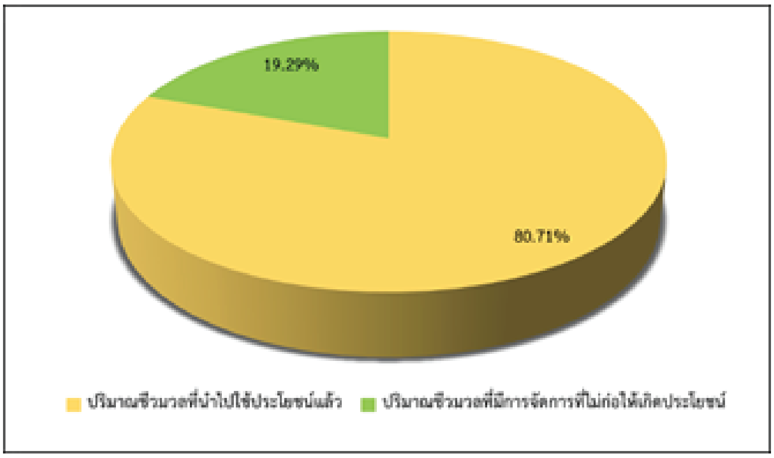
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และวิธีการจัดการ

จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดภาคเหนือ 12 จังหวัด เป็นจำนวน 120แห่งพบว่ามีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประเภทเปลือกและซังข้าวโพดอยู่ที่ 259,949.10 ton/year ดังแสดงในตารางที่ 1.1 เมื่อพิจารณาถึงวิธีการในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่ามีความสามารถในการนำมาทำให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้ โดยการนำมาทำเป็นปุ๋ย การขาย และการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 1 แต่ยังพบว่ามีส่วนที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เช่น การเผาทิ้ง การทิ้งในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดและอื่น ๆ ถึงร้อยละ 19.29 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



ภาพที่ 3 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 1.1 ปริมาณที่เกิดขึ้นของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ในพื้นที่ตัวอย่างลานกระเทาะเมล็ด 12 แห่ง จังหวัดภาคเหนือ

ลำดับ	จังหวัด	ปริมาณเปลือกข้าวโพด (ton/year)	ปริมาณซังข้าวโพด (ton/year)
1	สุโขทัย	2,367.69	2,222.31
2	อุตรดิตถ์	13,618.10	12,781.90
3	พิษณุโลก	13,690.52	12,849.88
4	ตาก	29,766.53	27,938.77
5	ลำพูน	9,726.11	9,128.89
6	น่าน	18,013.03	16,906.97
7	ลำปาง	11,327.78	10,632.22
8	แม่ฮ่องสอน	965.65	906.35
9	พะเยา	7,304.25	6,855.75
10	เชียงใหม่	20,427.15	19,172.85
11	เชียงราย	570.72	535.68
12	แพร่	6,313.85	5,926.15
รวม		**259,949.10**	

* หมายเหตุ มี 2 ช่วงระยะเวลาการรับซื้อผลผลิต 90 วัน และ 120 วัน
ข้าวโพดฤดูฝนช่วงการปลูกรวมเก็บเกี่ยว เดือน เม.ย.-พ.ค. หรือ พ.ค.-ส.ค. รับซื้อ เดือน ส.ค.-ต.ค.
หรือ ก.ย.-พ.ย. ข้าวโพดหลังนาช่วงการปลูกรวมเก็บเกี่ยว เดือน ธ.ค.-มี.ค. หรือ ม.ค.-เม.ย. รับซื้อ เดือน เม.ย. หรือ พ.ค.

เมื่อทำการวิเคราะห์การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เปลือก และซังข้าวโพด) โดยพิจารณาจากปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ตัวอย่างภาคเหนือ 120 แห่ง พบว่ายังมีส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 50,144.18 ton/year ซึ่งมีศักยภาพ การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพทางด้านพลังงานเท่ากับ 489.55 TJ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวล

ปริมาณที่เกิด (ton/year)	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่นำไปใช้แล้ว (ton/year)	ปริมาณชีวมวลที่เหลือใช้ (ton/year)	ค่าความร้อน*[1] (MJ/kg)	ปริมาณชีวมวลอัดแท่ง (kg/year)	ศักยภาพด้านพลังงาน (TJ/year)
259,949.10	เปลือก	142,734.26	34,114.04	9.83	34,114,040	335.34
	ซัง	67,070.66	16,030.14	9.62	16,030,140	154.21
		209,804.92	**50,144.18**		**50,144,180**	**489.55**

หมายเหตุ *[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [3]

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในลานกระเทาะเมล็ดภาคเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และศักยภาพด้านพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า มีปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้น 10,530,682.24 ton/year ชีวมวลที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว50,144.18ton/yearคิดเป็นสัดส่วนจากปริมาณที่เกิดขึ้น2.02%สามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพด้านพลังงาน 489.55 TJ/year จึงสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี อีกทางเลือกหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ	ผู้ประกอบการลานกระเทาะเมล็ดที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย
ขอขอบคุณ	โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2562
ขอขอบคุณ	Sustainable Energy Technology Research Laboratory, SRE, MJU (SETR-Lab)
ขอขอบคุณ	ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพปีงบประมาณ2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน)

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (AEDP2015).

[2] กิตติกร สาสุจิตต์ วราพงศ์ แสนพินิจ ณัฐพงษ์ วงศ์รินทร์ และณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2558). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งซังและเปลือกข้าวโพดด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว.วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 18(1), 5-14.

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. ศักยภาพชีวมวล. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2563, จาก http://www.dede.go.th.

[4] ธเนศไชยชนะ.(2562).การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ.

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน
Study the appropriate ratio of charcoal briquettes from coconut shells for household use.

ธีรพัฒน์ พุทธผล[1]* วิชาญ วิมาณจันทร์[1] สุเมธ สถิตบุญอนันต์[1] นุภาพ แย้มไตรพัฒน์[2]
จงจิตร์ หิรัญลาภ3 และปรีดา จันทวงษ์[1]**
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนบางเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10800
3บริษัท ซันซีร์ จำกัด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเหมาะสมของกะลามะพร้าวต่อการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต และสมบัติทางกายและทางเคมีของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวซึ่ง มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้ 1.การเผาถ่าน 2.การบดผงถ่าน 3.การผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 4.การอัดขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่ง ซึ่งใช้อัตราส่วน : ถ่านกะลามะพร้าว : ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง จำนวน 3 ตัวอย่างดังต่อไปนี้ 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 โดยน้ำหนัก ถ่านอัดแท่งที่ ได้มีลักษณะทางกายภาพตามรูปทรงที่ต้องการหน้าตัดรูปห้าเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง5เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปได้ง่าย เกาะตัวกันแน่น ไม่มีรอยแตกร้าว จากนั้นนำไปลดความชื้นด้วยการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำตัวอย่างถ่านกะลาอัดแท่ง เข้าทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTM ได้ผลดังนี้ ค่าความชื้นร้อยละ 6.67 ,7.24 ,4.95 เถ้าร้อยละ 9.86 ,16.12 ,33.88 สารระเหยร้อยละ 28.69 ,29.03 ,26.37 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 54.78 , 47.61 , 34.80 และค่าความร้อน 5,964 ,5,256 ,4,201 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ผลจากการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเปรียบเทียบ กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547 พบว่า ถ่านกะลาอัดแท่งอัดตราส่วน 7:2:1 มีค่าความชื้นร้อยละ 6.67 และค่าความร้อน 5,964 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 กำหนดค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม สรุปได้ว่าถ่านกะลาอัดแท่งอัดตราส่วน 7:2:1 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งสามารถทำการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือนและพัฒนาสู่การผลิตเพื่อสร้างรายได้แก่ชุมชนได้

คำสำคัญ: กะลามะพร้าว ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว

Abstract

This research is to study the properties of charcoal briquettes from coconut shells by Objective to study the properties of coconut shell suitable for use as raw material for production. And physical and chemical properties of charcoal briquettes from coconut shells, which There are steps to take as follows: 1. Charcoal burning 2. Charcoal powder grinding 3. Mixing with tapioca starch 4. Extrusion into briquette charcoal Using ratio: Coconut shell charcoal: Charcoal powder: Tapioca starch, 3 examples as follows. 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 By the weight Charcoal briquettes Has the physical characteristics of the desired shape Pentagon cross-section Size: 5 cm in diameter, 10 cm long, easily extruded. Cling tightly No cracks Then, it is dehumidified by baking at 120 degrees Celsius for 2 days. Then take samples of charcoal briquettes. Entrance qualification test in the laboratory according to ASTM standards, results are as follows. Moisture value 6.67, 7.24, 4.95 Ash value 9.86, 16.12, 33.88 Volatile value 28.69, 29.03, 26.37 Fixed carbon value 54.78, 47.61, 34.80 and Heating Value 5,964, 5,256, 4,201 calories per gram, respectively. Results from comparative testing of charcoal briquettes from coconut shell with community product standards (TCPS 238/2547) Charcoal Briquette 7: 2: 1, moisture content of 6.67 percent. And the calorific value 5,964 calories per gram. Which according to community product standards (TCPS 238/2547) Determine the required humidity value Not more than 8% by weight and calorific value must not be less than 5,000 calories per gram. It can be concluded that Charcoal Briquette 7: 2: 1 has suitable properties for producing charcoal briquettes. Able to produce for household use and develop into production to generate income for the community

Key Word Coconut shell Charcoal briquettes from coconut shells

บทนำ

ประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเกษตรกรรม จากการศึกษาพบว่าจังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดที่มีการปลูกมะพร้าวน้ำหอมมากที่สุดในประเทศไทยเนื่องจากดินมีคุณลักษณะที่เหมาะสมทำให้ปลูกมะพร้าวน้าหอมได้คุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคประกอบกับความต้องการของตลาดต่างประเทศมีปริมาณสูงขึ้นผู้ส่งออกต้องการผลผลิตจานวนมากขึ้น[1]ส่งผลให้มีเศษชีวมวลเหลือทิ้งเช่นกะลามะพร้าวเป็นต้นโดยในปัจจุบันเกษตรกรนิยมกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งโดยการเผาทำลายส่งผลให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศหรือนำไปเผาไหม้โดยตรงเพื่อใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนเพื่อเป็นการการนำเศษชีวมวลเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษา ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติที่กาลังจะหมดไปได้อย่างสมบูรณ์ [2] ลักษณะของถ่านอัดแท่งสำเร็จรูปมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่แตกประทุ ขี้เถ้าน้อยไม่ฟุ้งกระจาย ไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอและทนทาน ใช้งานได้มากกว่าถ่านไม้ธรรมดา[3]

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวโดยกำหนดอัตราส่วนถ่านกะลา : ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีอัตราส่วนดังนี้ 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 ตามลำดับ และทำการศึกษาสมบัติทางกายและทางเคมีโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมผช.238/2547เพื่อหาอัตราส่วนของถ่านกะลาอัดแท่งที่เหมาะสมแก่การผลิตถ่านอัดแท่ง สามารถทำการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือนและพัฒนาสู่การผลิตเพื่อสร้างรายได้แก่ครัวเรือนหรือชุมชน

ทฤษฎี

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง “ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่านอาจนามาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการหรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนามาเผาเป็นถ่าน ถ่านอัดแท่งได้รับความนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มโดยเฉพาะอาหารปิ้งย่างเนื่องจากไม่มีควันเนื่องจากความชื้นน้อยมาก ให้ความร้อนสูงเนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่ ไม่แตกง่าย ไม่แตกประทุเหมือน อย่างถ่านไม้ทั่วไป ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน และไม่มีกลิ่นเพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติอีกทั้งยังเผาได้นานกว่าถ่านไม้และราคาถูก [3] ดังภาพที่ 1

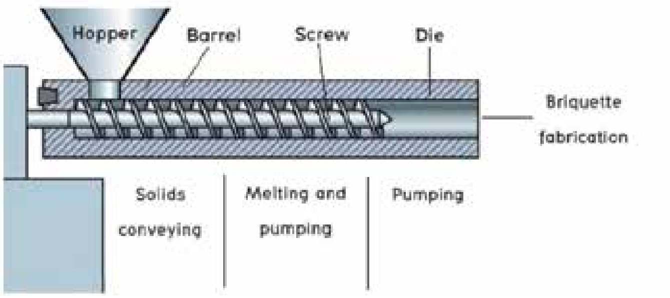
ภาพที่ 1 ลักษณะของถ่านอัดแท่ง

การอัดถ่านแท่งเป็นกระบวนการในการเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นแท่งโดยใช้เครื่องอัดแท่งวิธีการอัดแท่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี ดังนี้ [4]

1) การอัดแบบใช้ความร้อนและแรงดันสูง

2)การอัดแบบไม่ใช้ความร้อนโดยใช้แรงอัดและอุณหภูมิระหว่างการอัดต่ำกระบวนการอัดแท่งอาจใช้ตัวประสานหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการอัด

เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการเพิ่มความหนาแน่น คือเครื่องอัดแท่งด้วยสกรูแบบอัดเย็นหลักการทำงานคือเกลียวจะหมุนและดันให้วัสดุเคลื่อนตัวไปยังกระบอกอัดได้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีลักษณะทรงกระบอกมีรูตรงกลาง โดยกำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่วง 500-1,000 kg/ชั่วโมง อัตรากาลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนการอัดอยู่ระหว่าง35-75kWวัสดุที่ใช้ทาการอัดควรมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีความชื้นประมาณ 8-12% [4] ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องอัดแท่งด้วยสกรูแบบอัดเย็น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

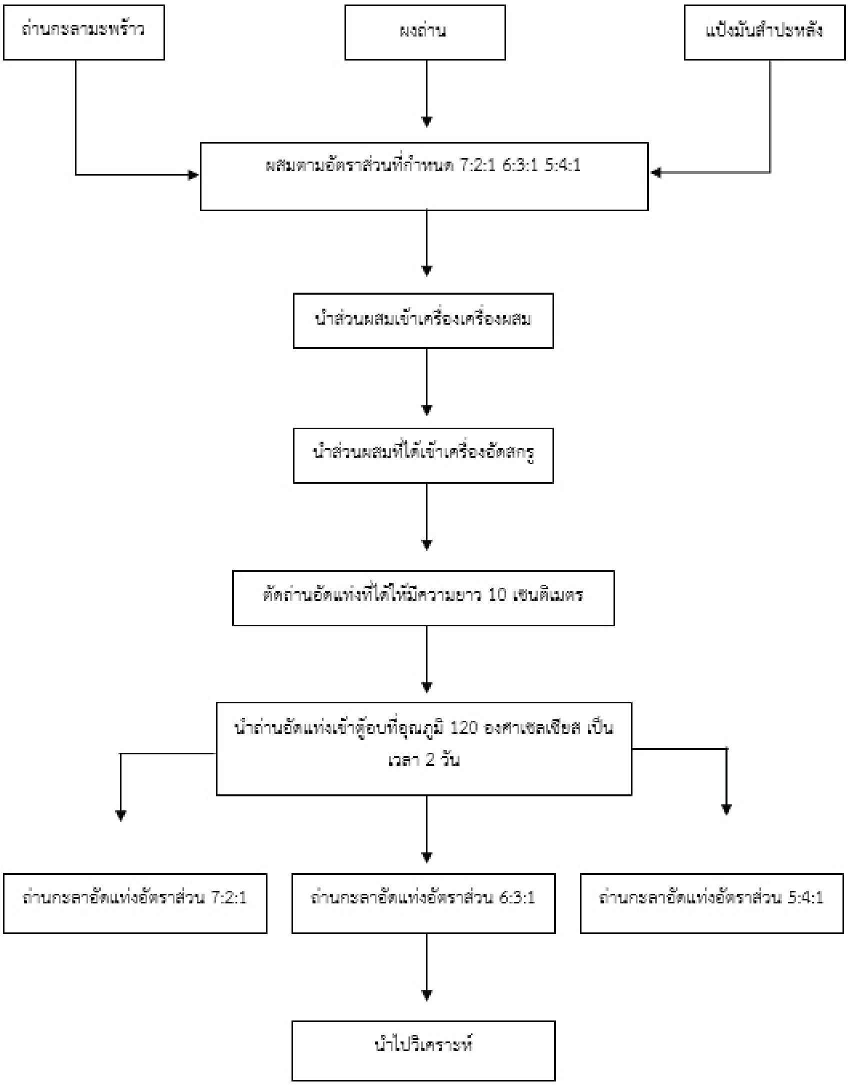
รุ่งโรจน์พุทธีสกุล[5]ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (มผช. 238/2547) มลภาวะต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่งโดยนำวัสดุทั้ง2ชนิด มาผสมกัน 9 อัตราส่วน ถ่านอัดแท่งเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm มีครีบ 5ครีบ รูกลวง ขนาด 1.5 cm ความยาว 10 cm แรงอัด 33 kg/cm2และความชื้นไม่เกิน 8% ของน้ำหนักพบว่า ถ่านอัด แท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน3:7มีค่าสมรรถนะทาง ความร้อนเท่ากับ5,003kcal/kgให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน(มผช.)มีต้นทุนการ ผลิต เท่ากับ 5.35 บาท/kg และเมื่อมีกาลังการผลิตที่ 400kg/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา ประมาณ 1.4 ปีซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนาไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลังและกะลามะพร้าว มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้โดยการใช้ถ่านเหง้ามันสาปะ หลังเป็นส่วนผสมหลัก และใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมรอง

อนุสรา งามเลิศ, เขมนิจจารีย์ สาริพันธ์ และ ประนิตดา เพ็งงิ้ว [6] ศึกษาชนิดของตัวประสานที่เหมาะ สมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัสโดยใช้กากน้ำตาลข้าวเหนียวกวนดินเหนียวผักตบชวา และแป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่างการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งใช้วิธีการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดแท่ง แบบลูกสูบ และทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ผลการศึกษาพบว่าตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิ ปตัส คือ แป้งเปียกในอัตราส่วน 1.5:10 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณ คาร์บอนคงตัว 7.01, 5.30, 6.08 และ 81.58% ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อน 4,833.6 cal/g ซึ่งใกล้ เคียงกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดนอกจากนี้ยังมีค่าดัชนีการแตกร่วนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ต่อการขนส่งกล่าวคือค่าดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ0.58ดังนั้นแป้งเปียกจึงเป็นตัวประสานเหมาะแก่การนำ ไปใช้งานการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัส

วรัญญา เทพสาสน์กุล วรัญญา ธรรมชาติ และอัครินทร์ อินทนิเวศน์ [7] ได้เสนอแนวทางในการ จัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาการเผาชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรซึ่งส่งผลให้เกิด ปัญหามลพิษทางอากาศโดยนำมาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันและนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วย เครื่องอัดแท่งด้วยสกรูแบบอัดเย็น โดยวัสดุที่นามาใช้คือ เศษกะลามะพร้าวเหลือทิ้ง โดยนากะลามะพร้าว มาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซตชันที่อุณหภูมิ 400 500 และ 600°C ที่อัตราการให้ความร้อน 5 10 และ 15°C/min และคงอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิสูงสุดเป็นเวลา 10 จากการศึกษาพบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิสูงสุด 500°C ที่อัตราการให้ความร้อน 10°C/min จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักที่หายไปของชีว มวลแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่ให้แก่กระบวนการคาร์บอไนเซชันและเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณ สารระเหยลดลง แต่คาร์บอนคงตัวของถ่านเพิ่มขึ้น ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวมีค่าความหนาแน่นและค่า ความร้อนเท่ากับ1,050 kg/m3 และ 25.69 MJ/kg เมื่อนามาทดสอบการเดือดของน้าพบว่า ถ่านอัดแท่ง กะลามะพร้าวจะสามารถคงความร้อนให้อยู่ได้นานกว่าถ่านอัดแท่งไม้ลำไยทำให้เมื่อนำไปใช้งานจึงไม่จำเป็น ต้องเติมถ่านบ่อย ทำให้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ลงได้ ถ่านอัดแท่งที่ ผลิตได้มีศักยภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลลดปัญหา การจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่ถูกวิธี และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้ง ทำให้ เกษตรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

วิธีการวิจัย

สำหรับการผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การผสมอัตราส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิดและทำการอัดแท่งขึ้นรูปเป็นถ่านกะลาอัดแท่งอัดแท่งมีขั้นตอน ดังภาพที่ 3 และมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3 แผนผังกระบวนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวเริ่มจากการแยกประเภทของวัตถุดิบที่ดังนี้ถ่านกะลามะพร้าว ผงถ่าน และแป้งมันสำปะหลัง โดยกำหนดอัตราส่วน 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 โดยน้ำหนักตามลำดับ ดังภาพที่ 4 และ 5

ภาพที่ 4 ถ่านกะลามะพร้าว

ภาพที่ 5 ผงถ่าน

จากนั้นนำส่วนผสมเข้าเครื่องผสมเพื่อผสมถ่านกะลาผงถ่านและแป้งมันสำปะหลังดังภาพที่6และ7

ภาพที่ 6 การผสมส่วนผสม
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเข้าเครื่องผสม

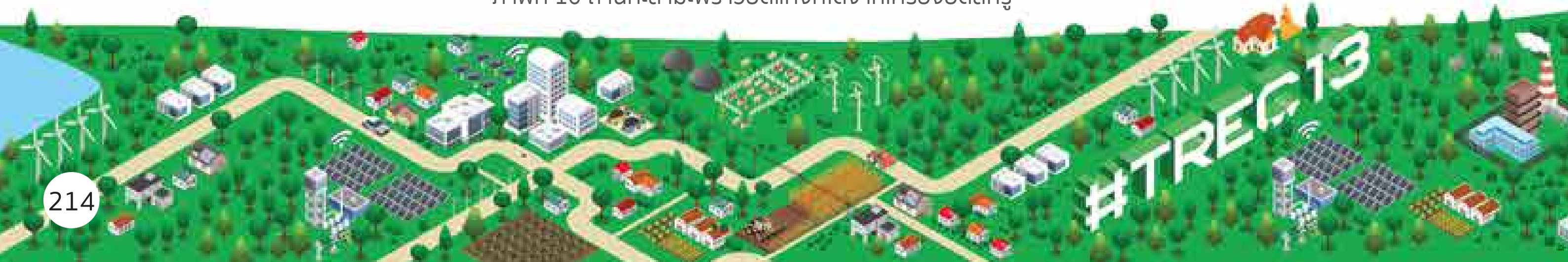
ภาพที่ 7 ส่วนผสมที่ผสมแล้ว

นำส่วนผสมที่ได้เข้าเครื่องอัดสกรูแล้วทำการตัดถ่านอัดแท่งที่ได้ให้มีความยาว 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 8 9 และ 10

ภาพที่ 8 นำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดสกรู

ภาพที่ 9 เครื่องอัดสกรู

ภาพที่ 10 ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดสกรู



นำถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่ได้เข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน ดังภาพที่ 11 และ 12

ภาพที่ 11 ตู้อบไล่ความชื้น

ภาพที่ 12 ถ่านกะลามะพร้าอัดแท่งที่อบในตู้

หลังจากนำถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่ได้เข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ120องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 วัน ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งมีลักษณะทางกายภาพตามรูปทรงที่ต้องการ หน้าตัดรูปห้าเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปได้ง่าย เกาะตัวกันแน่น ไม่มีรอยแตกร้าว ดังภาพที่ 13

ภาพที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

นำถ่านกะลาอัดแท่งอัตราส่วน 7:2:1,6:3:1,5:4:1 โดยน้ำหนัก นำไปวิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งการวิเคราะห์โดยประมาณ เป็นการหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณสารระเหย (Volatile solid) ปริมาณเถ้า (Ash) สารระเหยที่ได้ (Volatile matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามวิธีมาตรฐาน Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis (ASTM D7582 – 15) และค่าความร้อนแบบกรอส (Gross calorific value) ตามวิธีมาตรฐาน Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke (ASTM D5865-13) [8] เปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 (ถ่านอัดแท่ง)

การหาปริมาณความชื้น (Moisture content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 โดยนำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 ˚C แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 g จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W1) นำไปอบในตู้อบ (Drying Oven) ดังภาพที่ 14 ที่อุณหภูมิ 105 ˚C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที นำไปชั่งน้าหนัก (W2) จากนั้นนำผลที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ (1)

$$M = (W1 - W2) / W1 * 100 \qquad (1)$$

เมื่อ

M = ค่าความชื้น (%)

W1 = น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนอบ (g)

W2 = น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังอบ (g)

ภาพที่ 14 ตู้อบ (Drying Oven)

การหาปริมาณเถ้า (Ash)

ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 โดยนำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 ˚C แล้วนๆไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้าหนัก ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 g จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W3) แล้วนำไปอบในเตาอบ ดังภาพที่ 15 ที่อุณหภูมิ 950 ˚C นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้าหนัก (W4) จากนั้นนำผลที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ (2)

$$M = (W4/W3) * 100 \qquad (2)$$

เมื่อ

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W3 = น้ำหนักของเชื้อเพลิงก่อนอบ (g)

W4 = น้ำหนักของเชื้อเพลิงหลังอบ (g)

ภาพที่ 15 เตาอบ

สารระเหยที่ได้ (Volatile matter)

ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 โดยทำการเผา Crucible พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 ˚C ประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทาให้เย็นโดยนาไปใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 15 นาที จึงนาไปชั่งน้าหนักด้วย เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 16 (W5) ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 g จากนั้นนาไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปใส่ในเตา อบที่อุณหภูมิ 750 ˚C นาน 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาทีนำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W6) จากนั้นนำผลที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ (3)

$$V = (W5 - W6)/W5 \times 100 - M \qquad (3)$$

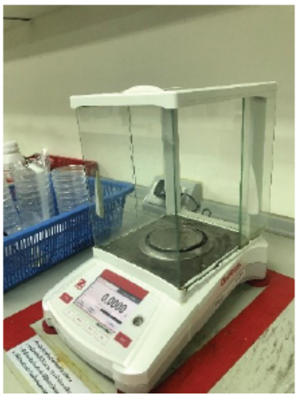
เมื่อ

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

W5 = น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิงก่อนอบ (g)

W6 = น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิงหลังอบ (g)



ภาพที่ 16 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)

ทำการคำนวณดังสมการ ร้อยละคาร์บอนคงตัว = 100 – (ร้อยละของปริมาณความชื้น) – (ร้อยละของปริมาณสารระเหย) – (ร้อยละของปริมาณเถ้า)

การหาค่าความร้อน (Heating Value)

ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน D5865-13 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสามารถแสดงให้ทราบถึงปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของชีวมวลที่สมบูรณ์โดยค่าความร้อนเป็นสมบัติเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับชนิดของแต่ละชีวมวล และเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ซึ่งค่าความร้อนโดยทั่วไปของเชื้อเพลิงมีอยู่ 2 ประเภท คือค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value, HHV) และค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ค่าความร้อนสูง (HHV) ในการพิจารณาคุณสมบัติของเชื้อเพลิง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ดังภาพที่ 17 แล้วอ่านค่าความร้อนที่แสดงบนโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จะเป็น ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV)

ภาพที่ 17 เครื่อง Bomb Calorimeter

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการทดสอบถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งโดยกำหนดอัตราส่วนถ่านกะลา:ผงถ่าน:แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีอัตราส่วนดังนี้ 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 ตามลำดับ มาทำการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งการวิเคราะห์โดยประมาณ เป็นการหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณสารระเหย (Volatile solid) ปริมาณเถ้า (Ash) สารระเหยที่ได้ (Volatile matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D7582 – 15 และค่าความร้อนแบบกรอส (Gross calorific value) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865-13 เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 เพื่อหาอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งที่เหมาะสมแก่การผลิตถ่านอัดแท่งสามารถทำการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือนและพัฒนาสู่การผลิตเพื่อสร้างรายได้แก่ครัวเรือนหรือชุมชน ดังตารางที่ 1.

อัตราส่วนถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง		อัตราส่วน 7:2:3	อัตราส่วน 6:3:1	อัตราส่วน 5:4:1	มผช 238/2547
ความชื้น	ร้อยละ	6.67	7.24	4.95	8
เถ้า	ร้อยละ	9.86	16.12	33.88	
สารระเหย	ร้อยละ	28.69	29.03	26.37	
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	54.78	47.61	34.8	
ความร้อน	แคลอรีต่อกรัม	5,964	5,256	4,201	5,000

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์ทั้งหมดของถ่านกะลาอัดแท่งอัตราส่วน 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1
โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D7582-15 (รายการที่ 1-4) และ ASTM D5865-13 ตามลำดับ

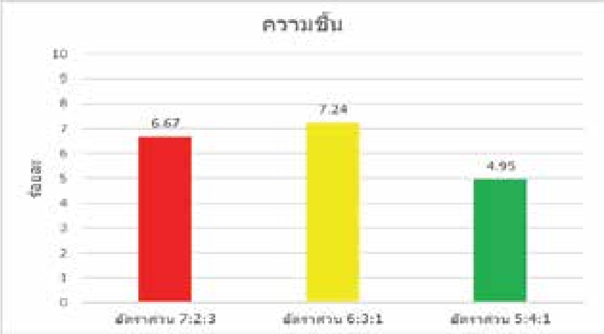
ของเสียที่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้ว กลายเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติสูงนอกจากจะมีค่าความร้อนสูงแล้ว ยังจะต้องมีองค์ประกอบที่เป็นส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible Substance) โดยเฉพาะคาร์บอนคงตัวในปริมาณสูงแต่มีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้หรือเถ้าในปริมาณน้อยเนื่องจากเป็นของเสียที่ต้องกำจัดออกจากห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ ยังจะต้องมีกำมะถันรวมในปริมาณน้อย เพื่อไม่ให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับความชื้นในของเสียแม้ว่าการตากแดดหรืออบแห้งสามารถลดความชื้นในของเสียได้แต่ก็จะเป็นการเพิ่มขั้นตอนและความยุ่งยากในการดำเนินงาน และอาจเพิ่มต้นทุนการผลิตหากต้องใช้วิธีลดความชื้นด้วยการอบแห้ง โดยสรุป คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของของเสียที่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่ง [9] ดังตารางที่ 2

คุณสมบัติของเสียที่สมารถแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง	
ค่าความร้อน	สูง
คาร์บอนคงตัว	สูง
ปริมาณสารระเหยที่ได้	สูง
เถ้า	ต่ำ
ความชื้น	ต่ำ
กำมะถันรวม	ต่ำ

ตาราที่ 2 แสดงคุณสมบัติของเสียที่สมารถแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง (คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม)

การเปรียบเทียบปริมาณค่าความชื้น

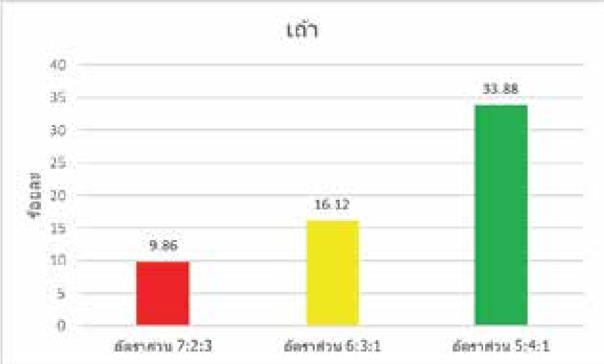
ทำการเปรียบเทียบปริมาณค่าความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่างอัตราส่วน 7:2:1 , 6:3:1 ,5:4:1 โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D7582-15 ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง แรงอัด และตัวประสารจากผลวิเคราะห์สรุปได้ว่าอัตราส่วนที่ 5:4:1 มีค่าความชื้นที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 4.95 ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่าอัตราส่วนที่ต่างกัน

การเปรียบเทียบปริมาณเถ้า

ทำการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่างอัตราส่วน 7:2:1 ,6:3:1 ,5:4:1 โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D7582-15 ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง แรงอัด และตัวประสารจากผลวิเคราะห์สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่ 7:2:1 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 9.86 ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของ
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่าอัตราส่วนที่ต่างกัน

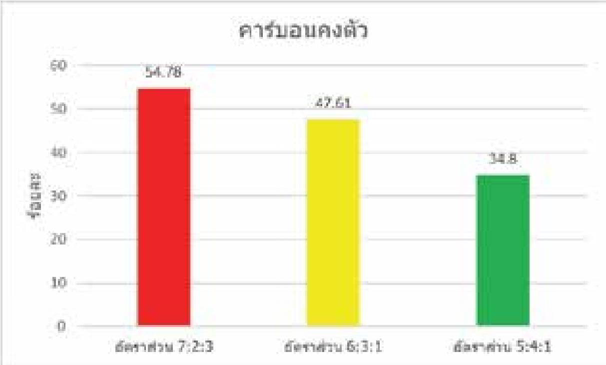
การเปรียบเทียบปริมาณสารระเหย

ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารระเหยของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่างอัตราส่วน 7:2:1, 6:3:1 ,5:4:1 โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D7582-15 ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของถ่านกะลามะพร้าอัดแท่ง แรงอัด และตัวประสารจากผลวิเคราะห์สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่ 5:4:1 มีปริมาณสารระเหยสูงที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 29.03 ดังภาพที่ 20

ภาพที่ 20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารระเหยของ
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่าอัตราส่วนที่ต่างกัน

การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนคงตัว

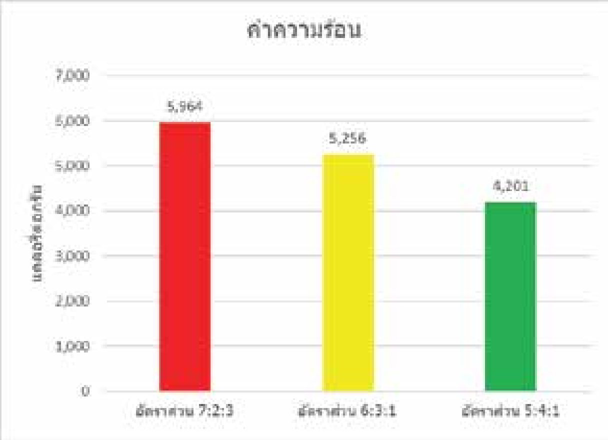
ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารระเหยของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่างอัตราส่วน 7:2:1, 6:3:1 ,5:4:1 โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D7582-15 ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของถ่านกะลามะพร้าอัดแท่ง แรงอัด และตัวประสารจากผลวิเคราะห์สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่ 7:2:1 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 26.37 ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนคงตัวของ
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่าอัตราส่วนที่ต่างกัน

การเปรียบเทียบค่าความร้อน

ทำการเปรียบเทียบปริมาณค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่างอัตราส่วน 7:2:1, 6:3:1 ,5:4:1 โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D5865-13 ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของถ่านกะลามะพร้าอัดแท่ง แรงอัด และตัวประสารจากผลวิเคราะห์สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่ 7:2:1 มีค่าความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 5,964 แคลอรี่ต่อกรัม ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณค่าความร้อนของ
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งระหว่าอัตราส่วนที่ต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติของถ่านกะลาอัดแท่งพบว่าอัตราส่วนที่ 5:4:1 มีค่าความชื้นที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 4.95 อัตราส่วนที่ 7:2:1 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 9.86 อัตราส่วนที่ 5:4:1 มีปริมาณสารระเหยสูงที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 29.03 อัตราส่วนที่ 7:2:1 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 26.37 และอัตราส่วนที่ 7:2:1 มีค่าความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 5,964 แคลอรี่ต่อกรัม ดังนั้นถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งอัดตราส่วน 7:2:1 จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านอัดแท่งสามารถทำการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือนและพัฒนาสู่การผลิตเพื่อสร้างรายได้แก่ชุมชนได้ เนื่องจากถ่านกะลาอัดแท่งอัดตราส่วน 7:2:1 มีค่าความชื้นร้อยละ 6.67 และค่าความร้อน 5,964 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 กำหนดค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนักและค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม

เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบจัดเก็บและรายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชรายเดือน ระดับตำบล (รต.) กรมส่งเสริมการเกษตร

[2] ธนาพล ตันติสัตยกุล, สุริฉาย พงษ์เกษม, ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า, และภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกล้วย, “พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีที่ 23 ฉบับที่ 3, หน้า 418-429, 2558

[3] มาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 สานักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2547

[4] จินดามณี ป๊อกสอน และคณะ (2558). เครื่องอัดแท่งด้วยสกรูแบบอัดเย็น. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[5] รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[6] อนุสรา งามเลิศ, เขมนิจจารีย์ สาริพันธ์* และ ประนิตดา เพ็งจิ๋ว ชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัส วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562

[7] วรัญญา เทพสาสน์กุล วรัญญา ธรรมชาติ และอัคริน์ทร์ อินทนิเวศน์ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทกะลามะพร้าวการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12

[8] เสริมศักดิ์ เกิดวัน รุ่งโรจน์ จีนด้วง สุธาพร เกตุพันธ์ (2561) การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกต้นสาคู มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[9] เกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

อิทธิพลของอุณหภูมิและความเป็นกรดด่างต่อค่าสีของกลูโคสไซรัปในการผลิตกลูโคสไซรัปจากมันสำปะหลัง

Influence of temperature and pH on glucose syrup color in glucose syrup production from tapioca.

ภัทร แสนยามาศ[1] และ สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการแข่งขันภายในอุตสาหกรรมกลูโคสไซรัป (Glucose syrup) มีความรุนแรงมากขึ้นทำให้ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องคิดค้นนวัตกรรมและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้มีคุณภาพสอดคล้องตามความต้องการของลูกค้าโดยเฉพาะค่าสีของผลิตภัณฑ์โดยการดูดซับสีด้วยถ่านกัมมันต์เป็นกระบวนการสำคัญอย่างมาก ซึ่งหากสามารถลดค่าสีของกลูโคสไซรัปได้จะทำให้ลดการใช้ถ่านกัมมันต์ ลดการใช้ทรัพยากรเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยิ่งขึ้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ในกระบวนการดูดซับสี โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มจำนวน จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ในช่วง 75 และ 80 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกระบวนการดูดซับสีในช่วง 2, 4 และ 6 ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพื่อดูความคงสภาพของผลิตภัณฑ์และต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกลูโคสไซรัปที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปและสภาวะความเป็นกรดด่างส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกลูโคสไซรัปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าสีกลูโคสไซรัปมากที่สุดคือความเป็นกรดด่างดังนั้นการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมจะสามารถลดปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ลงได้และเป็นการลดต้นทุนในการผลิตรวมถึงเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญต่อการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและคุ้มค่า ดังนั้นการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมจะสามารถลดปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ลงได้

คำสำคัญ: กลูโคสไซรัป ถ่านกัมมันต์ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม

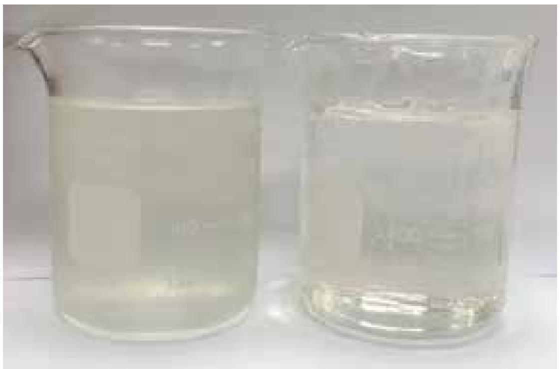
บทนำ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญที่สุดในเอเชียโดยมันสำปะหลังนั้นเป็นพืชอาหารประเภทแป้ง ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ทั้งเป็นอาหารสำหรับคน (Food) อาหารสัตว์ (Feed) พลังงานชีวภาพ (Fuel) หรือนำไปเป็นสารตั้งต้นประเภทในกระบวนการผลิตสารให้ความหวาน (Sweetener) [1] หรือ กลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น อาหาร เครื่องดื่ม เป็นต้น จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดีราคาไม่แพงซึ่งดำเนินการโดยสถาบันต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งเทคโนโลยี นวัตกรรม ที่นำมาใช้ปรุงแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมในการที่จะผลิตอาหารที่มีคุณภาพ และลดต้นทุนการผลิตลงเพื่อผลประโยชน์ในทางการค้า ดังนั้นวัตถุที่ใช้เป็นสารช่วยในการผลิต (Processing aid) [2] ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการดูดซับ คือ ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) โดยลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาลขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับสาร[3]โดยกระบวนการดูดซับจะมีการควบคุมอุณหภูมิการผลิตณสภาวะปกติที่ให้กลูโคสไซรัปไหลผ่านที่72องศาเซลเซียสซึ่งค่าความหนืดเป็นปัจจัยสำคัญในการจำกัดกำลังการผลิตในกระบวนการดูดซับโดยในกระบวนการผลิตปกติจะควบคุมในช่วง70-75องศาเซลเซียสจึงมีสมมุติฐานในการปรับสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับอุณหภูมิ75และ80องศาเซลเซียส[7]ที่จะช่วยลดค่าความหนืดคาดว่าจะเพิ่มกำลังการผลิตได้และไม่กระทบต่อค่าสี [6] รวมถึงต้นทุนของสารดูดซับ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างมากที่ทำให้สีของสารละลายกลูโคสไซรัปใสไม่เปลี่ยนสีและลดการร้องเรียนจากลูกค้าซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในธุรกิจอาหารในปัจจุบันและทำให้การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าสีของกลูโคสไซรัปซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ในกระบวนการดูดซับสี โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มจำนวน จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ในช่วง 75 และ 80 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกระบวนการดูดซับสี ในช่วง 2 , 4 และ 6 ต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกลูโคสไซรัป

วิธีการวิจัย

กำหนดตัวอย่างที่ใช้สำหรับงานวิจัย คือ สารสารละลายกลูโคสไซรัปก่อนเข้ากระบวนการดูดซับสี ซึ่งจะทำให้กลูโคสไซรัปมีค่าสีลดลง ใสขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบสีสารละลายกลูโคสไซรัป
ก่อน (ซ้าย) และหลัง (ขวา) กระบวนการดูดซับสี

1. การทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสีของสารละลายกลูโคสไซรัปในกระบวนการผลิต

ในงานวิจัยนี้จะนำตัวอย่างสารสารละลายกลูโคสไซรัปก่อนเข้ากระบวนการดูดซับสีเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสีโดยปรับสภาวะอุณหภูมิตัวอย่างปริมาณ 150 มิลลิลิตรแสดงการเกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อการผลิตที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับอุณหภูมิ 75 และ 80 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกระบวนการดูดซับสี ที่ระดับ 2 , 4 และ 6 ตามลำดับ โดยสีของตัวอย่างการทดลองเทียบกับตัวควบคุมที่สภาวะอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการผลิต (อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการปรับอุณหภูมิขึ้นเป็น 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที ด้วยอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ (Oil bath) นำตัวอย่างก่อนและหลังให้ความร้อนเพื่อทดสอบคุณสมบัติด้วยการวิเคราะห์ค่าสี หรือ ค่าดูดกลืนแสง (Optical density ; OD) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร และ 600 นาโนเมตร ตามมาตรฐาน International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Method GS2/3-10 [4] ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1900i โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$OD = \frac{(A_{450} - A_{600}) \times \text{Dilution factor} \times 100}{4\ \text{cm cell length}}$$

โดยที่ OD คือ ค่าดูดกลืนแสง

A_{450} คือ ความยานคลื่น 450 นาโนเมตร

A_{600} คือ ความยานคลื่น 600 นาโนเมตร

Dilution factor คือ อัตราส่วนเจือจางโดยสารสารละลายกลูโคสไซรัปสามารถวัดจากตัวอย่างได้เลยไม่ต้องเจือจางโดยใช้ค่าคงที่เท่ากับ 1

Cell length คือ Cell cuvette รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4 cm x 1 cm เพื่อใช้สารละลายตัวอย่าง

ภาพที่ 2 ผังกระบวนการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสีของสารละลายกลูโคสไซรัปในกระบวนการผลิต

2. ออกแบบการทดลอง

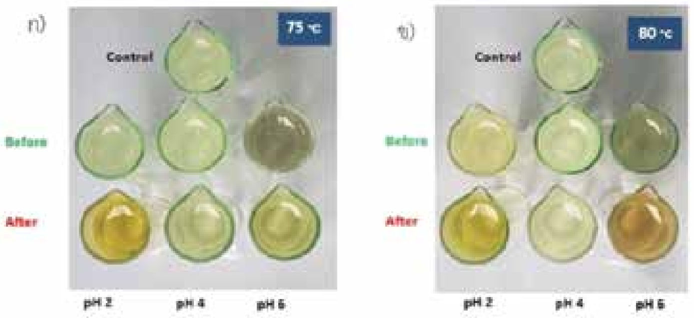
การทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มจำนวน [5] กำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าสี 2 ตัวแปร คือ ค่าความเป็นกรดด่างจำนวน 3 ระดับ และอุณหภูมิจำนวน 2 ระดับ จำนวน 2 ตัวอย่างในแต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยพิจารณาผลตอบเป็นค่าสี (OD_Before) และค่าความเสถียรของค่าสี (OD_Stability) ที่เป็นผลต่างระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังกระบวนการดูดซับสี

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

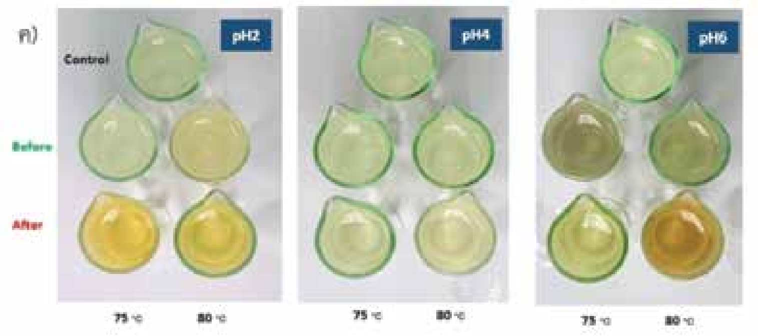
จากตารางที่ 1 แสดงลำดับของการทดลองและผลของค่าสีจากการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มจำนวนมีลำดับการทดลอง 12 ครั้ง จากการกำหนดตัวแปรในการทดลอง 2 ตัว คือ Temperature และ pH โดยสีของตัวอย่างการทดลองเทียบกับตัวควบคุม (อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส pH 4) แสดงแยกตามอุณหภูมิและความเป็นกรดด่าง แสดงในภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากภาพที่ 3 พบว่าอุณหภูมิระดับ 80 องศาเซลเซียส ระดับความกรดด่าง 4 มีสีที่ใกล้เคียงกับตัวควบคุมมากที่สุด (OD_Before) สอดคล้องกับภาพที่ 4 ที่แสดงให้เห็นได้ชัดว่า ระดับความเป็นกรดด่าง 4 ให้สีที่ใกล้เคียงกับตัวควบคุมมากที่สุด อีกทั้งมีความเสถียรของสีก่อนและหลังกระบวนการ ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ลำดับของการทดลองและผลของการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มจำนวน

StdOrder	RunOrder	Temperature	pH	OD_Before	OD_Stability
1	1	75	2	2.224	0.987
2	2	80	2	2.197	0.899
3	3	75	4	1.982	0.026
4	4	80	4	1.976	0.013
5	5	75	6	2.085	0.082
6	6	80	6	1.893	0.662
7	7	75	2	2.221	1.001
8	8	80	2	2.199	0.914
9	9	75	4	1.991	0.02
10	10	80	4	1.978	0.013
11	11	75	6	2.089	0.098
12	12	80	6	1.893	0.664



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่าง – แยกตามอุณหภูมิ
อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ข) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่าง – แยกตามค่าความเป็นกรดด่าง

จากตารางที่ 1 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติแสดงในภาพที่ 5 พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าสีและความเสถียรของค่าสี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ ตามลำดับแสดงในภาพที่5และปัจจัยร่วมก็ส่งผลค่าทั้งค่าสีและความเสถียรของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แสดงในภาพที่ 8

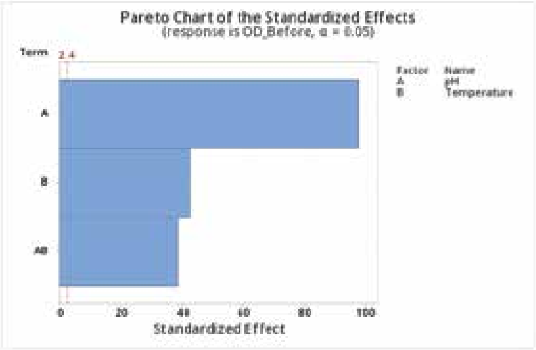
General Factorial Regression: OD_Before versus pH, Temperature

Factor Information

Factor	Levels	Values
pH	3	2, 4, 6
Temperature	2	75, 80

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	0.172714	0.034543	3636.08	0.000
Linear	3	0.151715	0.050572	5323.34	0.000
pH	2	0.134387	0.067194	7073.01	0.000
Temperature	1	0.017328	0.017328	1824.00	0.000
2-Way Interactions	2	0.020998	0.010499	1105.18	0.000
pH*Temperature	2	0.020998	0.010499	1105.18	0.000
Error	6	0.000057	0.000010		
Total	11	0.172771			



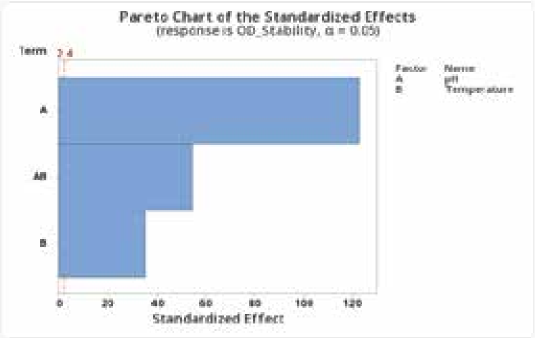
General Factorial Regression: OD_Stability versus pH, Temperature

Factor Information

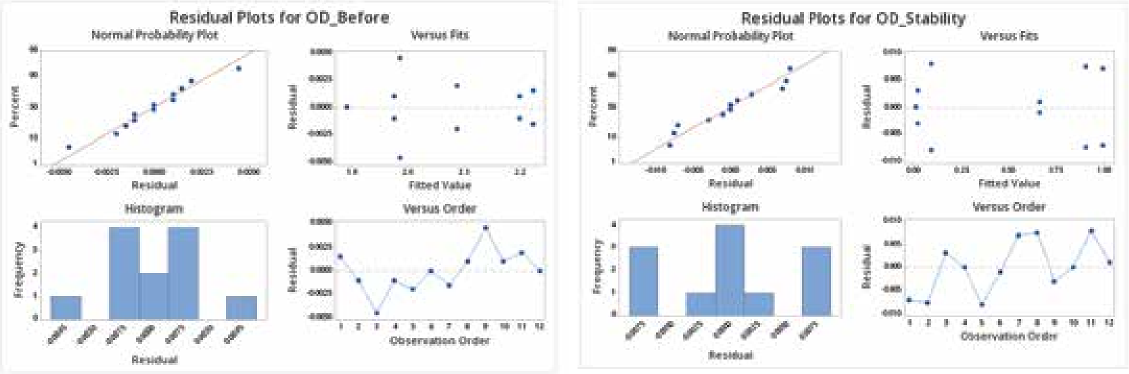
Factor	Levels	Values
pH	3	2, 4, 6
Temperature	2	75, 80

Analysis of Variance

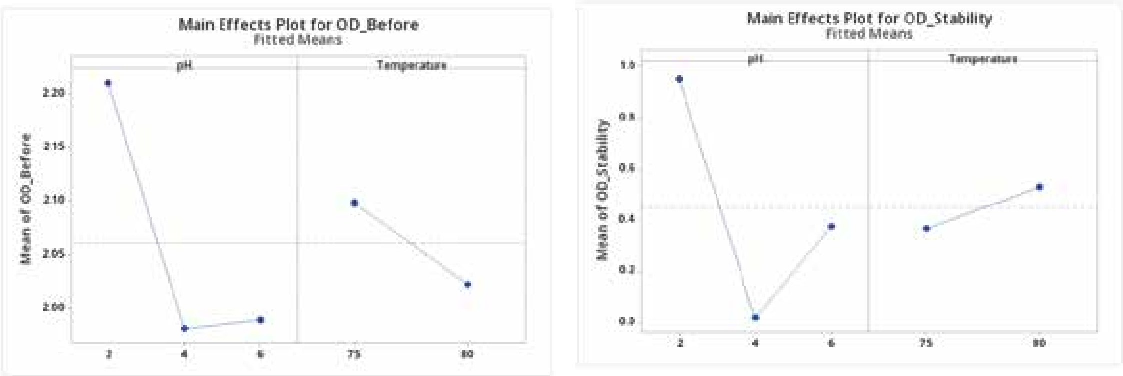
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	2.10515	0.421031	7046.54	0.000
Linear	3	1.84444	0.614812	10289.74	0.000
pH	2	1.76907	0.884534	14803.92	0.000
Temperature	1	0.07537	0.075367	1261.37	0.000
2-Way Interactions	2	0.26072	0.130359	2181.74	0.000
pH*Temperature	2	0.26072	0.130359	2181.74	0.000
Error	6	0.00036	0.000060		
Total	11	2.10551			



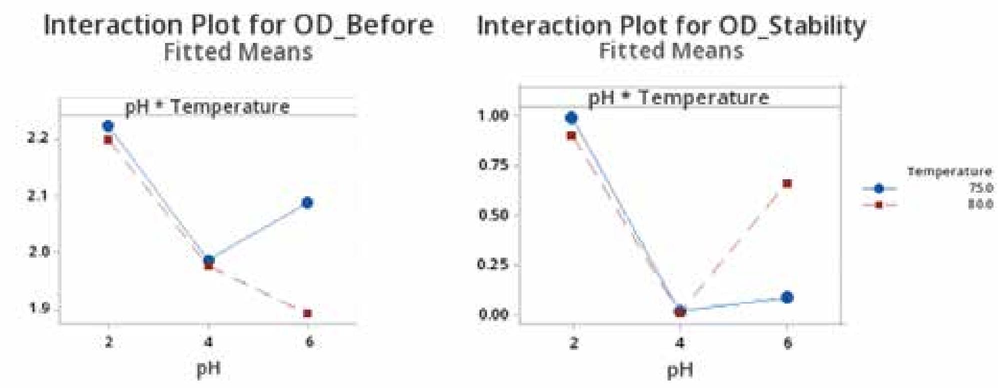
ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มจำนวน



ภาพที่ 6 แสดง Residual plot จากการวิเคราะห์ทางสถิติ



ภาพที่ 7 แสดงผลกระทบหลักของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีและค่าความเสถียรของค่าสี



ภาพที่ 8 แสดงปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อค่าสีและค่าความเสถียรของค่าสี

จากภาพที่6ทำให้สรุปได้ว่าการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง(Residuals) พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงทำให้ประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงปกติ การตรวจสอบความเป็นอิสระ(Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) พบว่าการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างมีรูปแบบที่อิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกันการตรวจสอบความเสถียรของค่าความแปรปรวน (Variance stability) ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Flitted valueพบว่าค่าความแปรปรวนของค่าส่วนตกค้างในแต่ละตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันและไม่พบว่ารูปแบบ

การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างมีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด จึงสรุปว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวนในระดับปกติ ภาพที่ 7 และ 8 แสดงอิทธิพลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม ต่อค่าสี และค่าความเสถียรของค่าสีพบว่าหากปรับปัจจัยกระบวนการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 4 จะให้ค่าสีที่ใกล้เคียงตัวควบคุม และให้ค่าความเสถียรของค่าสีที่ดี และยังสามารถลดค่าความหนืดของกลูโคสไซรัป ทำให้สามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้อีกด้วย จึงคาดว่าจะสามารถลดการใช้ถ่านกัมมันต์ในกระบวนการดูดซับสี โดยยังคงได้ค่าสีตามคุณภาพที่ต้องการ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าสีของกลูโคสไซรัปในกระบวนการดูดซับสี จากผลการทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของอุตสาหกรรมการผลิตกลูโคสไซรัปในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างอุณหภูมิและอิทธิพลร่วมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพค่าสีมากที่สุดคือ ค่าเป็นกรดด่าง ดังนั้นการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ระดับความเป็นกรดด่าง 4 และ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ค่าสีและความเสถียรของค่าสีในช่วงคุณภาพที่ต้องการและคาดว่าจะสามารถลดปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ลงได้และเป็นการลดต้นทุนในการผลิตรวมถึงเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญต่อการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและคุ้มค่า

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยฉบับนี้ขอกราบขอบพระคุณโรงงานผลิตและส่งออกกลูโคสไซรัปจากมันสำปะหลังแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมาและสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและหาข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้ที่มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและส่งเสริมทางด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นกำลังใจที่ช่วยผลักดันให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สวลี ดีประเสริฐ. (2555). Utilization of Cassava Soiled Waste for Sugar Production. ในการสัมมนาทางวิชาการเรื่อง งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ. (น. 39). สงขลา: ม.ป.พ.

[2] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา . (2562). คำชี้แจงประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่องการแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ. ค้นจาก http://food.fda.moph.go.th/law/index.php

[3] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ถ่านกัมมันต์. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562] เข้าถึงจาก : http://research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS900-2547.pdf

[4] The International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis Ltd. (ICUMSA). (2550). ICUMSA Method GS2/3-10. ค้นจาก http://https://www.icumsa.org/index.php?id=815

[5] วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์. (2560). การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) General Full Factorial Design. [รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์].Quality for Tools,60(23), 20-22.

[6] Danny M. T. Nguyen . (2013). COLOUR REMOVAL FROM SUGAR CANE JUICE. Doctor of Philosophy, Queensland University of Technology.

[7] Richard Lewandowski . (2003). Colorants in the sugar industry: Laboratory preparation and spectrometric analysis. researchgate, 2003, 5.

การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพ จากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม
Economic Evaluation of Biochar Production from Corn Cob for Agricultural

ประภัสสร รัตนไพบูลย์[1] นิกราน หอมดวง1 ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1] ภคมน ปินตานา[1]
เสริมสุข บัวเจริญ[1] และชูรัตน์ ธารารักษ์[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
63 ม.4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าสู่สังคมเกษตรอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูกการใช้ถ่านชีวภาพสามารถลดต้นทุนในการทำการเกษตรได้รวมถึงลดปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแปลงปลูกเพื่อให้การผลิตถ่านชีวภาพเกิดความคุ้มค่าในด้านการนำไปใช้งานและด้านการลงทุนในการผลิตและสามารถสร้างรายได้เสริมในแก่เกษตรกรคนในชุมชนได้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินเศรษฐศาสตร์ การผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นแหล่งความร้อน มีต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพต่อหน่วยอยู่ที่ 50.02 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 10 เดือน เมื่อกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด 778,417.93 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48

คำสำคัญ: ชีวมวล ซังข้าวโพด ถ่านชีวภาพ ต้นทุน

บทนำ

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุในการปรับปรุงและบำรุงคุณภาพของดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินรวมทั้งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดินจากคุณสมบัติที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงและความเป็นรูพรุนส่งผลให้ถ่านชีวภาพสามารถกักเก็บแร่ธาตุในดินและกักเก็บความชื้นในดินได้นาน[1]ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาดินเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการใช้สารเคมีและการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นชีวมวลภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการเผาในที่โล่งแจ้งนอกจากส่งผลให้ดินเสื่อมสภาพแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อม จากสถิติรายงานสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันประจำปี 2562 ประเทศไทยมีจุดความร้อนทั้งหมด 29,251 จุด โดยส่วนใหญ่เกิดในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจำนวน9,859จุด[2]ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงและบำรุงดินและลดปัญหาด้านการเผาไหม้การใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง [3] ถ่านชีวภาพเป็นถ่านที่ได้จากกระบวนการแยกสลายทางความร้อนที่เรียกว่า ไพโรไลซิส [4]จากผลการศึกษาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ช่วยให้ดินเกิดความอุดมสมบูรณ์และเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีนั้นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์แก่ชุมชนดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวภาพและการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพเพื่อเป็นองค์ความรู้และเครื่องมือในการตัดสินใจในการส่งเสริมการผลิตถ่านชีวภาพในชุมชนให้เพิ่มสูงขึ้น

วิธีการวิจัย

การผลิตถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไรซิสเป็นกระบวนการที่ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนและมีความเป็นรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น เมื่อนำมาใช้กับดินจะช่วยในการปรับสภาพดิน สามารถดูดซับหรือจับแร่ธาตุที่เป็นประจุบวกได้ดี ช่วยทำให้ดินมีธาตุอาหารที่สมบูรณ์ [5] การทดสอบนี้จึงได้มีการเตรียมชีวมวลซังข้าวโพด ดังภาพที่ 1 ลดขนาด (1-2 มิลลิเมตร) ด้วยเครื่องบดหยาบและบดละเอียด จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ด้วยเครื่องผลิตถ่านชีวภาพขนาด 40 ลิตร ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่อัตราการไหลเฉลี่ย 5 ลิตร/นาที ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นแหล่งความร้อน ถ่านชีวภาพที่ผลิตขึ้นจะได้รับความร้อนพร้อมทั้งเกิดการหมุนของห้องเผาไหม้โดยใช้มอเตอร์ภายหลังกระบวนการไพโรไลซิสจะได้ถ่านชีวภาพที่มีลักษณะสีดำดังภาพที่ 2 โดยมีร้อยละผลผลิตถ่านอยู่ที่ร้อยละ 33.94 โดยมีคุณสมบัติด้านเคมีด้วยการวิเคราะห์โดยประมาณ ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 1.78 สารระเหยร้อยละ 33.05 ปริมาณเถ้าร้อยละ 16.13 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 49.04 ค่าความร้อนสูง 24.85 เมกกะจูล/กิโลกรัม ด้านความเป็นรูพรุนถ่านชีวภาพมีพื้นที่ผิวรูพรุน 8.20 ตารางเมตร/กรัม ปริมาตรรูพรุน 0.01 ลูกบาศก์เมตร/กรัม ในด้านคุณสมบัติด้านการเกษตรถ่านชีวภาพมีค่า pH 8.59 ค่าการนำไฟฟ้า 1,340 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ความสามารถการแลกเปลี่ยนไอออนบวก 123.17 เซนติสมมูลย์/กิโลกรัม สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 0.33 และความสามรถในการอุ้มน้ำร้อยละ 99.72

ภาพที่ 1 ซังข้าวโพด

ภาพที่ 2 ถ่านชีวภาพ

การผลิตถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไรซิสเป็นกระบวนการที่ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนและมีความเป็นรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น เมื่อนำมาใช้กับดินจะช่วยในการปรับสภาพดิน สามารถดูดซับหรือจับแร่ธาตุที่เป็นประจุบวกได้ดี ช่วยทำให้ดินมีธาตุอาหารที่สมบูรณ์ [5] การทดสอบนี้จึงได้มีการเตรียมชีวมวลซังข้าวโพด ดังภาพที่ 1 ลดขนาด (1-2 มิลลิเมตร) ด้วยเครื่องบดหยาบและบดละเอียด จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ด้วยเครื่องผลิตถ่านชีวภาพขนาด 40 ลิตร ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่อัตราการไหลเฉลี่ย 5 ลิตร/นาที ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นแหล่งความร้อนถ่านชีวภาพที่ผลิตขึ้นจะได้รับความร้อนพร้อมทั้งเกิดการหมุนของห้องเผาไหม้โดยใช้มอเตอร์ ภายหลังกระบวนการไพโรไลซิสจะได้ถ่านชีวภาพที่มีลักษณะสีดำดังภาพที่2โดยมีร้อยละผลผลิตถ่านอยู่ที่ร้อยละ 33.94 โดยมีคุณสมบัติด้านเคมีด้วยการวิเคราะห์โดยประมาณ ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 1.78 สารระเหยร้อยละ 33.05 ปริมาณเถ้าร้อยละ 16.13 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 49.04 ค่าความร้อนสูง 24.85 เมกกะจูล/กิโลกรัม ด้านความเป็นรูพรุนถ่านชีวภาพมีพื้นที่ผิวรูพรุน 8.20 ตารางเมตร/กรัม ปริมาตรรูพรุน 0.01 ลูกบาศก์เมตร/กรัม ในด้านคุณสมบัติด้านการเกษตรถ่านชีวภาพมีค่า pH 8.59 ค่าการนำไฟฟ้า 1,340 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ความสามารถการแลกเปลี่ยนไอออนบวก 123.17 เซนติสมมูลย์/กิโลกรัม สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 0.33 และความสามรถในการอุ้มน้ำร้อยละ 99.72

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเริ่มโครงการ}}{\text{เงินสดรับสุทธิรายปี}} \qquad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือมูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ [7] ดังสมการที่ (2)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1-r)^t} - I \qquad (2)$$

เมื่อ CFt คือ กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่ t, I คือ เงินสดจ่ายลงทุนโครงการ, r คือ อัตราส่วนลด และ n คือระยะเวลาอายุของโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คืออัตราคิดลดที่ทาให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ [7] ดังสมการที่ 3

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1-IRR)^t} - I \qquad (3)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม ได้กำหนดราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตถ่านชีวภาพ ประกอบด้วย เครื่องบดหย่อยหยาบ 25,000 บาท เครื่องบดย่อยละเอียด 12,000 บาท เครื่องผลิตถ่านชีวภาพ 30,000 บาท และถังก๊าซไนโตรเจน 5,000 บาท ในด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค ประกอบด้วย ซังข้าวโพดราคา 0.5 บาท/กิโลกรัม ค่าไฟฟ้า 4.22 บาท/หน่วย ก๊าซไนโตรเจน 0.10 บาท/ลิตร แก๊สหุงต้ม 0.03 บาท/กิโลกรัม และค่าแรงงาน 280 บาท/คน จำนวน 2 คน บางกรณีอาจทำงานเกินเวลาจะคิดรายได้เพิ่มเป็นชั่วโมง และตลอดทั้งปีจะทำงานเฉลี่ย 260 วัน ในด้านการบำรุงรักษาต่อปี 10% ของราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี รายละเอียดดังตารางที่ 1

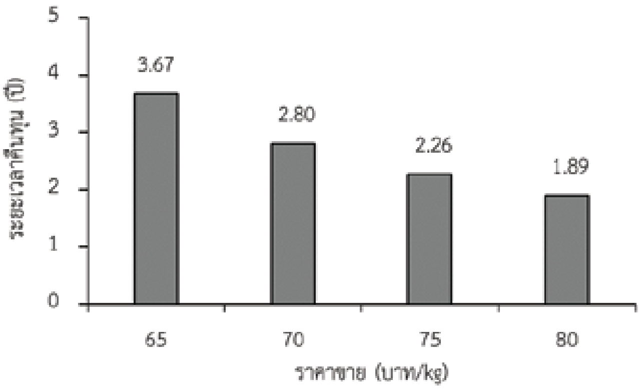
ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ

รายการ	จำนวน
ราคาเครื่องบดหยาบ (บาท)	25,000
ราคาเครื่องบดย่อย (บาท)	12,000
ราคาเครื่องผลิตถ่านชีวภาพ (บาท)	30,000
ระยะเวลาทำงาน (วัน/ปี)	280
กำลังการผลิตถ่านชีวภาพ (กิโลกรัม/วัน)	50
ร้อยละผลิตถ่านชีวภาพ (ร้อยละ)	33.94
ซังข้าวโพดที่ต้องการต่อวัน (กิโลกรัม/วัน)	147.32
อัตราการใช้ไฟฟ้า (หน่วย/กิโลกรัมถ่านชีวภาพ)	7.19
อัตราการใช้แก๊สหุงต้ม (กิโลกรัม/กิโลกรัมถ่านชีวภาพ)	2.49
อัตราการใช้แก๊สไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	5
คนงาน (คน)	2
ราคาซังข้าวโพด (บาท/กิโลกรัม)	0.5
ราคาค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	4.22
ราคาแก๊สหุงต้ม (LPG) (บาท/กิโลกรัม) (ถัง 15 กิโลกรัม)	0.03
ราคาค่าแก๊สไนโตรเจน (บาท/ลิตร)	0.10
ค่าแรงงาน (บาท/วัน)	300
อัตราส่วนลด (ร้อยละ)	10

จากข้อมูลข้างต้นเมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพพบว่ามีต้นทุนในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตถ่านชีวภาพอยู่ที่ 72,500 บาท ด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค อยู่ที่ 680,000 บาทโดยมีต้นทุนรวมอยู่ที่752,911.21บาทส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพต่อหน่วยเฉลี่ย50.02 บาทในขณะที่ราคาขายตามท้องตลาดปัจจุบัน50-65บาท/กิโลกรัมอย่างไรก็ตามราคาถ่านชีวภาพของทั่วโลกมีค่าอยู่ที่ 81.36 บาท/กิโลกรัม [8]

ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

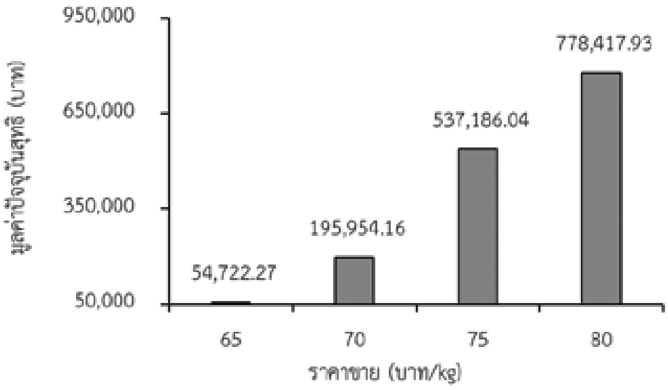
การกำหนดราคาถ่านชีวภาพไว้ที่65-80บาทเพื่อนำมาพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของการผลิตถ่านถ่านชีวภาพพบว่าการกำหนดราคาขายสูงจะส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านชีวภาพสั้นลงดังภาพที่ 3 การกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.89 ปี หรือ 1 ปี 10 เดือน ทั้งนี้ระยะเวลาคืนทุนจะขึ้นอยู่กับค่าแรงงาน ระยะเวลาการทำงาน และต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตเป็นหลัก โดยทั่วไปราคาขายตามท้องตลาดปัจจุบันจะขายถ่านชีวภาพอยู่ที่ 50-65 บาท/กิโลกรัม ซึ่งการตั้งราคาขายที่ 65 บาท/กิโลกรัม จะส่งผลให้มีระยะเวลาคืนทุนนานคือ 3.67 ปี หรือ 3 ปี 8 เดือน อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติของถ่านชีวภาพเบื้องต้นที่มีคุณภาพสูง อาจกำหนดราคาขายที่สูงกว่าตามท้องตลาดได้ ซึ่งจะส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง



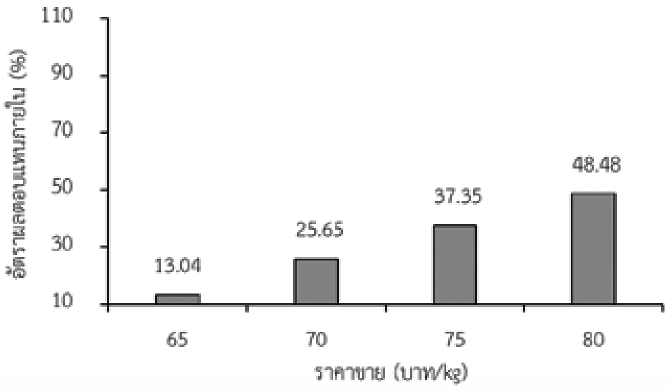
ภาพที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในของการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิการผลิตถ่านถ่านชีวภาพพบว่าการกำหนดราคาขายถ่านชีวภาพที่สูงจะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเพื่อสูงขึ้นการกำหนดราคาขายที่80บาท/กิโลกรัมจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุดอยู่ที่ 778,417.93 บาท ดังภาพที่ 4 ซึ่งหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงจะส่งผลให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูงโครงการเป็นที่ยอมรับมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสอดคล้องกับอัตราผลตอบแทนเมื่อกำหนดราคาขายจะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในสูง ดังภาพที่ 5 การกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48%



ภาพที่ 4 มูลค่าปัจจุบันการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ



ภาพที่ 5 อัตราผลตอบแทนภายในการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยอยู่ที่ 50.02 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 10 เดือน เมื่อกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด 778,417.93 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48 ซึ่งสูงกว่าราคาตามท้องตลาดเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านชีวภาพนี้จะเป็นการส่งเสริมให้เกษตรเป็นเกษตรอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก การใช้ถ่านชีวภาพนี้จึงสามารถลดต้นทุนในการทำการเกษตร ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในการเผาไหม้และการใช้สารเคมี การใช้ถ่านชีวภาพจึงมีความคุ้มค่าในด้านการใช้งาน และด้านการลงทุนในการผลิตเนื่องจากจะสร้างรายได้เสริมในแก่คนในชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษา ขอขอบคุณโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษาบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ทิวา ตันสถิตย์, สุธรรม โรจนเมฆา และรณกร เทพวงษ์. 2559. การผลิตไบโอชาร์จากตอซังและฟางข้าวเพื่อการอุ้มน้ำในดิน. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1, 401-410.
[2] สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2562. สรุปสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควัน ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม ประจำปี 2562. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
[3] Simon Shackley, Saran Sohi, Stuart Haszeldine, David Manning and Ondrej Masek. (2009). Biochar, reducing and removing CO2 while improving soils: A significant and sustainable response to climate.
[4] เบญจพร เครือทะนันไชย. 2557. การวิเคราะห์พารามิเตอร์และต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมมหาบัณฑิต เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
[5] ไววุฒิ ภู่ทอง, สายฝน สินสมุทรไทย, นัยนา พรมอุดม, ปัญญารัตน์ สิงห์พยัคฆ์, ภัทรมาศ มากมูล, กิติพัทธ์ โพธิ์ศรี, ศุภกร คำงาม และ จริงใจ เพชรแก้ว. 2557. เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง ถ่านชีวภาพ. เพชรบุรี: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
[6] รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
[7] Sukhothai Thammathirat open University. (2015.). เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563, จาก https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-03.html
[8] Ahmed Mohammad Boshir, Zhou John L., Ngo Huu Hao and Guo Wenshan 2016. Insight into biochar properties and its cost analysis. Biomass and Bioenergy, 84(2016), 76-86.

การปรับปรุงกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแปรรูป โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบ ของกลุ่มขุนงาวฟาร์ม อำเภองาว จังหวัดลำปาง
The Processing Improvement of Processed Crickets by Hybrid Carbinet of Khun Ngao Farm Group, Ngao District Lampang Province

รวิภา ยงประยูร[1] ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์[2] ทิพรัตน์ ติมะปัญญา[3] และ ฆัมวาน เวียงนาค[4]
[1]*สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
[2]สาขาวิชาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
[3]สาขาวิชานวัตกรรมและธุรกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
[4]ขุนงาวฟาร์ม ตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง 52110

บทคัดย่อ

ผลจากการเข้าร่วมโครงการจัดการความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชนสังคมภายใต้โครงการส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ประจำปี 2563 หัวข้อการยกระดับสินค้าจากการปรับเปลี่ยนลักษณะ "คน งาน รูปแบบการจัดการ" โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบนี้ใช้หลักการทำงานของการอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนในการขับน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการซึ่งในที่นี้จะแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 2 ภาค ได้แก่ ภาคกลางวันที่ใช้พลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และภาคกลางคืนที่ใช้ลมร้อนจากการเผาไหม้แก๊สหุงต้ม โดยเป็นการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบจากผลงานวิจัยเดิมที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ร่วมกับ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560

ความเป็นนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบนี้อยู่ที่การออกแบบอุปกรณ์ให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน คือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในท้องถิ่นที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีของการอบแห้ง ทั้งนี้ตัวนวัตกรรมได้ถูกนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของอำเภองาว จังหวัดลำปาง จำนวน 4 กลุ่มอาชีพ หนึ่งในนั้นคือกิจกรรมการเลี้ยงจิ้งหรีดของ "ขุนงาวฟาร์ม" ซึ่งต้องแบกรับค่าใช้จ่ายจากการแช่แข็งจิ้งหรีดไข่เฉลี่ยเดือนละ 2,000 บาท เมื่อนำนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบไปใช้ในการอบแห้งทดแทนการแช่แข็งจิ้งหรีดไข่ทำให้เกิดการปรับปรุงผลผลิตจนเกิดการยกระดับผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดไข่ในประเด็นการลดค่าใช้จ่ายร้อยละ 47.88 จากกระบวนการผลิตแบบเดิมด้วยนวัตกรรม และก่อให้การพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพคือใกล้เคียงมาตรฐานมากขึ้น โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 ของจิ้งหรีดทอด

คำสำคัญ: จิ้งหรีดแปรรูป ตู้อบแห้งสองระบบ

บทนำ

“ขุนงาวฟาร์ม” ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 102/4 หมู่5 ตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง อยู่ใน “หมู่บ้านผาแดง”ซึ่งมีภูมิประเทศที่เป็นภูเขาและป่าไม้ ทำให้อาชีพหลักของชุมชน คือ การทำนา ทำไร่ และหาของป่าเพื่อจำหน่ายด้วยความที่เป็นหมู่บ้านเล็กๆห่างจากตัวเมืองทำให้ยังคงสภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอาทิตาน้ำพุดที่เป็นที่มาของแหล่งต้นน้ำในเขตอำเภองาวตลอดจนอากาศที่เย็นสบายตลอดทั้งปี ทำให้สามารถเพาะ “เห็ดหอม” ได้ในบริเวณนี้ ภายใต้ชื่อ ฟาร์มเห็ดบ้านสวน และวรางคณาฟาร์มและเพื่อเป็นการสืบสานและต่อยอดกิจการต่อจากรุ่นพ่อ-แม่นำมาสู่การเลี้ยงจิ้งหรีดและจิ้งโกร่งโดย นายฆัมวาน เวียงนาค ในระยะแรกนอกจากเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อขายสดแล้วยังมีการนำไปแปรรูปเป็นน้ำพริกจิ้งหรีดด้วยลักษณะเป็นการจ้างผลิตโดยโรงงานแปรรูปอาหารทำให้ไม่สามารถควบคุมต้นทุนการผลิตของสินค้าได้ประกอบกับการขายสดก็ประสบปัญหาของการควบคุมคุณภาพและปริมาณจิ้งหรีดที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าทำให้มีปริมาณจิ้งหรีดเหลือจึงต้องทำการแช่แข็งจิ้งหรีดจำนวนมากส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการแช่แข็งจิ้งหรีดสดเฉลี่ยเดือนละ 2,000 บาท ซึ่งคิดเป็นครึ่งหนึ่งของค่าใช้จ่ายในกระบวนการเลี้ยงจิ้งหรีดของขุนงาวฟาร์ม

ภาพที่ 1 การเข้ามาต่อยอดกิจการ
ฟาร์มเห็ดบ้านสวน

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจิ้งหรีด
ของ ขุนงาวฟาร์ม

จากสาเหตุดังกล่าวจึงนำมาสู่ความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อเข้าร่วมโครงการจัดการความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชน สังคม ภายใต้โครงการส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ ประจำปี 2563 ในหัวข้อ การยกระดับสินค้าจากการปรับเปลี่ยนลักษณะ “คน งาน รูปแบบการจัดการ”โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของอำเภองาว จังหวัดลำปาง จัดทำขึ้นเพื่อนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมด้านพลังงานเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร พร้อมทั้งนำมาจัดการความรู้และขยายผลแก่กลุ่มเป้าหมาย ในรูปแบบคู่มือและกิจกรรมตามกลไกที่ออกแบบ จำนวนทั้งสิ้น 4 กลุ่ม ได้แก่ ขุนงาวฟาร์ม สวนภูมิคำ ศูนย์เรียนรู้บ้านร่องเห็ด และศูนย์ฝึกอาชีพชุมชนบ้านร้อง ภายใต้การประสานงานของ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพการเพาะเห็ดบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งคาดหวังให้สินค้าและผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนั้นได้ถูกยกระดับจนมีคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และได้มาตรฐานสำหรับผู้บริโภค นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์มากขึ้น ภายใต้รายละเอียดบทบาทการมีส่วนร่วม ได้แก่ 1.ทดลองปฏิบัติใช้งานนวัตกรรมในกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์ของตนเอง 2.แลกเปลี่ยนความรู้ปัญหาความต้องการ ข้อสังเกตจากการใช้งาน ผ่านวิทยากรต้นแบบ นักศึกษาในพื้นที่ นักวิชาการหน่วยงาน 3.จัดทำกิจกรรมพร้อมทั้งประเมินผลการดำเนินงานของกลุ่มที่ถูกกำหนดโดยผู้ร่วมวิจัยในโครงการภายใต้ความต้องการในการยกระดับสินค้ารายได้และความเป็นอยู่ของกลุ่มเป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการวิจัย

เหตุผลความสำคัญ/ที่มาของโครงการ

นวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบจัดเป็นกระบวนการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ด้วยการใช้พลังงานความร้อนเพื่อลดความชื้น (น้ำ) ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยคณะผู้วิจัยโครงการมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2555 จนถึงปัจจุบัน เริ่มจาก เครื่องอบแห้ง รุ่นที่ 1 ที่ใช้พลาสติกหุ้มโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยต้นทุนการผลิตไม่เกิน 5,000 บาท แต่เนื่องจากวัสดุคลุมเครื่องอบแห้งเป็นพลาสติกทำให้ใช้งานได้ไม่นาน นำมาสู่การปรับปรุงเป็นเครื่องอบแห้ง รุ่นที่ 2 ด้วยการปรับเปลี่ยนวัสดุห่อหุ้มเป็นแผ่นโพลีคาร์บอนเนตแบบใส ซึ่งสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความเร็วอากาศที่ไหลผ่านวัตถุชื้นด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่เครื่องอบรุ่นนี้เคลื่อนย้ายลำบาก นำมาสู่การพัฒนาเป็นรุ่นที่ 3 ที่มีการเพิ่มล้อเข็นให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ทั้งในส่วนตัวเครื่องอบแห้งและระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการสร้างเครื่องอบแห้งรุ่นที่ 4 และ 5 นั้นเป็นการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจที่มีกิจกรรมที่ต้องทำการผลิตเห็ดแห้งจากเห็ดสดวันละ 10 - 30 กิโลกรัม

ภาพที่ 3 แสดงวิวัฒนาการของตู้อบแห้งที่วิจัยและพัฒนาร่วมกับชุมชนจนถึงปัจจุบัน

เมื่อจำแนกนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบตามวิธีการให้ความร้อนกับวัสดุที่อยู่ภายในเครื่องอบแห้ง นวัตกรรมดังกล่าวจัดเป็นเครื่องอบแห้งแบบให้ความร้อนโดยตรง (Direct Dryer) หรือเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อน (Convection Dryer) เนื่องจากใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง โดยนวัตกรรมดังกล่าวใช้แหล่งพลังงานความร้อนได้สองแหล่ง ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และ พลังงานจากการเผาไหม้ของแก๊สหุงต้ม (LPG) ซึ่งการใช้พลังงานร่วมกันนี้จะทำให้ยิ่งประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้นหลักการทำงานคือ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อเหล็กกับลมร้อน โดยให้ความร้อนกับท่อเหล็กด้วยแก๊ส LPG และใช้ โบลเวอร์ไฟฟ้า (Blower) เพื่อเป่าให้อากาศพัดผ่านเข้าไปสัมผัสท่อกับเหล็กจนกลายเป็นลมร้อน และปล่อยเข้าห้องอบและเนื่องจากการใช้งานเครื่องอบแห้งแบบให้ความร้อนโดยตรงนี้จำเป็นต้องให้ตัวกลางการอบแห้งปริมาณมากไหลผ่านเครื่องอบแห้งส่งผลให้การทำความสะอาดและบำรุงรักษาโบลเวอร์ไฟฟ้า ,ท่อลมร้อนตลอดจนตะแกรงสำหรับใส่ผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ต้องทำอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาคุณภาพและสุขอนามัยในการใช้งานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร [1]

หากกล่าวถึงที่มาและเหตุผลในการพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวนั้นอ้างอิงตามผลงานวิจัยหัวข้อการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแปรรูปผลผลิตเห็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานความร้อนจากชีวมวลของชุมชนบ้านเวียงหงส์อ.แม่เมาะจ.ลำปางที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ร่วมกับ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560 นวัตกรรมดังกล่าวเป็นการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดโรงเรือนบ้านเวียงหงส์ล้านนา อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง และเครือข่ายสมาชิก ที่มีกิจกรรมที่ต้องทำการผลิตเห็ดแห้งได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 2 กิโลกรัม ได้สม่ำเสมอตลอดทั้งปี หรือ 20 กิโลกรัมเห็ดสด และใช้ระยะเวลาในการอบได้ทั้งกลางวัน:5-8 ชั่วโมง และ กลางคืน 5 – 8 ชั่วโมง และในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า จุดคุ้มทุนในการผลิตเห็ดแปรรูปบรรจุถุงจำหน่ายถุงละ35บาทโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานความร้อนจากชีวมวลเข้าไปช่วยในกระบวนการผลิตเห็ดอบแห้งโดยจะต้องผลิตและจำหน่ายเห็ดแปรรูปดังกล่าวในจำนวน 1,503 ถุงจึงจะคุ้มทุนกับการจัดสร้างและติดตั้งเครื่องอบแห้งฯในขณะที่ระยะคืนทุนของกลุ่ม เมื่อมีการลงทุนนำเครื่องอบแห้งฯมาใช้ในกระบวนการผลิต พบว่า ใช้ระยะเวลา 1.28 ปี โดยในปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องอบ ณ กลุ่มวิสาหกิจดังกล่าวในส่วนของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก ทำให้ชุมชนหลงลืมการใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานในเวลากลางคืนหรือในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด [2]

ภาพที่ 4 นวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบที่พัฒนาร่วมกันระหว่างนักวิชาการและชุมชน
(ซ้ายมือ) ออกแบบร่วมกับชุมชนบ้านเวียงหงส์ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง
(ขวามือ) ออกแบบร่วมกับชุมชนบ้านเวียงสวรรค์ แม่เมาะ ลำปาง

จากปัญหาของการบริหารจัดการความรู้ด้านนวัตกรรมประเภทเทคโนโลยีให้เกิดความยั่งยืนในชุมชนที่ได้รับการถ่ายทอดและขยายผลจากภาควิชาการนั้นจำเป็นต้องใช้กลุ่มคนที่มีความรู้ความสามารถเป็นสื่อกลางในการสร้างอุปกรณ์สร้างความเข้าใจให้กับชุมชนในงานบำรุงรักษาและมีจิตบริการตามช่วงเวลาที่ชุมชนที่ได้ใช้นวัตกรรมมีความประสงค์ นำมาสู่การจัดตั้ง “กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตเตานึ่งไอน้ำและอุปกรณ์แปรรูปทางการเกษตร บ้านเวียงสวรรค์ แม่เมาะ ลำปาง” เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2560 อันประกอบด้วยสมาชิกที่เกษียณอายุจากฝ่ายเทคนิคและช่างชำนาญการจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแม่เมาะ ลำปาง จำนวน 10 คน โดยมีจุดประสงค์ของกลุ่มเพียง 2 ประเด็น ได้แก่ เพื่อออกแบบ สร้าง และผลิต อุปกรณ์ที่เกิดจากงานวิจัยต้นแบบที่ได้รับการยินยอมจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและการอบรมให้ความรู้การบำรุงรักษาเกี่ยวกับนวัตกรรมประเภทเทคโนโลยีที่ผลิตและติดตั้งในที่ต่างๆของชุมชน โดยปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวได้มีการดำเนินการเป็นระยะเวลา 2 ปี ทำการผลิตและติดตั้งอุปกรณ์ไปแล้วกว่า 18 ระบบ ใน 8 พื้นที่ของจังหวัดลำปาง โดยการพัฒนารูปแบบเครื่องอบแห้ง รุ่นที่5 ก็มาจากการรับข้อมูลของชุมชนที่ได้ใช้งานระบบจริงอันเป็นผลผลิตจากการทำงานร่วมกันระหว่างนักวิชาการกับภาคประชาชนอย่างแท้จริง

วิธีการวิจัย

กระบวนการวิธีวิจัยของโครงการประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้
1.การทบทวนกระบวนการผลิต/แปรรูปเดิมของผู้ประกอบการ/กลุ่มอาชีพ
2.การทดลองปฏิบัติ ใช้งานนวัตกรรมในกระบวนการการผลิต เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ของตนเอง
3.การประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตภัณฑ์ในประเด็นการลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตด้วยนวัตกรรม และการพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพ จาก ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส ก่อน – หลัง การใช้นวัตกรรม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1.การทบทวนกระบวนการผลิต/แปรรูปเดิมของผู้ประกอบการ/กลุ่มอาชีพ

จากการประชุมเพื่อติดตามการดำเนินงานตามโครงการร่วมกับชุมชน/กลุ่มเป้าหมายพร้อมวางแผนงานที่จะทำต่อไปร่วมกันโดยทางคณะผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมดังกล่าวจำนวน 2 ครั้งโดยมีเป้าหมายของการจัดกิจกรรมที่จะศึกษารายละเอียดต้นทุนเดิมของกลุ่มอาชีพที่ร่วมโครงการในประเด็น “คน งาน รูปแบบการจัดการ” และ ประมวลผลพร้อมวางแผนการส่งเสริมกลุ่มอาชีพในการพัฒนาผลผลิตบนฐานต้นทุนของแต่ละกลุ่ม โดยใช้เครื่องอบแห้งเป็นตัวกลางเชื่อมโยงกิจกรรมภายในชุมชน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.1 รายละเอียดกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแบบเดิม
ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลักๆได้แก่ ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูป ดังนี้

ภาพที่ 5 แผนภาพกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแบบเดิม

ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง ประกอบไปด้วย การนำจิ้งหรีดที่มีอายุได้ 45 วัน ซึ่งในที่นี้ทาง “ขุนงาวฟาร์ม” เลี้ยงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ-ทองแดงจำหน่ายเป็นหลัก ก่อนนำจิ้งหรีดเข้าสู่กระบวนการแปรรูปนั้น ต้องทำการล้างท้องให้จิ้งหรีดถ่ายมูลออกหมดและทางเดินอาหารสะอาดเพื่อไม่ให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ด้วยการเปลี่ยนอาหาร จากหัวอาหารมาเป็น ฟักทองและผัก 2-3 วันก่อนจับ [3]

ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูป ประกอบไปด้วย การจับจิ้งหรีดที่ผ่านกระบวนการล้างท้องแล้ว นำมาล้างน้ำก่อนต้มในน้ำเดือด นานประมาณ 5 นาที นำมาล้างน้ำอีกครั้งก่อนสะเด็ดน้ำเพื่อรอส่งเพื่อแปรรูป หรือแช่แข็งไว้รอจำหน่ายต่อไป ซึ่งเก็บได้ไม่เกิน 10 วัน [3]

ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตจิ้งหรีดของ “ขุนงาวฟาร์ม”
(ซ้ายมือ) จิ้งหรีดอายุ45วัน (ตรงกลาง) จิ้งหรีดล้างน้ำ (ขวามือ) จิ้งหรีดต้มในน้ำเดือด

1.2 รายละเอียดค่าใช้จ่ายของกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแบบเดิม
คำนวณจากการเลี้ยงจิ้งหรีด 1 ตู้ ปริมาตร กว้าง120 เซนติเมตร x ยาว 240 เซนติเมตร x สูง 60 เซนติเมตร ผลิตจิ้งหรีดเข้าสู่กระบวนการได้ประมาณ 20 กิโลกรัม ต่อ ครั้ง ในวงรอบการเลี้ยง 45 วัน ค่าใช้จ่ายโดยรวมเท่ากับ 8,500 บาท แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายในกระบวนการเพาะเลี้ยง 3,500 บาท และค่าใช้จ่ายในการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูป 5,000 บาท โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดค่าใช้จ่ายของกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแบบเดิม ต่อ 1 ตู้

รายการ	ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง	ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูป
ค่าวัสดุ/อุปกรณ์/วัตถุดิบ ได้แก่		
-ไข่จิ้งหรีดและอาหารสำเร็จรูป	1,000 บาท	-
-เครื่องปรุง	-	100 บาท
ค่าไฟฟ้า	100 บาท	2,000 บาท
ค่าน้ำ	ใช้แหล่งน้ำธรรมชาติของชุมชน	
ค่าจ้างแรงงาน	2,400 บาท	900 บาท
ค่าสิ่งปลูกสร้าง	ดัดแปลงจากโรงเรือนเพาะเห็ดหอมเดิมที่ไม่ใช้แล้ว	
ค่าเช่าที่ดิน	เป็นที่ของตัวเองจึงไม่มีค่าเช่า	
ค่าขนส่งผลผลิต	-	2,000 บาท (ส่งเชียงใหม่)
รวม	3,500 บาท	5,000 บาท
รวมทั้งสิ้น	8,500 บาท	

จากตารางรายละเอียดค่าใช้จ่าย พบว่า ร้อยละ 59 ของค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตจิ้งหรีดนั้นอยู่ในขั้นตอนของการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูปโดยค่าใช้จ่ายร้อยละ40ของขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูปเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการแช่แข็งจิ้งหรีดและค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งผลผลิตป้อนเข้าสู่โรงงานในการแปรรูปเป็นน้ำพริกจิ้งหรีด ดังนั้นกระบวนการผลิตแบบเดิมมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 425 บาทต่อการผลิตจิ้งหรีด 1 กิโลกรัม

2.การทดลองปฏิบัติ ใช้งานนวัตกรรมในกระบวนการการผลิต เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ของตนเอง

การทดลองปฏิบัติใช้งานนวัตกรรมเพื่อการผลิตจิ้งหรีดอบแห้งของ“ขุนงาวฟาร์ม”ได้ทำการทดลองกับช่วงอุณหภูมิการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของ สุภกาญจน์ พรหมขันธ์ และ คณะ. 2563 [4] ดังนี้

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิอบแห้ง 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง
การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิอบแห้ง 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง
การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิอบแห้ง 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงมวลของจิ้งหรีดที่อุณหภูมิอบแห้งต่างๆ ของ “ขุนงาวฟาร์ม”

รายการ / ชั่วโมงการอบแห้ง	อุณหภูมิอบแห้ง 65 ^{0}C	อุณหภูมิอบแห้ง 95 ^{0}C	อุณหภูมิอบแห้ง 75 ^{0}C
เริ่มต้น		5 กิโลกรัม	
1 ชั่วโมง	3.50 กิโลกรัม	2.50 กิโลกรัม	3.00 กิโลกรัม
2 ชั่วโมง	2.63 กิโลกรัม	1.25 กิโลกรัม	1.80 กิโลกรัม
3 ชั่วโมง	2.05 กิโลกรัม	0.63 กิโลกรัม	1.08 กิโลกรัม
4 ชั่วโมง	1.66 กิโลกรัม	0.38 กิโลกรัม	0.65 กิโลกรัม
5 ชั่วโมง	1.41 กิโลกรัม	0.30 กิโลกรัม	0.46 กิโลกรัม

**อ้างอิง ตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 ของจิ้งหรีดทอด ต้องมีค่าความชื้นมาตรฐานเปียก 10 เปอร์เซ็นต์
หมายถึง จิ้งหรีดมวล 5 กิโลกรัม อบจนแห้งจะเหลือมวล 0.5 กิโลกรัม

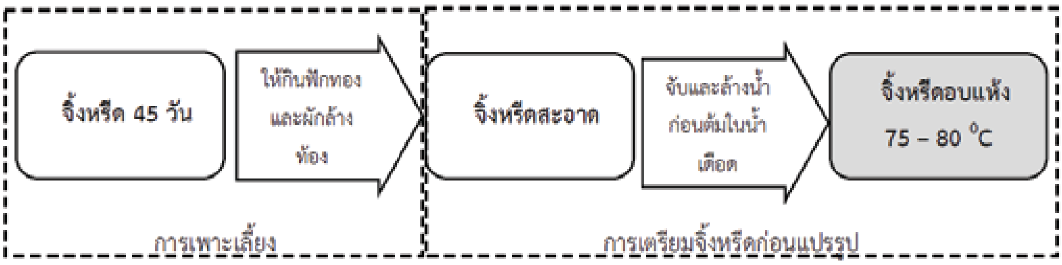
อุณหภูมิอบแห้งที่ทำให้จิ้งหรีดมีค่าความชื้นตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 นั้นมี 2 ค่า ได้แก่ 95 องศาเซลเซียส และ 75 องศาเซลเซียส

3.การประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต

3.1 การลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตด้วยนวัตกรรม

3.1.1 รายละเอียดกระบวนการผลิตจิ้งหรีดปรับปรุงใหม่

ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลักๆได้แก่ ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูปโดยมีการปรับเปลี่ยนในส่วนของขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูปจากการรอส่งเพื่อแปรรูปหรือแช่แข็งจิ้งหรีดไว้รอจำหน่ายเป็นจิ้งหรีดอบแห้งด้วยช่วงอุณหภูมิ 75 – 80 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภาพกระบวนการผลิตจิ้งหรีดที่ปรับปรุงใหม่

3.1.2 รายละเอียดค่าใช้จ่ายของกระบวนการผลิตจิ้งหรีดปรับปรุงใหม่

ตารางที่ 3 รายละเอียดค่าใช้จ่ายของกระบวนการผลิตจิ้งหรีดปรับปรุง ต่อ 1 ตู้

รายการ	ขั้นตอนการเพาะเลี้ยง	ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูป
ค่าวัสดุ/อุปกรณ์/วัตถุดิบ ได้แก่		
-ไข่จิ้งหรีดและอาหารสำเร็จรูป	1,000 บาท	-
-เครื่องปรุง	-	100 บาท
ค่าไฟฟ้า	100 บาท	5 บาท
ค่าLPG	-	25 บาท
ค่าน้ำ	ใช้แหล่งน้ำธรรมชาติของชุมชน	
ค่าจ้างแรงงาน	2,400 บาท	300 บาท
ค่าสิ่งปลูกสร้าง	ดัดแปลงจากโรงเรือนเพาะเห็ดหอมเดิมที่ไม่ใช้แล้ว	
ค่าเช่าที่ดิน	เป็นที่ของตัวเองจึงไม่มีค่าเช่า	
ค่าขนส่งผลผลิต (ผ่านธุรกิจขนส่งพัสดุ)	-	500 บาท
รวม	3,500 บาท	930 บาท
รวมทั้งสิ้น	4,430 บาท	

จากตารางรายละเอียดค่าใช้จ่ายพบว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเท่ากับ4,430ลดลงจากเดิมร้อยละ47.88 แบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในกระบวนการเพาะเลี้ยง3,500บาทและในส่วนของค่าใช้จ่ายในการเตรียมจิ้งหรีดก่อนแปรรูปลดลงจากเดิมเหลือ 930 บาท คิดเป็นร้อยละ 81.40 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตจิ้งหรีดโดยค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นค่าจ้างแรงงานซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ69ทั้งนี้เมื่อมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยนวัตกรรมพบว่าต้นทุนผลิตต่อหน่วยการผลิตจิ้งหรีด1กิโลกรัมเท่ากับ 221.50 บาท

3.2การพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพ ก่อน – หลัง การใช้นวัตกรรม
การทดสอบลักษณะทั่วไปสีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจำหน่ายแมลงทอดในตลาดท้องถิ่นไม่น้อยกว่า5ปีมีประสบการณ์ทั้งจำหน่ายและรับประทานอาหารที่ทำจากจิ้งหรีดทอดหรือจิ้งหรีดแปรรูป มีความถี่ในการบริโภคอาหารดังกล่าว เฉลี่ยอาทิตย์ละ 1 ครั้ง จำนวน 5 คน ใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนอ้างอิงตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 ของจิ้งหรีดทอด ดังนี้

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 ของจิ้งหรีดทอด

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีชิ้นไหม้ อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของจิ้งหรีดทอด	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของจิ้งหรีดทอด ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง	4	3	2	1

โดยผลทดสอบลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีดจาก “ขุนงาวฟาร์ม” ก่อน-หลัง การใช้นวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบ เมื่อนำมาทอด พบว่า จิ้งหรีดที่ปรับปรุงการผลิตแล้วด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง มีคะแนนของสีและกลิ่นรสอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เมื่อนำไปทอดก่อนรับประทาน

ตารางที่ 5 การทดสอบลักษณะทั่วไปโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ก่อนการปรับปรุง	ลักษณะทั่วไป		/		
กระบวนการผลิต	สี		/		
	กลิ่นรส				
	เนื้อสัมผัส				
ปรับปรุงการผลิตแล้ว	ลักษณะทั่วไป		/		
อุณหภูมิอบแห้ง 65	สี			/	
องศาเซลเซียส	กลิ่นรส			/	
ระยะเวลา 5 ชั่วโมง	เนื้อสัมผัส			/	
ปรับปรุงการผลิตแล้ว	ลักษณะทั่วไป			/	
อุณหภูมิอบแห้ง 95	สี				/
องศาเซลเซียส	กลิ่นรส				/
ระยะเวลา 5 ชั่วโมง	เนื้อสัมผัส				/
ปรับปรุงการผลิตแล้ว	ลักษณะทั่วไป		/		
อุณหภูมิอบแห้ง 75	สี	/			
องศาเซลเซียส	กลิ่นรส	/			
ระยะเวลา 5 ชั่วโมง	เนื้อสัมผัส		/		

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการเข้าร่วมโครงการจัดการความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชนสังคมภายใต้โครงการส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ประจำปี2563หัวข้อการยกระดับสินค้าจากการปรับเปลี่ยนลักษณะ “คน งาน รูปแบบการจัดการ” โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของอำเภองาว จังหวัดลำปาง ของ “ขุนงาวฟาร์ม” ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนการของกลุ่ม โดยใช้การอบแห้งมาทดแทนการแช่แข็งจิ้งหรีดไข่ นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตจิ้งหรีดแปรรูป จนเกิดการยกระดับผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด ในประเด็นการลดค่าใช้จ่ายร้อยละ47.88จากกระบวนการผลิตแบบเดิมด้วยนวัตกรรมและก่อให้การพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพมากขึ้น อ้างอิงตามมาตรฐาน มผช. 721/2548 ของจิ้งหรีดทอด โดยแนวทางที่จะดำเนินต่อไปเพื่อให้สินค้าและผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับมาตรฐานมากขึ้น คือ การนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการจัดทำฉลากโภชนาการแบบ Guideline Daily Amounts (GDA) อันเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการยกระดับสินค้าจากการปรับเปลี่ยนลักษณะ “คนงานรูปแบบการจัดการ”โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของอำเภองาวจังหวัดลำปางซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้โครงการจัดการความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชน สังคม ภายใต้โครงการส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ ประจำปี2563

เอกสารอ้างอิง

[1] รวิภา ยงประยูร ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์ และ ทิพรัตน์ ติมะปัญญา. (2563). การยกระดับสินค้าจากการปรับเปลี่ยนลักษณะ“คนงานรูปแบบการจัดการ”โดยนวัตกรรมตู้อบแห้งสองระบบสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของอำเภองาว จังหวัดลำปาง. รายงานความก้าวหน้าโครงการ ครั้งที่1 : มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

[2] รวิภา ยงประยูร วราคม วงศ์ชัย และ วีระ พันอินทร์. (2560).การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแปรรูปผลผลิตเห็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานความร้อนจากชีวมวลของชุมชนบ้านเวียงหงส์ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง. รายงานโครงการวิจัย : มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ร่วมกับ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

[3] สมสมร แก้วบริสุทธิ์. (2557). การแปรรูปแมลงเพื่อสร้างมูลค่า. สำนักงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ :มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] สุภกาญจน์ พรหมขันธ์ สุกัญญา สายธิ และ ชนิษฎา วงศ์บาสก์. (2563). ผลของสภาวะอบแห้งและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดอบแห้ง. วารสารแก่นเกษตร. 48 (1), 1-12.

ผลกระทบของความยาวคลื่นแสง ต่อการเจริญเติบโตของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
Effects of Wavelength on the Growth of Tissue Culture

พินิจ จิรัคคกุล[1]* สิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์[2] วิชัย โอภานุกูล[3] และ อนุชา เชาว์โชติ[3]
[1,*]ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น 320 หมู่ 12 ต. บ้านทุ่ม อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40000
Email : J_pinit12@yahoo.com
[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช
กรมวิชาการเกษตร 40260
[3]สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ถนนพหลโยธิน
เขตจตุจักร แขวงลาดยาว กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ลดการใช้พลังงานจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการเลือกใช้แสงที่เหมาะสม จากการทำ Energy Audit หน่วยงาน พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ, แสงสว่าง และอื่นๆ ร้อยละ 57.20, 42.16, 0.63 ตามลำดับ ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะเปิดแอร์ 12 ชั่วโมงสลับกัน ควบคุมอุณหภูมิ 24 ชั่วโมง และแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวันต่อเนื่อง ค่าไฟฟ้า 458.88 บาทต่อวัน ค่าไฟฟ้า 4.36 บาทต่อหน่วย และแสงสว่างห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่า 167,491.67 บาทต่อปี (143 หลอด) ร้อยละ 39 ของพลังงานในหน่วยงาน และทำการทดสอบแสงพืช 3 ชนิด คือ กล้วย, อ้อย, และ ปทุมมา โดยใช้หลอดไฟขาว LED ชนิด T8 และหลอด LED แสงแดงและน้ำเงิน ในอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, หลอด LED แสงเขียว พบว่า 1) กล้วยเพาะเนื้อเยื่อแบ่งเป็น 2 ระยะคือระยะเพิ่มขยายปริมาณและระยะออกราก ระยะเพิ่มปริมาณการเจริญเติบโตของกล้วยดีที่สุด คือ แดงต่อสีน้ำเงิน 80:20 ตั้งแต่ 42-56 วัน มีความพร้อมนำไปออกรากต่อ 21 วัน ซึ่งระยะออกรากจำเป็นต้องเพิ่มแสงสีน้ำเงินโดยใช้แสงแดงต่อสีน้ำเงิน 70:30 ระยะเวลา 21 วัน 1 รอบระยะเวลา 63 วัน แสงขาวใช้ระยะเวลา 91 วัน ส่งผลให้เวลาลดลงถึง 28 วัน 2) อ้อยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็น 2 ระยะ คือ ระยะเพิ่มขยายปริมาณแสงที่ดีที่สุดได้แก่แสงเขียว 35 วัน และใช้แสงแดงต่อน้ำเงิน70:30 อีก 7 วันจนครบ 42 วันส่งผลให้ความสูงและน้ำหนักแห้งของอ้อยมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ในส่วนของระยะยืดยาวและ ออกราก ความสูง,ความกว้างของกอและปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือ แสงน้ำเงิน 28 วัน 1 รอบการผลิตคือ 70 วัน แสงขาวใช้เวลา 84 วัน ลดลง 14 วัน 3) ต้นปทุมมาในระยะเพิ่มขยายปริมาณ แดงต่อน้ำเงิน 50:50 ส่งผลให้ต้นปทุมมามีความสูงมากที่สุดอยู่ที่ 44.01 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลา 42 วัน ส่งผลให้ปทุมมาเกิดใบทุกต้นและมีใบอยู่ในช่วง 1-3 ใบ และน้ำหนักแห้งมีน้ำหนักสูงสุด 112.51 มิลลิกรัม ส่วนระยะยืดยาวและออกรากแสงที่ให้ความสูงความกว้างของกอและพื้นที่ของลำต้นและใบ ปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือแสงแดง 35 วัน 1 รอบการผลิตคือ 77 วัน เท่ากับแสงขาวแต่มีความสมบูรณ์แข็งแรงมากกว่าและลดอัตราการตายในโรงเรือนลงได้ ด้านพลังงานเมื่อเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED แสงสีขาวลดพลังงานได้ร้อยละ 60.6 และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ LED แสงสี ในกล้วย อ้อย ปทุมมา การลดใช้พลังงานสูงถึงร้อยละ 76.9, 72.2 และ 76.3 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความยาวคลื่นแสง, เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, แสงเอลอีดี, แสงปลูกพืช
Wavelength, Tissue culture, LED Lights, Grow Lights

บทนำ

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นการขยายพันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยปัจจุบันในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่จะใช้แสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (Fluorescent) ทดแทนหลอดไฟสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชนิด Grolux หรือหลอดชนิด Grow light ซึ่งมีราคาแพงมาก แสงที่พืชต้องการมีความยาวคลื่นแสงในช่วง 400-700 nm ประกอบด้วยแสง สีม่วง, น้ำเงิน, เขียว, เหลือง, ส้ม และแดง ตามลำดับ เพราะฉะนั้น [1,2] การใช้ LED หลายความยาวคลื่นมาผสมกันหรือการเรียงลำดับการจัดวางหลอด LEDจะทำให้เกิดความยาวคลื่นใหม่ สามารถทำให้เหมาะกับความต้องการของพืชได้ อีกทั้งลดแสงบางส่วนที่ไม่มีประโยชน์และความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการได้ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในชั้นวางขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ถ้าอุณหภูมิภายในขวดแตกต่างจากอุณหภูมิภายในห้องสูงถึง 12 องศาเซลเซียสส่งผลให้พืชเร่งการคายน้ำและแสดงลักษณะอาการฉ่ำน้ำก่อให้เกิดความเสียหายต่อส่วนที่สามารถขยายลดลงมากกว่าร้อยละ 50 เพราะฉะนั้นการนำเทคโนโลยีหลอด LED มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีแนวโน้มส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพอย่างเห็นได้ชัดเจนเช่นLED T8 18 W สามารถลดอุณหภูมิบริเวณขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ถึง 4-5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ประหยัดพลังงานเครื่องทำความเย็นภายในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและประหยัดพลังงานจากระบบแสงสว่างได้มากถึง 60% แต่หลอดขาว LED ส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายก็จะมีปริมาณของช่วงความยาวคลื่นไม่เท่ากันซึ่งหลอดขาวLEDจะมีคลื่นแสงน้ำเงินและแสงแดงเป็นองค์ประกอบหลัก โดยพืชส่วนใหญ่จะใช้ความยาวคลื่นแสงในช่วง สีน้ำเงิน 420-490 nm และ สีแดง 650-700 nm [3] และสเปคตรัมของทั้งคลอโรฟิลล์ a และ b หมายถึงสามารถดูดแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นประมาณ 420-460 nm คือในช่วงแสงน้ำเงิน และ 630-660 nm คือในช่วงแสงแดง และการดูดแสงได้ไม่ดีในช่วงคลื่น 480-620 nm ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงเขียว-เหลือง ฉะนั้น สารคลอโรฟิลล์จึงมีสีเขียวอมเหลือง เพราะดูดแสง เขียว-เหลือง ได้ไม่ดี แต่ดูดแสงน้ำเงินและแดงไว้ได้หมดหรือเกือบหมด ส่วนแสงเขียว-เหลืองจะถูกสะท้อนออกไปหรือทะลุผ่านใบไม้ไป มีเพียงบ้างพืชที่ใช้สีอื่นๆเช่นอ้อยจะใช้ช่วงความยาวคลื่นแสง 490-580 nm เป็นแสงเขียวในการเจริญเติบโต เพราะฉะนั้นถ้านำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงตรงกับความต้องการของพืชจะเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืชได้และลดการพลังงานในส่วนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ด้วยการใช้หลอด LED ชนิดแสงที่พืชต้องการ โดยปกติแล้วในการผลิตต้นกล้าเนื้อเยื่อจะใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน ขึ้นอยู่กับชนิดพืช การให้แสงแก่ต้นพืชตามที่พืชต้องการจะทำให้ต้นกล้าเนื้อเยื่อมีเปอร์เซ็นต์รอดสูงขึ้น การเจริญเติบโตดี เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน

วิธีการวิจัย

1.) วิเคราะห์การใช้พลังงาน(Energy Audit) ของอุปกรณ์ทุกตัวในห้องปฏิบัติการและอื่นๆ ในศูนย์วิจัย โดยห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะเปิดแอร์ 12 ชั่วโมงสลับกัน ควบคุมอุณหภูมิ 24 ชั่วโมง และเปิดไฟแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวันต่อเนื่อง จำนวน 143 หลอด จัดทำบัญชีพลังงานตามอุปกรณ์ที่ใช้งานและพฤติกรรมการใช้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหลังการปรับปรุงและทำการวิเคราะห์ปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นด้วย thermal imaging camera ของ Testo รุ่น 885

2.)ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช 3 ชนิด กล้วย อ้อย ปทุมมา ในห้องปฏิบัติขนาด 4x6x2 เมตร ควบคุมปริมาณแสง อุณหภูมิ และความชื้น เก็บข้อมูลเชิงเกษตรเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง เช่น ความสูงต้น จำนวนยอด จำนวนใบ ขนาดต้น จำนวนและความยาวราก โดยใช้แสงเป็นหลอดขาว LED ชนิด T8 และหลอดสี LED สีแดงและน้ำเงินในอัตรา 90:10,80:20, 70:30,หลอดสี LED สีเขียว ให้แสง 12-16 ชั่วโมง มืด 8-12 ชั่วโมง ความสว่างประมาณ 1,000-3,000 ลักซ์ (ขึ้นอยู่กับชนิดพืช) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องต้องมีอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียสโดยใช้ความเข้มแสงเท่าของเดิมที่ให้กับพืชระดับความสูงชั้นห่างจากหลอด LED 30 ซม เก็บข้อมูลความเข้มแสงและความยาวคลื่นของแสงด้วย Portable Color Temperature Luxmeter Model No. CLM-200M

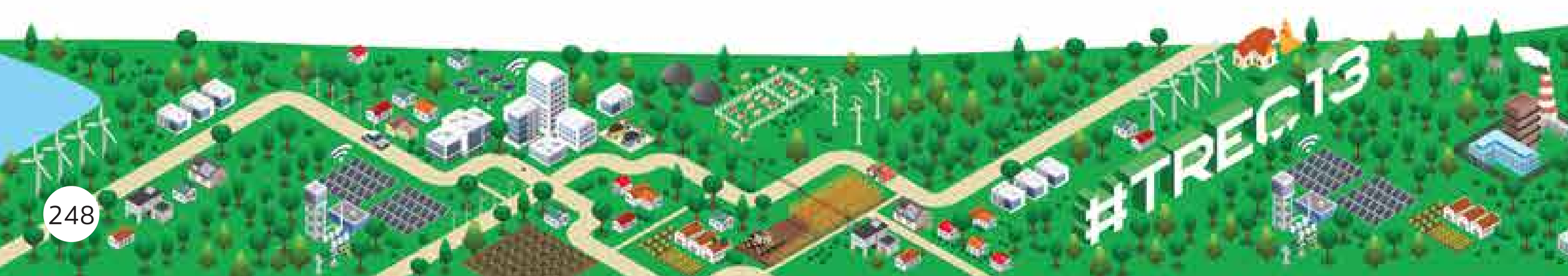
3.)แผนการทดลองแบบ Completely randomized designs, CRD วิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยเปรียบเทียบกันจำนวน 3 ชั้นว่าง จำนวน 100 ขวดต่อชั้น วิเคราะห์ผลเปอร์เซ็นต์ความงอก (จำนวนขวด), อัตราการเจริญเติบโต ทุก 7 วัน น้ำหนักแห้ง(ก), ความสูง(ม.ม.),จำนวนใบ(ใบ) ขนาดของกอหรือความกว้างทรงพุ่ม(ม.ม.) ด้วยโปรแกรม Image J และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิต

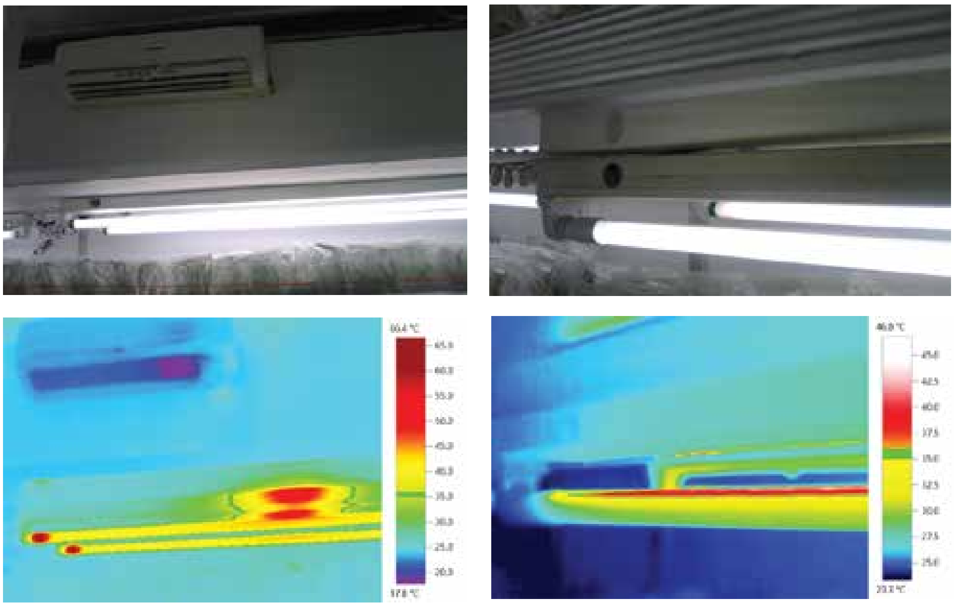
4.)จัดทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานจากรูปแบบเดิมกับหลังการปรับปรุงและวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อการผลิตต่อต้นสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงาน(Energy Audit)ก่อนและหลังการปรับปรุงภายใต้โครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ความยาวคลื่นแสงตามความต้องการของพืชสู่ระบบการผลิตแบบพลังงานต่ำ ในช่วงระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม 2561 ถึง 5 กุมภาพันธ์ 2562 พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ, แสงสว่าง และอื่นๆ ร้อยละ 57.20, 42.16, 0.63 ตามลำดับ ซึ่งในส่วนของห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใช้หลอดจำนวน 143 หลอดเป็น 61.37% ของจำนวนหลอดแสงสว่างทั้งศูนย์วิจัยฯการใช้ไฟฟ้ามีค่า 6.578 kw-h หรือ 105.25 kw-h/day (เปิดไฟแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน) ค่าไฟฟ้ามีค่า 458.88 บาทต่อวัน ราคาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4.36 บาท แสงสว่างในส่วนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของห้องปฏิบัติการมีค่า 167,491.67 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 39 การใช้พลังงานไฟฟ้าในศูนย์วิจัยฯ เป็นห้องที่ใช้พลังงานหลักของศูนย์วิจัย และเมื่อทำการวิเคราะห์อิทธิพลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการผลิต เนื้อเยื่อ ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลต่อการคายน้ำของพืชในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อดังภาพที่ 1 ซึ่งหลังจาก 15.00 น. อุณหภูมิภายในห้องสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้พืชเร่งการคายน้ำจะส่งผลต่ออัตราการรอดของต้นพืช และเมื่อใช้เครื่อง thermal imaging camera วิเคราะห์ปัญหาความร้อนภายในห้องซึ่งเดิมการติดตั้งระบบหลอดไฟแสงสว่างจะทำการติดตั้งบัลลาสต์ไว้รวมกันเพื่อไม่ให้ความร้อนจากบัลลาสต์ส่งผลต่อพืช แต่กลับเป็นแหล่งสะสมความร้อนในห้องเพาะเลี้ยงเยื่อ จึงได้เปลี่ยนบัลลาสต์ไปอยู่ในรางไฟซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยกล้องภาพความร้อนลักษณะความร้อนที่เกิดขึ้นกับหลอดฟูออเรสเซ็นต์จะเกิดที่ขั้วหลอดและภายในรางที่ติดตั้งบัลลาสต์ ดังภาพที่ 2 ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นหลอดฟูออเรสเซ็นต์ LED จะทำให้ระบบสามารถลดการใช้พลังงานและลดความร้อนที่เกิดขึ้นเพราะฉะนั้นการออกแบบและพัฒนาห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นสิ่งสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากสภาพอาคารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม (25 องศาเซลเซียส) และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ภาพที่1 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
พบปัญหาอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส





ภาพที่ 2 ลักษณะความร้อนที่เกิดขึ้นกับหลอดฟลูออเรสเซ็นต์(ซ้าย)เปรียบเทียบกับหลอด LED (ขวา) ซึ่งจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนให้กับห้องซึ่งจะลดภาระการทำความเย็น

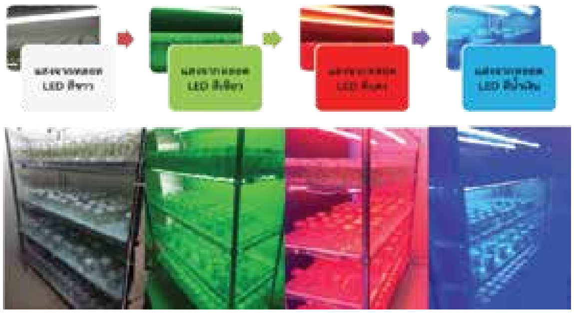
ผลการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในตู้ควบคุมสภาวะภูมิอากาศและแสง (Growth chamber) ภายในควบคุมแสงตามเงื่อนไขการทดสอบและอุณหภูมิ 23- 25องศาเซลเซียส ซึ่งพืชทั้ง 3 มีความแตกต่างกันคือ เป็นพืช C3 และ C4 โดย [5] กล่าวว่าพืช C3 เช่นกล้วยและปทุมมา จะไม่สามารถใช้ปริมาณแสงที่มากกว่า 500 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที หรือปริมาณ 25 % ของปริมาณแสงทั้งหมดได้ ส่วนในพืช C4 มีเพียง 1 ชนิด คืออ้อย จะได้รับแสงเต็มที่ เพราะดังนั้นการทดสอบแสงเริ่มต้นจากย้ายเนื้อเยื่อมา และปรับแสงให้ได้ตามการวางแผนการทดลอง ตู้ควบคุมสภาวะภูมิอากาศขนาด 4 x 6 x 2 เมตร เป็นผนัง Isowall ชนิดฉนวนโพลียูริเทนโฟม ขนาดความหนา 2 นิ้ว มีค่าสัมประสิทธิ์ความร้อน 0.023 วัตต์/เมตร องศาเซลเซียส ภายในมีการติดตั้งระบบ ฆ่าเชื้อด้วยแสง UV ขนาด 30 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ควบคุมสภาวะอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 BTU จำนวน 1 เครื่อง ระบบการให้แสงสว่างด้วยหลอด LED ขนาด 18 W จำนวน 2 หลอดต่อชั้น

ผลการเลือกใช้หลอด LED แสง เขียว แดง น้ำเงิน พบว่า ประสิทธิภาพหลอดไฟจากต่างประเทศ (ตัวอย่าง A) ให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor : PE.) อยู่ในช่วง 0.54-0.56 เปรียบเทียบกับหลอดไฟที่ได้มาตรฐาน (มอก.) (ตัวอย่าง B) ให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.84-0.95 และหลอดไฟจากแหล่งผลิตต่างประเทศมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่ามาตรฐานการยอมรับของการไฟฟ้ากำหนดไว้ที่0.85[6]สำหรับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของหลอดที่ได้มาตรฐาน(มอก.)สูงกว่ามาตรฐานกำหนด ผลเปรียบเทียบหลอดไฟที่ได้มาตรฐาน (มอก.) ดังตารางที่ 1 แสงที่กำลังต่ำสุดคือ แดง เขียว น้ำเงิน และขาว 9.3, 12.9, 18.6 วัตต์ กระแสไฟ 0.048, 0.063, 0.088, 0.091 แอมป์ ส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟลงเมื่อพืชใช้สีแดง แม้ว่าหลอด LED จากแหล่งผลิตต่างประเทศซึ่งมีราคาต่ำกว่าหลอดมาตรฐาน แต่ในด้านการประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวการใช้หลอด LED มาตรฐาน (มอก.) ยังคงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ในการนำมาใช้สำหรับเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการผลิตแบบพลังงานต่ำ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิด้านพลังงานหลอด LED แสงเขียว แดง และน้ำเงิน จากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน

แสง	แรงดันไฟฟ้า (Volt)		กำลังไฟ (watt)		กระแสไฟไหลผ่าน (A)		Power factor	
	A	B	A	B	A	B	A	B
ขาว	-	222.8	-	18.8	-	0.091	-	0.95
เขียว	222.7	222.4	13.8	12.9	0.112	0.063	0.56	0.9
แดง	223.1	222.8	11	9.3	0.089	0.048	0.54	0.84
น้ำเงิน	223.5	222.8	14.9	18.6	0.119	0.088	0.56	0.95

การทดสอบระบบแสง LED ทำการศึกษาแสงพื้นฐานได้แก่ แสงขาว เขียว แดง และน้ำเงิน ดังภาพที่ 3 พบว่า ความเข้มแสง (Lux) ที่ระดับความสูงชั้นห่างจากหลอด LED 30 เซนติเมตร เป็นระยะที่เหมาะสมในการวางขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ความเข้มแสงหลอด LED แสงขาว มีความเข้มแสงช่วง 689-1396 Lux



ภาพที่ 3 นำขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่ตัดเข้าทดสอบแสงในห้องควบคุมอุณหภูมิและแสง

ผลของความยาวคลื่นแสงติดตั้งหลอดไฟสูงจากฝาขวดเพาะเลี้ยงเนื้อขนาด 8 ออนซ์ 288.41 มิลลิเมตร และขวด 12 ออนซ์ 146.65 มิลลิเมตร การให้แสงสว่างต้นพืชครั้งละ 12 ชั่วโมง และ 16 ชั่วโมง ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด ออกแบบติดตั้งหลอด LED ทั้ง 8 สภาวะ ผลการทดสอบความเข้มและยาวคลื่นแสง แสดงดังตารางที่ 2 [4] เมื่อเปรียบเทียบผลความยาวคลื่นจากงานวิจัยความยาวคลื่นจะแตกต่างกันน้อยมากของแสงแดง และน้ำเงินร้อยละ 0.23-1 และ 2.64-3.25 ตามลำดับ ผลของการเจริญเติบโตของพืชพบว่า 1) กล้วยแบ่งได้ 2 ระยะคือระยะเพิ่มขยายปริมาณและออกรากระยะเพิ่มปริมาณการเจริญเติบโตของกล้วยดีที่สุด คือ แสงแดงต่อสีน้ำเงิน 80:20 ตั้งแต่ 42-56 วัน นำไปออกรากต่อ 21 วัน ซึ่งระยะออกรากต้องเพิ่มแสงน้ำเงิน เป็นแดงต่อสีน้ำเงิน 70:30 ระยะเวลา 21 วัน 1 รอบระยะเวลา 63 วัน แสงขาวใช้ระยะเวลา 91 วัน ส่งผลให้เวลาลดลงถึง 28 วัน ดังตารางที่ 3-4 2) อ้อยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 2 ระยะ คือ ระยะเพิ่มขยายปริมาณและออกรากแสงที่ดีที่สุด คือแสงเขียว 35 วัน และใช้แสงแดงต่อน้ำเงิน70:30 อีก 7 วันจนครบ 42 วันส่งผลให้ความสูงและน้ำหนักแห้งของอ้อยมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ในส่วนของระยะยืดยาวและออกรากแสงที่ความสูง, ความกว้างของกอและปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือ แสงน้ำเงิน 28 วัน 1 รอบการผลิตคือ 70 วัน แสงขาวใช้เวลา 84 วัน ลดลง 14 วัน ดังตารางที่ 5 3) ปทุมมาในระยะเพิ่มขยายปริมาณ ความสูง ใบ และน้ำหนักแห้ง แสงแดงต่อน้ำเงิน 50:50 ส่งผลให้ต้นปทุมมามีความสูงมากที่สุดอยู่ที่ 44.01 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลา 42 วัน ส่งผลให้ปทุมมาเกิดใบทุกต้นและมีใบอยู่ในช่วง 1-3 ใบ และน้ำหนักแห้งสูงสุด (112.51 มิลลิกรัม) ส่วนระยะยืดยาวและออกรากแสงที่ให้ความสูงความกว้างของกอและพื้นที่ของลำต้นและใบ ปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือแสงแดง 35 วัน 1 รอบการผลิตคือ 77 วัน เท่ากับแสงขาวแต่มีความสมบูรณ์แข็งแรงมากกว่าและลดอัตราการตายในโรงเรือนลงได้อีกด้วย ดังตารางที่ 6-7 ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในพืช 3 ชนิด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 2 ความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการทดสอบการเจริญเติบโตของพืช

LED	แสงขาว	แสงเขียว	แสงแดง	แสงน้ำเงิน	อัตราส่วนแสงแดง : สีน้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:50
ความเข้มแสง (Lux)	1102	993	401	322	1246	1387	1479	1586
ความยาวคลื่น (nm)	557.8	522.3	633.5	467.3	566.8	587.8	620.1	628.9

ตารางที่ 3 ความสูงของต้นกล้วยระหว่างสัปดาห์และระหว่างแสงในระยะเพิ่มขยายปริมาณ

วันที่	แสงขาว	แสงเขียว	แสงแดง	แสงน้ำเงิน	อัตราส่วนแสงแดง : สีน้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:350
7	13.08gC	17.23gA	16.69gAB	17.68A	15.78gB	17.14hA	17.79gA	17.46cdA
14	13.96gE	18.22fB	16.35gD	18.20cdB	16.25fD	22.24gA	19.39fB	17.97cdC
21	16.31fC	19.53eC	24.36fB	18.94cC	20.04dBC	37.79fA	21.13eB	18.76cC
28	20.45eD	21.00dCD	46.76eB	19.53cD	21.89dCD	54.99eA	27.77dC	19.76bD
35	23.09dD	22.54cdD	56.95dB	19.69cE	22.93cD	66.01dA	34.91cC	20.55abE
42	29.22cDE	23.34cF	70.65cA	25.22bE	23.92bcF	66.92dB	41.89abC	20.92aG
49	37.41bC	28.84bD	72.56bA	25.44bD	27.31abD	74.24cA	42.82abBC	20.97aF
56	41.25abC	29.67abD	78.64aB	27.86aD	28.15abD	87.59abA	44.94aC	21.07aE
63	45.29aC	31.01aDE	79.88aB	28.41aE	29.42aDE	89.00aA	45.79aC	21.21aF

a, b ...ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

A, B ....ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 ความสูง (mm.) ของต้นกล้วยระหว่างสัปดาห์และระหว่างแสงในระยะยืดยาวและ ออกราก

วันที่	แสงขาว	แสงเขียว	แสงแดง	แสงน้ำเงิน	อัตราส่วนแสงแดง : สีน้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:50
70	57.87cBC	45.10cC	60.03cB	41.45dD	36.75cD	44.06dCD	65.64dA	34.88dE
77	61.87bB	46.11bcD	60.97cB	46.11cD	37.05bcE	51.75cC	70.22cA	37.18cE
84	65.36bB	48.76abD	82.84bA	50.80bC	37.68bE	55.37bC	83.01abA	37.91bE
91	79.84aB	52.28aD	84.25aAB	53.30aD	43.46aE	67.92aC	85.57aA	42.38aE

a, b ...ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

A, B ....ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

ตารางที่ 5 ความสูง (mm) ของอ้อยแต่ละแสงในระยะเพิ่มขยายปริมาณเวลา 42 วัน

วันที่	ขาว	เขียว	แดง	น้ำเงิน	แดง : น้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:50
7	11.14 bB	12.37 eA	10.45 eC	10.44 dC	10.25 eC	10.09 eC	9.91 eD	9.50 dD
14	12.18 cdB	13.64 deA	11.60 deC	11.33 cdC	11.60 deC	10.65 deD	10.79 deD	10.33 cdD
21	12.81 cB	14.49 dA	12.72 dB	12.34 cB	12.40 cdB	11.23 cdC	11.77 dC	11.28 cC
28	14.82 bBC	17.47 cA	14.47 cC	15.32 bB	13.41 cD	12.03 cE	14.07 cC	12.97 bE
35	17.49 aB	20.66 bA	15.90 bD	16.78 aC	15.00 bD	13.72 bE	16.74 bC	14.65 aDE
42	17.50 aD	22.34 aB	19.47 aC	17.52 aD	20.23 aC	19.01 aC	24.92 aA	15.27 aE

a, b ...ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

A, B ....ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 ความสูง (mm.) ของปทุมมาแต่ละแสงและเปรียบเทียบอัตรา
การเจริญเติบโตระหว่างแสงแต่ละสัปดาห์ ในระยะเพิ่มขยายปริมาณ

วันที่	แสงขาว	แสงเขียว	แสงแดง	แสงน้ำเงิน	อัตราส่วนแสงแดง : สีน้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:50
7	19.49dBC	19.48dBC	17.15fD	17.62dD	18.97dBCD	19.39cBC	20.34eB	23.03eA
14	23.05cAB	23.40cdAB	23.08eAB	23.64cAB	21.10cB	22.43bAB	22.67deAB	25.30dA
21	24.46cB	25.12cB	26.67deAB	25.82cAB	24.01bB	23.67bB	24.37dB	28.48cdA
28	27.98bBC	28.19abBC	30.61cABC	27.72bBC	27.42abBC	25.76abC	28.87cBC	33.92cA
35	29.77bB	30.04aB	34.38bAB	29.29bB	29.80aB	28.53aB	32.41bB	39.89bA
42	32.93aAB	33.47aB	39.31aAB	33.87aB	32.08aB	31.87aB	37.35aAB	44.01aA

a, b ...ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

A, B ....ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 7 ความสูงของปทุมมาระยะยืดยาวและออกรากในแสงที่แตกต่างกัน 8 แสง

วันที่	แสงขาว	แสงเขียว	แสงแดง	แสงน้ำเงิน	อัตราส่วนแสงแดง : สีน้ำเงิน			
					90:10	80:20	70:30	50:50
49	20.51eC	22.90eC	22.37cC	34.20eA	29.73bAB	28.78bB	36.12dA	22.74cC
56	20.24eD	37.19deA	28.88cC	37.15deA	31.18bAB	29.23bBC	39.35dA	33.15cAB
63	32.40deD	46.51deA	40.09cB	46.57cdA	35.69bC	35.03bC	42.62B	31.90cD
70	43.36cdB	58.19bcdA	55.40bcA	51.11cA	55.88aA	38.34bC	45.98cdB	56.14bA
77	53.26bcC	70.76bAB	89.10bA	67.99bB	68.33aB	48.92bD	62.00bcB	56.23bC
84	68.46abC	92.78abA	99.97abA	80.10aB	69.37aC	61.26aC	70.96abC	79.00aB
91	78.81aC	102.86aA	104.86aA	85.39aB	72.15aC	64.44aD	81.80aB	89.37aAB

a, b ...ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

A, B ....ตัวอักษรในแนวนอนแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 ผลการทดลองแสงที่เหมาะสมในพืช 3 ชนิด

ชนิดพืช	ระยะในการทดสอบ	แสงที่ให้การเจริญเติบโตสูงสุด	เวลาเจริญเติบโต (วัน)	รวมเวลา (วัน)
กล้วย	เพิ่มขยายปริมาณ	แสงแดง80:น้ำเงิน20	42-56	
	ยืดยาวและออกราก	แสงแดง70:น้ำเงิน30	21	63-77
อ้อย	เพิ่มขยายปริมาณ	ช่วง 35 วัน แสงเขียว	35	
		ช่วง 36-42 วัน แสงแดง70:น้ำเงิน30	7	70
	ยืดยาวและออกราก	แสงน้ำเงิน	28	
ปทุมมา	เพิ่มขยายปริมาณ	แสงแดง50:น้ำเงิน50	42	
	ยืดยาวและออกราก	แสงแดง	35	77

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณการใช้แสงสว่างในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากการทำการ Energy Audit ในหน่วยงาน พบว่า การใช้ไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ, แสงสว่าง และอื่นๆ ร้อยละ 57.20, 42.16, 0.63 ตามลำดับ ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะเปิดแอร์ 12 ชั่วโมงสลับกัน ควบคุมอุณหภูมิ 24 ชั่วโมง และแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวันต่อเนื่อง ค่าไฟฟ้า 458.88 บาทต่อวัน ค่าไฟฟ้า 4.36 บาทต่อหน่วย และแสงสว่างห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่า 167,491.67 บาทต่อปี (143 หลอด) ร้อยละ 39 ของพลังงานในหน่วยงาน และการทดสอบแสงที่เหมาะสมพืช 3 ชนิดคือ กล้วย, อ้อย, ปทุมมา พบว่า 1) กล้วยเนื้อเยื่อแบ่งได้สองระยะคือระยะเพิ่มขยาย

ปริมาณและระยะออกราก ระยะเพิ่มปริมาณการเจริญเติบโตของกล้วยดีที่สุด คือ แสงแดงต่อสีน้ำเงิน 80:20 ตั้งแต่ 42-56 วัน มีความพร้อมในการนำไปออกรากต่อ 21 วัน ซึ่งระยะออกรากจำเป็นต้องเพิ่มแสงน้ำเงิน โดยใช้แสงแดงต่อสีน้ำเงิน 70:30 ระยะเวลา 21 วัน 1 รอบระยะเวลา 63 วัน แสงขาวใช้ระยะเวลา 91 วัน ส่งผลให้เวลาลดลงถึง 28 วัน 2) อ้อยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 2 ระยะ คือ ระยะเพิ่มขยายปริมาณแสงที่ดีที่สุด คือแสงเขียว 35 วัน และใช้แสงแดงต่อน้ำเงิน70:30 อีก 7 วันจนครบ 42 วันส่งผลให้ความสูงและน้ำหนักแห้งของอ้อยมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ในส่วนของระยะยืดยาวและออกรากแสงความสูงความกว้างของกอและปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือ แสงน้ำเงิน 28 วัน 1 รอบการผลิตคือ 70 วัน แสงขาวใช้เวลา 84 วัน ลดลง 14 วัน 3) ต้นปทุมมาในระยะเพิ่มขยายปริมาณ ความสูง ใบ และน้ำหนักแห้ง แสงแดงต่อน้ำเงิน 50:50 ส่งผลให้ต้นปทุมมามีความสูงมากที่สุดอยู่ที่ 44.01 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลา 42 วันส่งผลให้ปทุมมาเกิดใบทุกต้นและมีใบอยู่ในช่วง1-3ใบและน้ำหนักแห้งมีน้ำหนักสูงสุด(112.51มิลลิกรัม) ส่วนระยะยืดยาวและออกรากแสงที่ให้ความสูงความกว้างของกอและพื้นที่ของลำต้นและใบ ปริมาณน้ำหนักแห้งดีที่สุดคือแสงแดง 35 วัน 1 รอบการผลิตคือ 77 วัน เท่ากับแสงขาวแต่มีความสมบูรณ์แข็งแรงมากกว่าและลดอัตราการตายในโรงเรือนลงได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบคุณสำนักงานโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงานที่สนับสนุนมอบทุนวิจัยประจำปี งบประมาณ 2561 และแม่ข่ายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ข้อเสนอแนะ มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ลีลาวดี กาวงษ์ และหทัยพร พ่วงยิ่ง. (2551). การควบคุมการผสมสีของไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง. ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] Akira, Y. and Fujiwara. K.(2012). Plant lighting system with five wavelength-band light –emitting diodes Providing photon flux density and mixing ratio control. Plant methods. 8:46

[3] สถาบันวัตกรรมการเรียนรู้มหิดล (มปป.) .photosynthesis. ค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561. จาก http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/photosynthesis

[4] ชาโรชน์ ใจสิน และนรินทร์ ปิ่นแก้ว. (2560). เทคนิคการวัดความยาวคลื่นแสงของ LED ปลูกพืชด้วยแอนดรอยด์แอปพลิเคชั่น. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 24(3), P62-68

[5] นันทวุฒิ จงรั้งกลาง .(2558). การปรับตัวของพืช. สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[6] การไฟฟ้านครหลวง. (2562). การปรับปรุงค่า Power Factor. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561.จาก https://www.mea.or.th/profile/110/269

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
Economic Analysis of Development of Banana Drying using Solar Energy

กฤษมาพร พึ่งโพธิ์[1] และชานนท์ บุญมีพิพิธ[1]*
[1]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการอบแห้งโดยใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลอ่างหินผลิตกล้วยอบพลังงานแสงอาทิตย์ อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี เพื่อประเมินต้นทุนการผลิตและการกำหนดราคาขายที่เหมาะ โดยใช้เกณฑ์การประเมินประกอบด้วย การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PP) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) และวิธีอัตราผลตอบแทนที่แท้จริง (Internal Rate of Return : IRR) ผลการศึกษาพบว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งแบบโดมพาราโบลามีรายจ่ายลงทุนเฉลี่ยรายละ 17,056 บาท เป็นจำนวนเงินทั้งหมด 341,120 บาท และมีรายจ่ายปีที่ 1-3 เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 108,154 บาท 110,844 บาท และ 120,084 บาท กำลังการผลิตปีละ 14,400 กิโลกรัม จากการจำหน่ายกล้วยตากพันธุ์มะลิขาว กิโลกรัมละ 140 บาท จำนวน 14,300 กิโลกรัม เป็นเงิน 2,002,000 บาทต่อปี และกล้วยที่ไม่ผ่านการคัดคุณภาพจำนวน 100 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 90 บาท 100 บาท และ 120 บาท เป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 2,011,000 บาท 2,012,000 บาท และ 2,014,000 บาท ตามลำดับ ทำให้มีกำไร(ขาดทุน)สุทธิต่อปี ในปีที่ 1-3 เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 1,902,846 บาท 1,901,156 บาท และ 1,893,916 บาท ตามลำดับ จึงทำให้มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 5,244,845.92 บาท และ 4,643,753.15 บาท ตามลำดับ และมีอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงเท่ากับ ร้อยละ 8.50

คำสำคัญ : เศรษฐศาสตร์ กล้วยอบแห้ง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์

บทนำ

ในปัจจุบันรัฐบาลได้มีการสนับสนุนให้ชุมชนผลิตสินค้าจากผลิตภัณฑ์การเกษตรที่โดดเด่นของชุมชนเพื่อสร้างราย ได้ให้แก่ชุมชนโดยกระบวนการต่างๆ ที่เหมาะสมและแตกต่างกันออกไปเพื่อสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัวและชุมชนตลอดจนเป็นการสร้างอาชีพภายในชุมชน และนโยบายการสนับสนุนในการสร้างอาชีพให้กับชุมชนร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยและชุมชนเพื่อบูรณาการร่วมกันพัฒนาแบบบูรณาการเพื่อเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจระดับชุมชนท้องถิ่นให้มีความเข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้จะช่วยก่อให้เกิดการยกระดับความเป็นอยู่และมาตรฐานคุณภาพชีวิตในครัวเรือนให้สูงขึ้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การดอง การใช้ความเย็น การใช้รังสี การใช้วัสดุเจือปนในอาหาร และกระบวนการโดยความร้อนโดยเฉพาะกระบวนการทางความร้อนโดยเทคนิคการอบแห้งนั้นเป็นเทคนิคการ

แปรรูปอาหารที่มีตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตู้อบโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวัตกรรมเพื่อการอบแห้งชนิดหนึ่งที่นิยมแพร่หลายเนื่องด้วยใช้แหล่งพลังงานจากรังสีอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นผนังลักษณะโปร่งแสงและเกิดการสะท้อนของรังสีอาทิตย์กลับไปมาภายในโดมอบแห้งกระทั่งเกิดเป็นความร้อนสำหรับการอบแห้งต่างๆ

วิธีการวิจัย

กระบวนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากดัชนีชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์ทั่วไป ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) หมายถึงระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับเท่ากับเงินที่ลงทุนไปเป็นเครื่องมือที่ใช้บอกสภาพความเสี่ยงของโครงการได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นจะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำโดยสามารถคำนวณหาค่า PB

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดส่วนที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \quad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุของโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรกณอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินลงทุนของโครงการ โดยสามารถคำนวณหา NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^{N} \frac{(R_t - C_t)}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

โดยที่	R_t	คือ กระแสรายได้ในปีที่ t	C_t	คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ t
	I	คือ อัตราคิดลด ในที่นี้คือ MLR เฉลี่ย	I_0	คือ เงินลงทุนโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดของอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก[4,5]สมการที่ (3) หรือหาอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0

$$\sum_{t=1}^{N} \frac{(R_t - C_t)}{(1+i)^t} = I_0 \quad (3)$$

โดยที่	R_t	คือ กระแสรายได้ในปีที่ t	C_t	คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ t
	I	คือ อัตราคิดลด ในที่นี้คือ MLR เฉลี่ย	I_0	คือ เงินลงทุนโครงการ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ต้นทุนการผลิตการกำหนดราคาขายการวางแผนกำไรและการบริหารต้นทุนผลิตภัณฑ์ชุมชนใช้การวิเคราะห์สังเคราะห์ที่ได้จากการสัมภาษณ์และการจัดกลุ่มเสวนานำเสนอข้อมูลในรูปแบบการบรรยายและสรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงเงินลงทุนที่ใช้ในด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อผลิตกล้วยตาก
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	จำนวน (บาท)
กำลังการผลิต (ตันต่อปี)	14.40
โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บาท)	120,000
ตู้เย็นสำหรับเก็บ (บาท)	10,990
เครื่องชั่งน้ำหนัก (บาท)	3,590
กะบะใส่กล้วย (บาท)	525
ตะกร้าใส่กล้วย (บาท)	175
รถเข็น (บาท)	1,090
โต๊ะคัดแยกกล้วย (บาท)	4,600
อื่นๆ	150
รวมมูลค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง (บาท)	**141,120**

จากตารางที่ 1 พบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีกำลังการผลิต 14.40 ตันต่อปี ใช้เงินในการลงทุนด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการผลิตกล้วยตาก จำนวน 141,120 บาท

ตารางที่ 2 แสดงค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ อายุการใช้งาน 3 และ 5 ปี

รายการ	จำนวน
ค่าเสื่อมโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (บาท)	40,000
ค่าเสื่อมตู้เย็นสำหรับเก็บ (บาท)	2,198
ค่าเสื่อมเครื่องชั่งน้ำหนัก (บาท)	718
ค่าเสื่อมกะบะใส่กล้วย (บาท)	175
ค่าเสื่อมตะกร้าใส่กล้วย (บาท)	35
ค่าเสื่อมรถเข็น (บาท)	218
ค่าเสื่อมโต๊ะคัดแยกกล้วย (บาท)	1,150
รวมค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง (บาท)	**44,494**

จากตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆเป็นจำนวน 44,494 บาทต่อปี

“ต้นทุนทางด้านวัตถุดิบ”

จากการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจำนวน20คนในด้านต้นทุนวัตถุดิบทางตรงซึ่งได้แก่กล้วยสด ในการคำนวณต้นทุนครั้งนี้ได้ใช้ราคากล้วยสดเฉลี่ยต่อหวีที่ทางวิสาหกิจซื้อในปี 2562

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และราคาต่อหน่วยของกล้วยสดที่ใช้ในการทำกล้วยตาก ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

กล้วยน้ำว้า (พันธุ์)	ปริมาณและราคาต่อหน่วยของกล้วยสด								
	ปีที่ 1			ปีที่ 2			ปีที่ 3		
	ปริมาณ (กก.)	หน่วยละ	เป็นเงิน	ปริมาณ (กก.)	หน่วยละ	เป็นเงิน	ปริมาณ (กก.)	หน่วยละ	เป็นเงิน
ขาวมะลิ	1,200	15	18,000	1,200	15	18,000	1,200	20	24,000
รวม	**1,200**	**15**	**18,000**	**1,200**	**15**	**18,000**	**1,200**	**20**	**24,000**

จากตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ได้แก่ กล้วยน้ำว้าสด โดย ปีที่ 1 มีจำนวนเงินเท่ากับ 18,000 บาท ปีที่ 2 มีจำนวนเงินเท่ากับ 18,000 บาท ปีที่ 3 มีจำนวนเท่ากับ 24,000 บาท

“ค่าแรงงาน”

จากการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในด้านของค่าแรงงานซึ่งเป็นค่าตอบแทนที่ให้แก่คนงาน โดยจ้างสัปดาห์ละ 2 วัน เฉลี่ยวันละ 1 ชั่วโมงในการจ้างคนงาน สามารถสรุปได้ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าแรงงานที่ใช้ในการทำกล้วยตาก ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	ค่าแรงงาน (บาท)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
พนักงานตัดกล้วย	2,880	3,360	3,840
พนักงานคัดกล้วย	2,880	3,360	3,840
พนักงานบรรจุกล้วย	2,880	3,360	3,840
รวมค่าแรงงานต่อปี (บาท)	**8,640**	**10,080**	**11,520**

“การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์”

ในการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มวิสาหกิจ ได้ใช้วิธีวิเคราะห์ผลตอบจากการทำกล้วยตาก ดังนี้

1. วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method : PB)
2. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method : NPV)
3. วิธีอัตราผลตอบแทนที่แท้จริง (Internal Rate of Return Method: IRR)

ตารางที่ 5 แสดงกระแสเงินสดเข้า(ออก)สุทธิในแต่ละปีของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยใช้วิธีการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ปีที่	กลุ่มวิสาหกิจชุมชน		
	กระแสเงินสดเข้า	กระแสเงินสดออก	กระแสเงินสดเข้าสุทธิ
0	-	(341,120)	(341,120)
1	1,936,506	(33,660)	1,902,846
2	1,937,506	(36,350)	1,901,156
3	1,939,506	(45,590)	1,893,916

จากตารางที่ 5 พบว่ากระแสเงินสดเข้า(ออก)สุทธิ ในแต่ละปีของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปีที่ 1-3 เท่ากับ (341,120) บาท 1,902,846 บาท 1,901,156 บาท และ 1,893,916 บาท

1. วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method : PB) สามารถนำมาหาระยะเวลาคืนทุนของกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงระยะเวลาคืนทุนของการทำกล้วยตาก
แบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

รายการ	กลุ่มวิสาหกิจชุมชน	
	กระแสเงินสดออกสุทธิ	**กระแสเงินสดเข้าสุทธิ**
เงินลงทุน :		
เงินสดออกปีที่ 0	341,120	
เงินสดเข้าสุทธิรายปี :		
เงินสดเข้าปีที่ 1		1,902,846
เงินสดเข้าปีที่ 2		1,561,726
รวม	341,120	341,120
ระยะเวลาคืนทุน	36,350 / 1,561,726 = 1+0.02 = 1.02 ปี	

จากตารางที่ 6 พบว่าระยะเวลาคืนทุนของกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคือ 1.02 ปี หรือ 1 ปี

2. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method : NPV) การประเมินมูลค่าปัจจุบันของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะทำการประเมินกระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง 3 โดยคิดอัตราคิดลดที่นำมาใช้ในการประเมินโครงการลงทุน คือ ร้อยละ 1 และร้อยละ 7 โดยนำข้อมูลกระแสเงินสดเข้าสุทธินำมาวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (NPV) ของกล้วยตาก
แบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

อายุโครงการ (ปี)	กระแสเงินสดเข้า (ออก)สุทธิ(บาท)	อัตราส่วนลดร้อยละ 1		อัตราส่วนลดร้อยละ 7	
		ปัจจัยดอกเบี้ย มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบัน	ปัจจัยดอกเบี้ย มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบัน
0	(341,120)	1.0000	(341,120)	1.0000	(341,120)
1	1,902,846	0.9901	1,884,007.82	0.9346	1,778,399.87
2	1,901,156	0.9803	1,863,703,23	0.8734	1,660,469.65
3	1,893,916	0.9706	1,838,234.87	0.8163	1,546,003.63
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ			**5,244,845.92**		**4,643,753.15**

จากตารางที่ 7 พบว่ามูลค่าปัจจุบัน (NPV) ของการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีรายละเอียดดังนี้

อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำร้อยละ 1 มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 5,244,845.92 บาท

อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำร้อยละ 7 มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 4,643,753.15 บาท

3. วิธีอัตราผลตอบแท้ที่แท้จริง (Internal Rate of Return Method : IRR) การประเมินอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ทำกล้วยตากจะประเมินกระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 โดยนำข้อมูลกระแสเงินสดเข้าสุทธิจากตารางที่ มาทำการวิเคราะห์ในตารางที่ 8 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 8 แสดงการคำนวณอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของการทำกล้วยตาก
แบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

อายุโครงการ (ปี)	กระแสเงินสดเข้า (ออก)สุทธิ (บาท)	ปัจจัยดอกเบี้ย มูลค่าปัจจุบัน ร้อยละ 8	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)	ปัจจัยดอกเบี้ย มูลค่าปัจจุบัน ร้อยละ 9	มูลค่าปัจจุบัน (บาท
0	(281,120)	1.0000	(281,120)	1.0000	(281,120)
1	1,902,846	0.9259	1,761,845.11	0.9174	1,745,670.92
2	1,901,156	0.8573	1,629,861.04	0.8417	1,600,203.00
3	1,893,916	0.7938	1,503,390.52	0.7722	1,462,481.94
	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ		**4,613,976.67**		**4,527,235.86**

จากตารางที่ 8 พบว่าอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ได้นำอัตราส่วนร้อยละ 8 และร้อยละ 9 มาคำนวณกับกระแสเงินสดเข้า(ออก)สุทธิในแต่ละปี และนำผลต่างที่ได้มาเปรียบเทียบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อัตราส่วนลด	**มูลค่าปัจจุบัน**
ร้อยละ 9	4,527,235.86
ร้อยละ 8	4,613,976.67
ร้อยละ 1	9,141,212.53

มูลค่าปัจจุบันต่างกัน 509,840.76 อัตราส่วนลดต่างกันร้อยละ 1

มูลค่าปัจจุบันต่างกัน (255,153.01) อัตราส่วนต่างกันร้อยละ $\frac{4,527,235.86 * 1}{9,141,212.53} = 0.50$

อัตราส่วนลดต่างกัน = ร้อยละ 0.50 อัตราผลตอบแทนต่างกันเท่ากับ 9-0.50 = 8.50
ดังนั้น การทำกล้วยตากแบบวิธีธรรมชาติ (ดั้งเดิม) ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้อัตราผลตอบแทนที่แท้จริงเท่ากับ 8.50

สรุปผลตอบแทนของการทำกล้วยตาก

จากตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 6 สามารถนำผลประเมินมาสรุปผลตอบแทนของการทำกล้วยตาก ดังนี้

ตารางที่ 9 แสดงสรุปผลตอบแทนของการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	กลุ่มวิสาหกิจชุมชน
ระยะเวลาคืนทุน	1
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คิดร้อยละ 1	5,244,845.92
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คิดร้อยละ 7	4,643,753.15
อัตราผลตอบแทนที่แท้จริง (ร้อยละ)	8.50

จากตารางที่9พบว่าผลตอบแทนของการทำกล้วยตากแบบวิธีใช้โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีระยะเวลาคืนทุน เท่า 1 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คิดร้อยละ 1 เท่ากับ 5,244,845.92 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คิดร้อยละ 7 เท่ากับ 4,643,753.15 บาท และอัตราผลตอบแทนที่แท้จริง ร้อยละ 8.50

สรุปผลการวิจัย

การทำกล้วยตากมีความเป็นไปได้ที่จะลงทุน เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนนั้นมีระยะเวลาสั้น โดยวิธีอบแบบธรรมชาติมีกำลังในการผลิตได้น้อย และอัตราผลกำไรที่ได้คืนน้อยกว่า โดยวิธีแบบโดมอบพลังงานแสงอาทิตย์มีกำลังในการผลิตที่มากและอัตราผลกำไรที่ได้คืนทุนภายในระยะเวลา1ปีทำให้โครงการแบบใช้โดมอบพลังงานแสงอาทิตย์มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุน

เอกสารอ้างอิง

[1] Kuanpradit, H., The development of solar parabolic conentrators in drying process for agricutural products, in Industrial Education. 2013, Srinakharinwirot university: Thailand.

[2] Singh, P., V. Shrivastava, and A. Kumar, Recent developments in greenhouse solar drying: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. 82: p. 3250-3262.

[3] Wilkins, R., J. Brusey, and E. Gaura, Modelling uncontrolled solar drying of mango waste. Journal of Food Engineering, 2018. 237: p. 44-51.

[4] Smitabhindu, R., S. Janjai, and V. Chankong, Optimization of a solar-assisted drying system for drying bananas. Renewable Energy, 2008. 33(7): p. 1523-1531.

[5] El Hage, H., et al., An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. Energy, 2018. 157: p. 815-829.

การพัฒนาเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่
Development of an Incinerator for Bamboo Activated Carbon Production

ชูรัตน์ ธารารักษ์ [1] *ชลัมพล ธารารักษ์[1] เสริมสุข บัวเจริญ[1]
กิตติกร สาสุจิตต์[1] และ ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่ โดยเตาเผาขยะนี้เป็นการเผาแบบ เบดนิ่ง (Fixed Bed) ที่มีปริมาตรภายใน 240 ลิตร และมีถังปฏิกรณ์ผลิตถ่านกัมมันต์ปริมาตรภายใน 30 ลิตร บรรจุอยู่ ภายในเตาเผาขยะ เตาเผาขยะนี้ทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 3 มิลลิเมตร ม้วนขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก ด้านบนของเตาเผาถูกติดตั้ง ปล่องไอเสียเพื่อปล่อยก๊าซไอเสียออกสู่บรรยากาศภายนอก อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะเข้าทางด้านล่างของเตาเผา ผ่านตะกรับเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จากผลการทดสอบพบว่า การกระจายของอุณหภูมิภายในเตาเผาอยู่ที่ประมาณ 1000 – 1200^{o}C ซึ่งสามารถกำจัดขยะได้ 96.2 กิโลกรัมต่อวัน และสามารถผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่ได้ 2 กิโลกรัมต่อวัน การผลิตถ่านกัมมันต์ โดยใช้วิธีการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 180°C และความดัน 15 บาร์ ด้วยอัตราไหลไอน้ำ 100 cm3/min ที่อุณหภูมิถ่าน 900 oC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล มีพื้นที่ผิวของ BET (BET surface area) 407.4811 m^2/g เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนเฉลี่ยของการดูดซับ 16.4702 a (Angstrom) และการดูดซับไอโอดีน 1,109.33 mg/g โดยเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่นี้จะมีระยะคืนทุนประมาณ 1.251 ปี

คำสำคัญ: เตาเผาขยะ ถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่

บทนำ

กรมควบคุมมลพิษ [1] ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับขยะหรือมูลฝอย (Solid Waste) กล่าวคือ เป็นเศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนนตลาดที่เลี้ยงสัตว์รวมถึงมูลฝอยติดเชื้อมูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชนและครัวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของ โรงงาน ระยะเวลากว่า 10 ปี เรียกได้ว่า “คนไทยสร้างขยะกันทุกวินาที” ปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นจาก 10 ปีก่อน มี มากกว่า 3 ล้านตัน ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของชุมชนเมืองและพฤติกรรมความเป็นอยู่ของคนในสังคม จากข้อมูล สถิติ ปริมาณขยะมูลฝอยช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2552 – 2561) มีปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ย 26.05 ล้านตัน โดยมีการส่งไปกำจัดที่สถานกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน และสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศจำนวน 3,205 แห่ง แต่เปิดให้ ดำเนินการจริงเพียง 2,786 แห่ง ซึ่งจากข้อมูลการกำจัดขยะมูลฝอยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา การกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้องมี เพียง 7.9 ล้านตัน ในขณะที่การกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้องมีมากถึง 12.55 ล้านตัน จากประเด็นดังกล่าว ปัญหาของการ กำจัดขยะมูลฝอยให้ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

วิธีการกำจัดขยะมีหลายวิธี ตัวอย่างเช่น การฝังกลบและการเผา เป็นต้น โดยวิธีการเผาเป็นวิธีการกำจัดขยะที่ น่าสนใจ เนื่องจากการเผาจะทำให้เกิดพลังงานความร้อน ซึ่งความร้อนที่ไดเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาเผาขยะแบบพิเศษ ที่มีความสามารถในการผลิตถ่านกัมมันต์ จากพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะ โดยขยะที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ได้แก่ พลาสติก กระดาษ และเศษไม้ ต่าง ๆ ในครัวเรือน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน หรือหน่วยงานต่าง ๆ ต่อไปได้

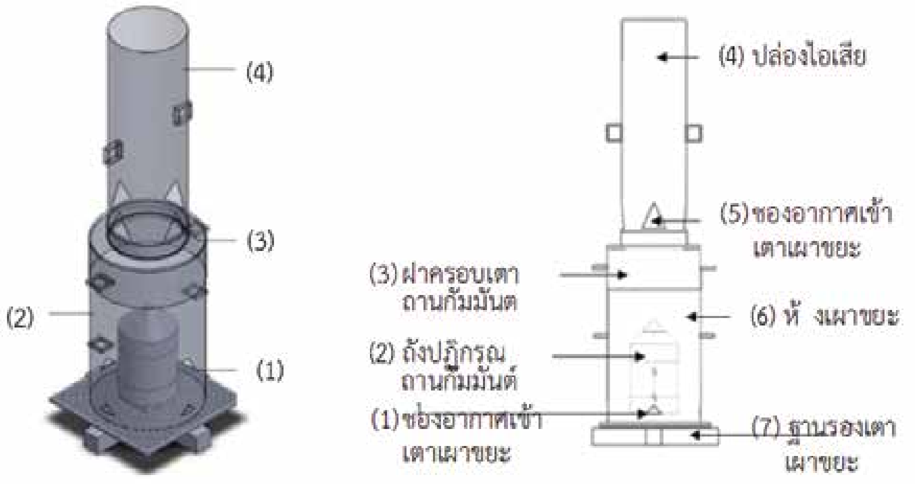
การเผาไหม้และการผลิตถ่านชีวภาพ

การเผาไหม้ [2] เป็นปฏิกิริยาเคมีที่กระทำต่อวัตถุที่เผาไหม้ได้ ซึ่งทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับออกซิเจนพร้อมกับ ปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ในขณะเดียวกันก็จะแปรสภาพไปเป็นสารประกอบออกไซด์หรือผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO^{2}) และน้ำ (H_2O) การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ อาจก่อให้เกิดการ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไปโดยเปล่าประโยชน์ และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ ดังนั้น หลักการของกระบวนการเผาไหม้และ วิธีการควบคุมการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การศึกษา สาเหตุของการสูญเสียพลังงานความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ ของระบบและอุปกรณ์ รวมถึงแนวทางในการป้องกัน จะสามารถ ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบโดยรวมให้สูงขึ้นได้อีกด้วย การผลิตถ่านชีวภาพ [2] จากวัสดุทาง การเกษตร โดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis process) ซึ่งเป็นกระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนใน สภาวะไร้อากาศในช่วงอุณหภูมิสูง ระบบการผลิตถ่านชีวภาพจะได้ผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 3 ชนิด คือ 1) ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนบอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และอื่น ๆ 2) ของเหลว ได้แก่ น้ำส้มควันไม้ และ 3) ถ่าน ชีวภาพ โดยระบบนี้เน้นการผลิตให้ได้ถ่านชีวภาพ (Biocoal) คิดเป็น 25 – 30% ของปริมาณชีวมวล เมื่อนำไปอัดเม็ด (Pellet) จะได้ถ่านชีวภาพอัดเม็ดที่ให้พลังงานสูงประมาณ 22 – 44 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ส่วนก๊าซและของเหลวที่ได้จะใช้ เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตร่วมของระบบต่อไป

มีงานวิจัยมากมายที่ได้ศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการขยะรวมถึงการศึกษาและนำเสนอการผลิตถ่านกัม มันต์จากวัสดุต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ธนกฤต บวกขุนทด [3] ได้ศึกษา รูปแบบการจัดการการจัดเก็บขยะชุมชนจากองค์การบริหารส่วนตำบลโนนเมืองพัฒนา อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าสาเหตุของการทิ้งขยะไม่ถูกวิธี นั้น มาจากประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจในรูปแบบของการจัดการการเก็บขยะมูลฝอย การคัดแยกการทิ้งขยะให้ถูก วิธี นอกจากนี้ จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ [4] ได้ศึกษา การผลิตถ่านกัมมันต์เม็ดจากถ่านไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการ ก๊าซซิฟิเคชั่น ผลการศึกษาชนิดและสัดส่วนของสารเชื่อมประสาน 3 ชนิด แป้งมัน น้ำมันดิน และโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสม ในการใช้สารเชื่อมประสานชนิดแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วนผงถ่านต่อสารเชื่อมประสานต่อน้ำ คือ 1:0.35:1 และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของถ่าน 4 มิลลิเมตร และเม็ดถ่านสามารถทนต่อแรงอัดกระแทกได้ 63 เมกะ ปาสคาล ส่วนงานวิจัยของปัญญา มณีจักร [5] ได้ศึกษาการเตรียมถ่านคาร์บอไนซ์และถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางสำหรับใช้ เป็นตัวดูดซับ โครเมียม การกระตุ้นคาร์บอไนซ์ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วนำไปเผากระตุ้นที่ อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านคาร์บอไนซ์ คือ การเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็น เวลาหนึ่งชั่วโมง และสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านกัมมันต์ คือ การใช้ถ่านคาร์บอไนซ์ต่ออัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง โดย การเผาที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลาสามชั่วโมง การดูดซับโครมเมียมไอออนต่อปริมาณถ่านเท่ากับ 4.64 mg/g ซึ่งสูงกว่า ถ่านกัมมันต์ที่สามารถกำจัดได้เพียง 0.61 mg/g

เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดลองงานวิจัย

เตาเผาขยะนี้ได้ออกแบบและพัฒนาสร้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้งขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 58.8 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร ภายนอกหุ้มดวยฉนวนกันความร้อน เตาเผาขยะนี้เป็นการเผาแบบ เบดนิ่ง ที่มีปริมาตรภายใน 240 ลิตร และมีถังปฏิกรณ์ผลิตถ่านกัมมันต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.45 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ถูกบรรจุอยู่ภายในเตาเผาขยะที่มีปริมาตรภายใน 30 ลิตร ด้านบนห้องเผาไหม้มีการติดตั้งท่อไอเสียเพื่อปล่อย ก๊าซไอเสียออกสู่ภายนอก ด้านล่างของห้องเผาไหม้มีตะกรับรองรับ นอกจากนี้ยังมีช่องให้อากาศไหลผ่านเข้าเตาเผาไหม้ได้ สะดวก เพื่อให้มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ในงานวิจัยนี้ วัสดุที่ใช้การในผลิตถ่านกัมมันต์ คือ ไม้ไผ่ ส่วนเชื้อเพลิงที่ให้ความ ร้อน คือ ขยะแห้ง ได้แก่ กิ่งไม้ ใบไม้ เศษไม้ และ พลาสติก เป็นต้น



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเตาเผาขยะ และตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดอุณหภูมิภายในเตาเผาขยะ

กรณีศึกษาการทดสอบเตาเผาขยะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ โดยทำการทดสอบ เผาถ่านด้วยขยะใช้เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการผลิตถ่านและเพื่อหาขีดความสามารถในการกำจัดขยะและการเปลี่ยนถ่านไม้ไผ่ให้เป็นถ่านกัมมันต์โดยมีขั้นตอนการทดสอบเตาเผาขยะ ดังนี้

1) ทำการติดตั้งเตาเผาขยะและติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาเผาขยะ เพื่อศึกษาการกระจายตัวของ อุณหภูมิภายในเตาเผา และเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 นาที ด้วย Data Logger ขณะทำการทดสอบเผาขยะ
2) เตรียมไม้ไผ่ใส่เตาปฏิกรณ์เผาถ่านครั้งละ 10 กิโลกรัม แล้วบรรจุในเตาเผาขยะ
3) นำขยะที่จะเผาใส่ในเตาแล้วจุดไฟที่ติดจากนั้นเติมขยะเข้าไปเรื่อย ๆ จนเต็มโดยบันทึกน้ำหนักขยะทุกครั้งที่เติม
4) การผลิตถ่านจะทำการทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมโดยจะทดสอบที่เวลาเผาขยะ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง
5) เมื่อเผาขยะครบเวลาที่กำหนดแล้ว ให้หยุดเติมเชื้อเพลิงและปล่อยให้เตาเย็นลง
6) นำถ่านที่ได้จากการเผานำมาหาค่าความร้อน ด้วยเครื่องมือ Bomb Calorimeter
7) เมื่อได้ถ่านที่มีคุณภาพดีแล้วก็จะนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 180 °C และความดัน 15 บาร์ ด้วยอัตราไหลไอน้ำ 100 cm3/min ที่อุณหภูมิถ่าน 900°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เป็นถ่านกัมมันต์ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การกระตุ้นถ่านไม้ไผ่ด้วยไอน้ำที่ความดัน 15 bar อุณหภูมิ 180 °C และเครื่องมือผลิตไอน้ำ

ผลการทดลองและการอภิปรายผลการศึกษา

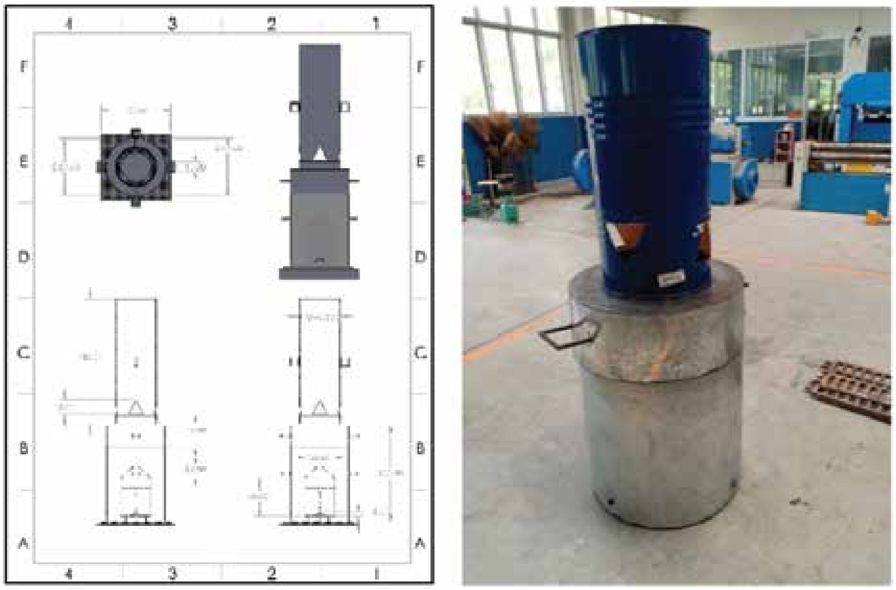
ผลการทดลองและการอภิปรายผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลัก เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาเผาขยะแบบพิเศษที่มีความสามารถในการผลิตถ่านกัมมันต์จากพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะ ดังนี้

1) ผลของการออกแบบสร้างเตาเผาขยะเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ ได้ต้นแบบของเตาเผาขยะแบบพิเศษเพื่อผลิต ถ่านกัมมันต์ โครงสร้างและเตาเผาขยะ ดังแสดงในภาพที่ 3

2) ผลการทดสอบเตาเผาขยะเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการผลิตถ่านที่มีคุณภาพดีและหาขีดความสามารถในการกำจัดขยะ จากการทดสอบจะใช้ขยะมูลฝอยและไม้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยแบ่งช่วงเวลา ออกเป็น 3 ช่วงคือ ทดสอบด้วยเวลา 1 ชั่งโมง, 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

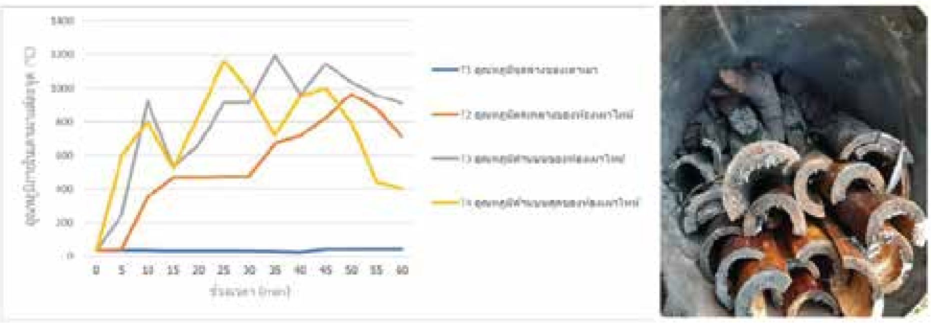
2.1) การทดสอบ 1 ชั่วโมง พบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิงขยะเฉลี่ย 36.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้ไม้ไผ่ ในการทำถ่านก่อน เข้าเตามีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม หลังเผาเสร็จน้ำหนักรวมเหลือ 4.5 กิโลกรัม คุณภาพของถ่านที่ได้ยังเปลี่ยนรูปเป็นถ่านไม่ หมด และ อุณหภูมิภายในเตา T3 และ T4 เริ่มต้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 30 นาที และเริ่มคงที่ ด้วยอุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 1000 – 1200°C จนกระทั่งเวลา 50 นาที อุณหภูมิภายในเริ่มลดลงตามลำดับ ส่วน T2 (อยู่ใกล้ถังเผาถ่าน) อุณหภูมิมีอัตราการเพิ่มขึ้นช้ากว่า T3 และT4 จนถึงอุณหภูมิสูงสุด 980°C ในนาทีที่ 50 และเริ่มลดลงตามลำดับ แสดงดัง ในภาพที่ 4 โดยมีค่าความร้อนของถ่านอยู่ที่ 29.56 MJ/kg

2.2) การทดสอบ 2 ชั่วโมง พบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิงขยะเฉลี่ย 40.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้ไม้ไผ่ ในการทำถ่านก่อน เข้าเตามีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม หลังเผาเสร็จน้ำหนักรวมเหลือ 2.1 กิโลกรัม คุณภาพของถ่านที่ได้ยังเปลี่ยนสภาพเป็นถ่านยัง ไม่หมดแต่ดีกว่าการเผาครั้งแรกด้วยเวลา 1 ชั่วโมง และ อุณหภูมิภายในเตา T3 และ T4 เริ่มต้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 30 นาที และเริ่มคงที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 1000 – 1200°C จนกระทั่งเวลา 90 นาที อุณหภูมิภายในเริ่มลดลง ตามลำดับ ส่วน T2 (อยู่ใกล้ถังเผาถ่าน) อุณหภูมิมีอัตราการเพิ่มขึ้นช้ากว่า T3 และ T4 จนถึงอุณหภูมิสูงสุด 1200°C ในนาทีที่ 60 คงที่จนถึงนาทีที่ 90 และเริ่มลดลงตามลำดับ แสดงดังในภาพที่ 5 โดยมีค่าความร้อนของถ่านอยู่ที่ 24.67 MJ/kg

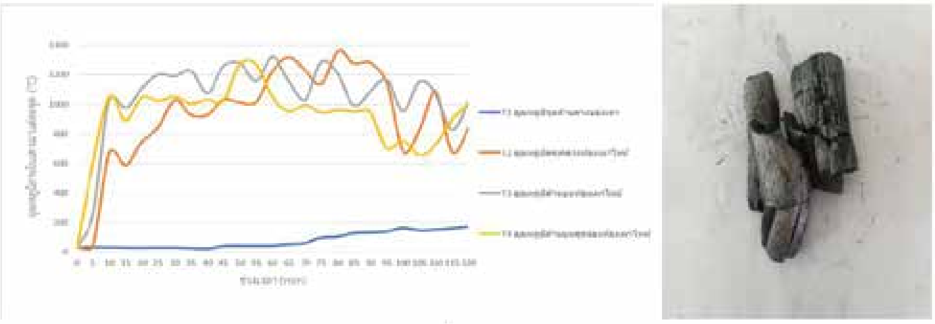


ภาพที่ 3 แบบโครงสร้างและต้นแบบของเตาเผาขยะเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์

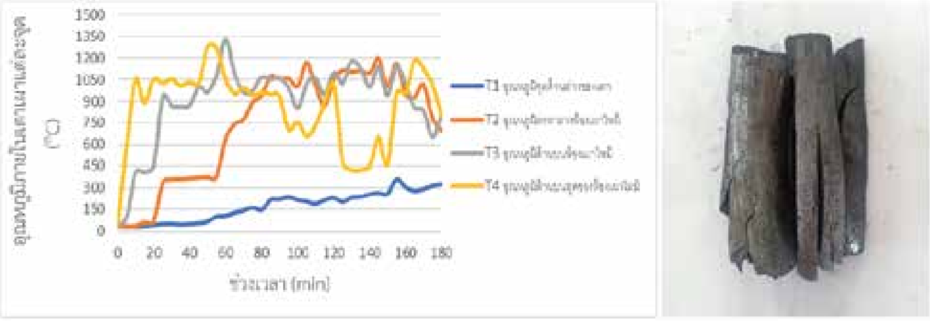
2.3) การทดสอบ 3 ชั่วโมง พบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิงขยะเฉลี่ย 32.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้ไม้ไผ่ในการทำถ่านก่อน เข้าเตามีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม หลังเผาเสร็จน้ำหนักรวมเหลือ 2 กิโลกรัม คุณภาพของถ่านที่ได้ยังเปลี่ยนสภาพเป็นถ่านร้อย เปอร์เซ็นต์ เหมาะที่จะนำไปกระตุ้นเพื่อทำเป็นถ่านกัมมันต์ต่อไป ดังนั้นเวลาในการเผาถ่านที่เหมาะสมของเตาเผาขยะนี้คือ 3 ชั่วโมง และ อุณหภูมิภายในเตา T3 และ T4 เริ่มต้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 30 นาทีและเริ่มคงที่อุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 1,000 – 1,200°C จนกระทั่งเวลา 160 นาทีอุณหภูมิภายในเริ่มลดลงตามลำดับ ส่วน T2 (อยู่ใกล้ถังเผาถ่าน) อุณหภูมิมีอัตราการเพิ่มขึ้นช้ากว่า T3 และT4 จนถึงอุณหภูมิสูงสุด 1200°C ในนาทีที่ 80 คงที่จนถึงนาทีที่ 160 และเริ่ม ลดลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยมีค่าความร้อนของถ่านอยู่ที่ 25.03 MJ/kg ขีดความสามารถกำจัดขยะได้ 96.2 กิโลกรัมต่อวัน



ภาพที่ 4 กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิทั้งสี่จุดในห้องเผาไหม้ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 5 กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิทั้งสี่จุดในห้องเผาไหม้ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 6 กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิทั้งสี่จุดในห้องเผาไหม้ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง

3) ผลการวิเคราะห์คุณภาพของถ่านกัมมันต์ และคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ การผลิตถ่านกัมมันต์จะใช้วิธีกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 180 °C และความดัน 15 บาร์ ด้วยอัตราไหลไอน้ำ 100 cm3/min ที่อุณหภูมิถ่าน 900 oC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณภาพตามมาตรฐานสากลโดยถ่านมีพื้นที่ผิวของ BET (BET surface area) 407.4811 m2/g มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนเฉลี่ยของการดูดซับ 16.4702 Å (Angstrom) และการดูดซับไอโอดีน 1,109.33 mg/g

4) ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะ จากการวิเคราะห์มีรายจ่ายคงที่ 11,688 บาท มีรายจ่ายผัน แปรรวม 110 บาท/วัน โดยมีต้นทุนการทำถ่าน จะมีรายได้จากถ่านกัมมันต์ 50 บาท/กิโลกรัม ขายถ่านกัมมันต์ 100 บาท/ วัน กำจัดขยะได้ 61.886 บาท/วัน รายได้สุทธิ 51.886 บาท/วัน ซึ่งมีระยะเวลาการเผา 1 ปี เผา 180 ครั้ง/ปี มีรายได้ 9339.48 บาท มีระยะคืนทุนอยู่ที่ 1.251 ปี

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเตาเผาขยะสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ไม้ไผ่ได้ทำการทดสอบแล้วสามารถใช้งานได้อย่างมี ประสิทธิภาพสามารถกำจัดขยะได้ 96.2 กิโลกรัมต่อวัน และผลิตถ่านกัมมันต์ได้ 2 กิโลกรัมต่อวัน ใช้เวลาเผาถ่าน 3 ชั่วโมง และใช้เวลากระตุ้นไอน้ำ 1 ชั่วโมง คุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณภาพดีโดยมี ค่าดูดซับไอโอดีน 1,109.33 mg/g ซึ่งเป็นไปตามค่ามาตรฐานของอุตสาหกรรม (1000 – 600 mg/g) [6] สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ใช้ในการดูดซับกลิ่นหรือสารต่าง ๆ ได้ เป็นต้น ในส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนเฉลี่ยนั้น พบว่า ยังมีขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดมาตราฐานที่ 4.84 ล [7] ในจุดนี้เป็นจุดที่จะต้องนำไปปรับปรุงเพื่อให้เตาเผาสามารถผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสูงขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน และศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและปัญหา ภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษาครั้งนี้ สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและต้องการศึกษาความรู้เพิ่มเติมหากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (มปป). การแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงานความร้อนโดยใช้ เตาเผา (Incineration). สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 กุม าพันธ์ 2563. [ออนไลน์] . เ ข้ า ถึ ง ไ ด้ จ า ก https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=509&filename=waste_energy

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน. สืบค้น เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2563. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.dede.go.th/ewtnews.php?Nid=774&filename=index

[3] ธนกฤต บวกขุนทด. (2553). การศึกษารูปแบบการจัดการการจัดเก็บขยะชุมชน กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบล โนนเมืองพัฒนา อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

[4] จันทิมา ชั่งสิริพร พรศิริแก้ว ประดิษฐ์ และพฤกระยา พงศ์ยี่หล้า. (2559). การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยางพาราที่ ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับงานเครื่องกรองน้ำ รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[5] ปัญญา มณีจักร์. (2556). การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางเพื่อดูดซับโครเมียม (III) ไอออนจากน้ำเสียในการวิเคราะห์ค่า COD. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรงั สิต ประจำปี 2556 (น. 119-129). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต

[6] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, วันที่ประกาศ 30 กันยายน 2547.

[7] Margarat O. Ilomuanya, Billa Nashiru, Ndu D. Ifudu, Cecilia I. Igwilo (2016), Effect of pore size and morphology of activated carbon prepared from midribs of Elaeis guineensis on adsorption of poisons using metronidazole and Escherichia coli O15:H7 as a case study. Journal of Microscopy and Ultrastructure.

การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือของประเทศไทย
An Analysis of Energy Consumption for Maize Cultivation in Northern Part, Thailand

ธเนศ ไชยชนะ[1], เสริมสุข บัวเจริญ[1], เสาวลักษณ์ ทองดี[1] และ วรวรรณ เพชรอุไร[2]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การใช้ปัจจัยการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูกและดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย จากการเก็บข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิตโดยตรงจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวนรวมทั้งหมด 1,205 ครัวเรือน ผลการวิจัยพบว่าในขั้นตอนการปลูกเกษตรกรโดยใช้เครื่องปลูกประเภทน้ำมันดีเซล มีปริมาณการใช้พลังงานสูงสุดเท่ากับ 91.06 MJ/ไร่ และขั้นตอนการดูแลรักษามีกิจกรรมที่เกษตรกรดำเนินการ 2 กิจกรรม คือ การใส่ปุ๋ย มีปริมาณการใช้พลังงานที่พิจารณาจากการใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 1,377.13 MJ/ไร่ โดยจากงานวิจัยการใช้พลังงานส่วนใหญ่มาจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นหลัก และการฉีดพ่นสารเคมีมีปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ย 187.42 MJ/ไร่

คำสำคัญ: ปริมาณการใช้พลังงาน, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, พลังงานเทียบเท่า, การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, รอยเท้าคาร์บอน

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจหนึ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศไทยและของโลก ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2557/58-2561/62) ทั่วโลกมีความต้องการใช้ข้าวโพดลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น ประเทศที่ต้องการใช้มากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน สหภาพยุโรป บราซิล และแม็กซิโก [1] สำหรับประเทศไทยมีทั้งการนำเข้าและส่งออก โดยในปี 2561 มีการนำเข้าข้าโพดเลี้ยงสัตว์ปริมาณรวม 153,662.73 ตัน ส่วนการส่งออกรวม 82,428.27 ตัน [2] จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีการนำเข้ามากกว่าการส่งออก เนื่องจากการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ดังกล่าวข้างต้นและมีความต้องการใช้มากขึ้นจนถึงปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้จัดทำโครงการเพื่อสนับสนุนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่าพื้นที่ปลูกมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือร้อยละ 67.70 รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 21.46 และภาคกลางและภาคตะวันตกร้อยละ 10.87 [3],[4]

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละปีเกษตรกรจะทำการปลูก 2 ครั้ง รุ่นที่ 1 ปลูกในช่วงเดือนเมษายน -มิถุนายน และรุ่นที่ 2 เริ่มปลูกในเดือนธันวาคม [5] เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุสั้นประมาณ 100-120 วัน และใช้น้ำน้อยกว่า 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับการทำนา จากปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการเพาะปลูกรวมทั้งราคาผลผลิตที่มีค่าค่อนข้างสูง ทำให้เกษตรกรทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น กระบวนการเพาะปลูก

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ปัจจุบันได้มีการนำเอาปัจจัยการผลิตและเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้มากขึ้นเพื่อความสะดวกเห็นผลรวดเร็ว ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่ทำให้มีต้นทุนที่สูงขึ้นจากการใช้พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อมจากหลายๆงานวิจัยพบว่าในกระบวนการปลูกและการดูแลรักษาก่อนการเก็บเกี่ยวมีการใช้พลังงานที่สูงเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่น ๆ เช่น การวิจัยสำหรับด้านการใช้ปัจจัยการผลิตและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปลูกยางพาราพบว่าเกษตรใช้สารกำจัดวัชพืชปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [6] เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ S. Petsri et al. (2556) [7], [8] และการศึกษาวิจัยสวนมะกอกโดยพิจารณาในแง่ของการใช้พลังงาน [9] การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับเครื่องจักรกลในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในมณฑลจี๋หลิน ประเทศจีน [10]

การวิจัยทางด้านการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิตสำหรับการทำเกษตรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งมีการปลูกข้าวโพเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเก็บข้อมูลแบบสอบถามลจากกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิตในขั้นตอนการเพาะปลูกและดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนการเก็บเกี่ยว โดยเลือกพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หนาแน่น มีความแตกต่างของสภาพพื้นที่และวิธีการดำเนินการที่แตกต่างกัน

วิธีการวิจัย

การวิจัยจะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนหลักได้แก่ การคัดเลือกพื้นที่เป้าหมาย จัดทำแบบสอบถามข้อมูลสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หาขนาดกลุ่มประชากรตัวอย่าง เก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน และหาแนวทางในการจัดการทางด้านพลังงาน/วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการเพาะปลูกและการดูแลรักษา จะทำการใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) หรือสัมประสิทธิ์พลังงาน จากตารางที่ 1 เพื่อปรับให้เป็นข้อมูลพลังงานภายใต้พื้นฐานเดียวกันคือ MJ/Rai ดังแสดงในสมการที่ (1) ถึง (4) สำหรับวิเคราะห์พลังงานจากคนหรือสัตว์ พลังงานจากเชื้อเพลิง (น้ำมัน, ไฟฟ้า) พลังงานจากปุ๋ย และพลังงานจากสารเคมีปราบศัตรูพืช ตามลำดับ

$$\text{Energy (MJ/Rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent (J/h/unit)} \times \text{Time (h)} \times \text{Unit}}{\text{Area (Rai)}} \tag{1}$$

$$\text{Energy (MJ/Rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent of fuel (MJ/Unit)} \times \text{Quantity (Unit)}}{\text{Area (Rai)}} \tag{2}$$

$$\text{Energy (MJ/Rai)} = \begin{bmatrix} \text{N Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of N (MJ/kg)} \\ + \text{P Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of P (MJ/kg)} \\ + \text{K Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of K (MJ/kg)} \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\text{Energy (MJ/Rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent of Chemical (MJ/kg)} \times \text{Quantity (kg)}}{\text{Working Area (Rai)}} \tag{4}$$

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานเทียบเท่าสำหรับวิเคราะห์พลังงาน

ชนิดของพลังงาน		ค่าพลังงานเทียบเท่า		
แรงงาน	- คน	1.96	MJ/h/Unit	[11][12][13]
	- สัตว์	10.10	MJ/h/Unit	[14][15]
เชื้อเพลิง	- น้ำมันดีเซล	43.3	MJ/liter	[11][15]
	- น้ำมันเบนซิน	39.7	MJ/liter	[11][15]
	- ไฟฟ้า	14.4	MJ/kW-h	[11][15]
เครื่องยนต์	- รถไถเดินตาม (15-24 hp.)	70.31	MJ/Rai	[16]
	- รถไถนั่งขับ (80-110 hp.)	337.6	MJ/Rai	[16]
ปุ๋ย	- ไนโตรเจน	66.14	MJ/kg	[17]
	- ฟอสเฟส	12.44	MJ/kg	[17]
	- โพแทสเซียม	11.15	MJ/kg	[17]
	- ซัลเฟอร์	1.12	MJ/kg	[17]
	- ปุ๋ยคอก	0.3	MJ/kg	[17]
ยาปราบศัตรูพืช		120	MJ/kg	[13][18]

ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร พ.ศ. 2559 มีจำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือ รวมทั้งหมด 197,617 ครัวเรือน [20] ดังแสดงในภาพที่ 2 และเมื่อนำมาวิเคราะห์หากลุ่มประชากรตัวอย่างโดยใช้สมการ TARO YAMANE พบว่าจำนวนชุดข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลงานวิจัยภาคสนามมีทั้งหมด 1,205 ชุด โดยการเก็บเฉลี่ยจำนวนเท่า ๆ กันทุกจังหวัด

ภาพที่ 2 จำนวนครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือ

1.ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตในขั้นตอนการปลูกและดูแลรักษา

1.1 ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตในขั้นตอนการปลูก

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เกษตรจะใช้วิธีการในการดำเนินการ 2 รูปแบบ คือ การปลูกโดยใช้แรงงานคนและการปลูกโดยใช้เครื่องปลูก กรณีที่ใช้แรงงานคนในการปลูกจะใช้เวลาในการดำเนินงานเฉลี่ย 0.50 ชั่วโมง/คน/ไร่ แต่ในกรณีที่ใช้เครื่องในการปลูกจะใช้เวลาเฉลี่ย 0.19 ชั่วโมง/คน/ไร่ และมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกรณีที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล 0.75 ลิตร/ไร่ (เครื่องหยอดเมล็ดติดตั้งกับรถไถ) หรือในกรณีที่ใช้เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินจะมีอัตราการใช้น้ำมัน 0.35 ลิตร/ไร่ และมีอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 3.98 kg/ไร่ ทั้งนี้ข้อมูลของแต่ละจังหวัดแสดงดังตารางที่ 1

จังหวัด	ใช้แรงงานคนปลูก	ใช้เครื่องปลูก			จำนวนเมล็ดพันธุ์ (kg/ไร่)
	แรงงาน (h/คน/ไร่)	แรงงาน (h/คน/ไร่)	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) กรณีใช้ดีเซล	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) กรณีใช้เบนซิล	
เชียงใหม่	0.44	0.20	0.36	0.17	5.26
เชียงราย	0.57	0.22	0.29	0.16	5.59
แม่ฮ่องสอน	0.55	-	-	-	5.06
ลำพูน	0.44	0.10	0.34	0.65	5.60
ลำปาง	0.53	0.14	0.64	0.48	3.20
น่าน	0.58	0.13	0.67	0.58	3.14
พะเยา	0.31	0.23	0.35	0.07	3.45
แพร่	0.45	0.24	0.72	0.24	3.33
ตาก	0.43	0.13	0.52	0.11	3.07
สุโขทัย	0.56	0.24	0.61	0.43	3.47
พิษณุโลก	0.57	0.29	0.15	0.10	3.29
อุตรดิตถ์	0.56	0.18	0.57	0.85	3.35

จังหวัด	ใช้แรงงานคนปลูก	ใช้เครื่องปลูก			จำนวนเมล็ดพันธุ์ (kg/ไร่)
	แรงงาน (h/คน/ไร่)	แรงงาน (h/คน/ไร่)	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) กรณีใช้ดีเซล	กรณีใช้เบนซิล	
เฉลี่ย	0.50	0.19	0.47	0.35	3.98

1.2 ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตในขั้นตอนการดูแลรักษา

การบำรุงรักษามีกิจกรรมที่เกษตรกรดำเนินการ 2 กิจกรรม คือการใส่ปุ๋ยและการใช้สารเคมี

-ปุ๋ยเคมี

เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเฉลี่ย 45.54 kg/ไร่ และเมื่อพิจาณาตามสูตรปุ๋ยพบว่าเป็นส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน 16.88 kg/ไร่ ฟอสฟอรัส 4.24 kg/ไร่ และโปรแตสเซียม 2.88 kg/ไร่ ใช้เวลาในการใส่ปุ๋ย 0.61 ชั่วโมง/คน/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้ในการเดินทางของเกษตรกรเพื่อไปซื้อปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 6.9 km โดยใช้ยายพาหนะคือ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์ ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำมัน ดีเซล 0.18 ลิตร/ไร่ สำหรับรถยนต์ หรือ 0.05 ลิตร/ไร่ สำหรับการใช้น้ำมันเบนซินของรถจักรยายนต์

-สารเคมี

มีการใช้สารเคมีเฉลี่ย 1.24 kg/ไร่ ใช้เวลาในการดำเนินการพ่นสารเคมีเฉลี่ย 0.83 ชั่วโมง/คน/ไร่ โดยใช้ทั้งเครื่องพ่นแบบคันโยกและแบบใช้เครื่องยนต์โดยในกรณีการใช้เครื่องพ่นแบบเครื่องยนต์จะมีปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินเฉลี่ย 0.98 ลิตร/ไร่ มีการใช้น้ำมันสำหรับการเดินทางไปซื้อสารเคมีที่เป็นดีเซล 0.10 ลิตร/ไร่ หรือ น้ำมันเบนซิน 0.20 ลิตร/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การใช้ปัจจัยการผลิตในการใส่ปุ๋ย

จังหวัด	อัตราการใช้ปุ๋ย (kg/ไร่)				เวลาในการดำเนินงาน	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) (เดินทางไปซื้อปุ๋ย)	
	รวม	N	P	K	(ชั่วโมง/คน/ไร่)	ดีเซล (รถยนต์)	เบนซิน (จักรยานยนต์)
เชียงใหม่	55.00	23.56	2.81	1.73	1.48	0.16	0.05
เชียงราย	48.02	22.09	0.00	0.00	0.36	0.45	0.13
แม่ฮ่องสอน	58.75	14.47	7.02	4.23	0.71	0.35	0.10
ลำพูน	38.24	9.67	2.89	11.33	0.03	0.37	0.11
ลำปาง	47.00	17.35	8.06	6.66	0.44	0.19	0.06
น่าน	51.00	17.06	7.35	0.90	1.42	0.11	0.03
พะเยา	47.00	19.89	7.37	0.30	0.48	0.04	0.01
แพร่	45.00	23.55	1.00	1.00	0.32	0.03	0.01
ตาก	35.00	16.61	4.22	1.94	0.09	0.09	0.03
สุโขทัย	44.00	18.12	1.81	1.62	0.63	0.16	0.05
พิษณุโลก	44.47	9.36	5.97	3.39	0.78	0.18	0.05
อุตรดิตถ์	32.93	10.82	2.33	1.51	0.53	0.04	0.01
เฉลี่ย	45.53	16.88	4.24	2.88	0.61	0.18	0.05

ตารางที่ 3 การใช้ปัจจัยการผลิตในการพ่นสารเคมี

จังหวัด	ปริมาณสารเคมี (kg/ไร่)	เวลาในการดำเนินงาน (ชั่วโมง/คน/ไร่)	น้ำมัน (เบนซิน) กรณีใช้เครื่องยนต์พ่นสารเคมี (ลิตร/ไร่)	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) (เดินทางไปซื้อสารเคมี)	
				ดีเซล (รถยนต์)	เบนซิน (จักรยานยนต์)
เชียงใหม่	1.69	0.79	-	0.08	0.08
เชียงราย	2.10	0.78	-	0.18	0.09
แม่ฮ่องสอน	1.11	2.01	-	0.17	0.05
ลำพูน	1.77	0.54	-	0.22	0.01
ลำปาง	1.75	1.34	-	0.09	0.03
น่าน	1.59	1.36	0.78	0.13	0.01
พะเยา	1.25	0.62	1.52	0.06	0.00
แพร่	0.63	0.26	-	0.05	1.05
ตาก	0.77	0.26	-	0.04	0.01
สุโขทัย	0.54	0.59	0.85	0.08	0.03
พิษณุโลก	1.34	1.18	0.74	0.10	0.03
อุตรดิตถ์	0.39	0.19	-	0.05	1.05
เฉลี่ย	1.24	0.83	0.98	0.10	0.20

2.ปริมาณการใช้พลังงานจากปัจจัยการผลิต (Energy Consumption)

2.1 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการปลูก

ในขั้นตอนการปลูกเกษตรกรมีวิธีการในการดำเนินการ 3 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 4 คือ รูปแบบที่ 1 การปลูกโดยใช้แรงงานคนมีปัจจัยพลังงานเฉพาะแรงงานคนซึ่งมีค่าปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ0.98 MJ/ไร่ รูปแบบที่ 2 การปลูกโดยใช้เครื่องปลูกที่ติดกับรถไถนาแบบเดินตามซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซล มีปัจจัยทางด้านพลังงานที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย แรงงาน น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ของเครื่องจักรกลการเกษตรโดยการปลูกโดยวิธีการนี้มีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ91.06 MJ/ไร่ และรูปแบบที่ 3 การปลูกโดยใช้เครื่องปลูกที่ใช้น้ำมันเบนซิน (แก๊สโซฮอร์) ผลการวิเคราะห์พบว่า มีการใช้ปัจจัยพลังงานเหมือนกับรูปแบบที่2ต่างกันที่ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งวิธีการนี้มีการใช้พลังงานเท่ากับ 27.82 MJ/ไร่

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการปลูก	ปริมาณพลังงาน (MJ/ไร่)			
	แรงงาน	เชื้อเพลิง	เครื่องยนต์	รวม
รูปแบบที่ 1 การปลูกโดยใช้แรงงานคน	0.98	-	-	0.98
รูปแบบที่ 2 การปลูกโดยใช้เครื่องปลูก (น้ำมันดีเซล)	0.20	20.55	70.31	91.06
รูปแบบที่ 3 การปลูกโดยใช้เครื่องปลูก (น้ำมันเบนซิน)	0.37	13.86	13.59	27.82

2.2 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการบำรุงรักษา
การใส่ปุ๋ยมีการใช้พลังงานประกอบด้วย พลังงานจากแรงงานคน พลังงานจากปุ๋ยเคมีที่ใช้ โดยแบ่งเป็นพลังงานในส่วนของปุ๋ยไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมและพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางไปซื้อปุ๋ยโดยผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการใช้พลังงานที่พิจารณาจากการใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 1,377.13 MJ/ไร่ พลังงานจากแรงงานคนที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยมีค่า 1.20 MJ/ไร่ และพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 4.89 MJ/ไร่ รวมในการใส่ปุ๋ยมีการใช้พลังงานเท่ากับ 1,371.04 MJ/ไร่

การพ่นสารเคมีเกษตรกรมีการใช้เครื่องพ่นสารเคมี 2 แบบ คือเครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบคันโยก และเครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบเครื่องยนต์ ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 26 ทั้งนี้พบว่าการใช้สารเคมีโดยใช้เครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบคันโยกมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 166.93 MJ/ไร่ ส่วนการใช้สารเคมีโดยใช้เครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบเครื่องยนต์ มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 207.91 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้พลังงานในการใส่ปุ๋ยและพ่นสารเคมี

ปัจจัยการผลิต	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/ไร่)					
	ปุ๋ยเคมี	สารเคมี	แรงงาน	เชื้อเพลิง	เครื่องยนต์	รวม
ปุ๋ยเคมี	1,371.04	-	1.20	4.89	-	1,377.13
สารเคมี						
- เครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบคันโยก	-	153.15	1.51	12.27	-	166.93
- เครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบเครื่องยนต์	-	141.60	1.84	50.88	13.59	207.91

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานสำหรับการปลูกและการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ในขั้นตอนการปลูกเกษตรกรโดยใช้เครื่องปลูกประเภทน้ำมันดีเซล มีปริมาณการใช้พลังงานสูงสุดเท่ากับ 91.06 MJ/ไร่ และขั้นตอนการดูแลรักษามีกิจกรรมที่เกษตรกรดำเนินการ 2 กิจกรรม คือ 1) การใส่ปุ๋ย มีปริมาณการใช้พลังงานที่พิจารณาจากการใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 1,377.13 MJ/ไร่ และ 2) การฉีดพ่นสารเคมีแบบเครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบคันโยกและเครื่องพ่นสารเคมีสะพายหลังแบบเครื่องยนต์ มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 166.93 MJ/ไร่ และ 207.91 MJ/ไร่ ตามลำดับ โดยจากงานวิจัยดังกล่าวการใช้พลังงานส่วนใหญ่มาจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนเป็นหลัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ ปีงบประมาณ 2560 เกษตรกรจำนวน 1,205 รายในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือที่ได้ให้ข้อมูลปัจจัยการผลิตและใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลการวิจัย และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2562. เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในเขตพื้นที่ภาคกลาง. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2563, จาก http://www.doa.go.th/oard5/wp-content/uploads/2019/09/km62.pdf.

[2] กรมศุลกากร. มปป. การนำเข้า-ส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2563, จาก http://www.customs.go.th

[3] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. คู่มือโครงการสานพลังประชารัฐเพื่อสนับสนุนการปลูกข้าวโพดหลังฤดูทำนา. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์2563, จาก https://rnc.doae.go.th/login

[4] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2561. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

[5] เทคโนโลยีชาวบ้าน. (ม.ป.ป.). ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2562, จาก https://www.technologychaoban.com/news-slide/article_5225.

[6] ขนิษฐา มีวาสนา และพิรัชฎา มุสิกะพงศ์. 2560. การศึกษาเปรียบเทียบวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นของยางพาราแผ่นที่ผลิตในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้.สำนักวิชาการสาธารณสุขศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[7] S. Petsri, A. Chidthaisong, N. Pumijumnong and C. Wachrinrat. 2013. “Greenhouse gas emissions and carbon stock changes in rubber tree plantations in Thailand from 1990 to 2004”. Journal of Cleaner Production, vol.52 (2013), pp. 61-70.

[8] ประพิธารี ธนารักษ์, เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม และพิสิษฏ์ มณีโชติ. 2558. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 20(1), 72-82.

[9] S. Proietti, P. Sdringola, U. Desideri, F. Zepparelli, A Brunori, L. Ilarioni, L. Nasini, L. Regni and P. Proietti. 2014. “Carbon footprint of an olive tree grove”. Applied Energy, vol. 127 (2014), pp. 115–124.

[10] H. Wang, Y. Yang, X. Zhang and G. Tian. “Carbon Footprint Analysis for Mechanization of Maize Production Based on Life Cycle Assessment: A Case Study in Jilin Province”, China. Sustainability, vol. 7, pp. 15772-84.

[11] Chaichana, T., Phethuayluk, S., Tepnual, T. and Yaibok, T. 2014. Energy Consumption Analysis for SANGYOD Rice Production. Energy Procedia. 52: p. 126-130.

[12] Samavatean, N., Rafiee. S., Mobli, H. and Mohammadi, A. 2 0 1 1. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. Renewable Energy. 36(6), 1808-1813.

[13] Omid, M., Ghojabeige, F., Delshad, M. and Ahmadi, H. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. Energy Conversion and Management. 52(1), 153-162.

[14] Mandal M.G., Suda, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M. and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergyand economic analysis of soybean-based crop production system in central India, Biomass and Bioenergy. 23, 337-345.

[15] ปรีชา มาระกะ สุนันทา เอี่ยมสำอาง ณัฐวุฒิ ดุษฎี และชูรันต์ ธารารักษ์. 2015. ต้นทุนพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตข้าวเหนียวของกลุ่มเกษตรกรประเทศไทยและประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวในภูมิภาคลุ่มน้ำโขง. วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ. 1(2015), 1-13.

[16] De, D., R. Singh, and H. Chandra. 2 0 0 1. Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh. Applied Energy. 70, 193-213.

[17] Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S. and Rafiee, H. 2010. Energy inputs - yield relation ship and cost analysis of kiwifruit production in Iran, Renewable Energy, 35 (2010), 1071–1075.

[18] Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A. Rafiee, S. and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment. 137(3-4), 367-372.

[19] มารยาท โยทองยศ และปราณี สวัสดิสรรพ. (ม.ป.ป.). การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัย. ศูนย์บริการวิชาการ สถาบันส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม.

[20] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2560, จากhttp://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/agronomy/3.1corn.pdf.

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษา กำลังการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก ในระบบไมโครกริด กรณีศึกษาคลองน้ำลำบอริบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย
Economic Evaluation for Study of Micro Water Turbine in Microgrid System: Case Study LAM BARIBOON Canal, Muang Nakhon Ratchasima, Thailand

กฤติเดช บัวใหญ่ ธีรภัทร ดำรงธรรม ยุทธณา คงจีน และ กาณฑ์ เกิดชื่น
สาขาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต่อร่วมเป็นระบบไมโครกริดโดยมีระบบสำรองไฟด้วยแบตเตอรี่จำลองด้วยโปรแกรมโฮมเมอร์ในการทดสอบจะเปรียบเทียบกรณีที่ระบบผลิตพลังงานฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวและระบบไมโครกริดเมื่อต่อผสานกันของระบบผลิตพลังงานฟ้าจากพลังงานน้ำกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเปรียบเทียบมูลค่าเงินปัจจุบัน (NPC) ของแหล่งจ่ายพลังงานที่เลือกใช้ใน ไมโครกริด เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการติดตั้งใช้งานผลการวิเคราะห์รูปแบบไมโครกริดที่มีความเหมาะสมคือระบบที่ประกอบด้วยพลังงานน้ำขนาดเล็กร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต่อร่วมเป็นระบบไมรโครกริดโดยมีระบบสำรองไฟด้วยแบตเตอรี่ด้วยค่างบประมาณของโครงการรวม 2.5 ล้านบาท ดังนั้นระบบไมรโครกริดขนาดกำลังผลิตรวม 17,440 กิโลวัตต์ฮาว์ต่อปี จึงมีความเหมาะสมในการพัฒนาเพื่อการใช้งาน

คำสำคัญ: กังหันน้ำขนาดเล็ก ไมโครกริด NPC

บทนำ

การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานทดแทนที่นิยม เช่น พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ พลังงานลม และอีกชนิดที่น่าสนใจคือระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้านอกจากนี้ระบบไมโครกริดเป็นระบบที่ถูกพัฒนาเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดในแบบระบบไฟฟ้าไฮบริดที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ซึ่งมีองค์ประกอบพื้นฐานแบ่งได้เป็นสามส่วน โดยพิจาณาจากช่วงเวลาของการทำงาน คือ ส่วนแรกในเวลากลางวันนั้นพลังงานจะถูกใช้โดย PV หรือไฟฟ้าจากพลังน้ำแรงดันขาออกจากระบบ PV คือไฟฟ้ากระแสตรงดังนั้นระบบจึงต้องใช้ตัวแปรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันโรงไฟฟ้าจากพลังน้ำอาจเลือกไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกำเนิดที่เลือกใช้ ส่วนที่สองการทำงานในช่วงเวลากลางคืนระบบไฮบริดจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้บริโภคโดยพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ส่วนที่ 3 เป็นระบบจะควบคุมการทำงานของไมโครกริด

การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเป็นหนึ่งในแผนยุทธศาสตร์สำหรับการลดความยากจนเพื่อให้ประเทศสามารถพัฒนาเศรษฐกิจได้วิธีหนึ่งที่จะนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์นี้คือในการออกแบบและการใช้งานระบบพลังงานหมุนเวียนพลังงานแสงอาทิตย์/มินิไฮโดรไฮบริดสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในชนบท มินิไมโครกริดสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้พลังงานหมุนเวียนที่อาศัยเทคโนโลยีระบบไฮบริดซึ่งสามารถผสานรวมเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนได้หลายแบบทำงานร่วมกันสำหรับการใช้แหล่งจ่ายพลังงานในรูปแบบเดียวจะมีค่าใช้จ่ายสูงในการจัดหาและบำรุงรักษา [1] การผสมผสานเทคโนโลยีที่แตกต่างกันและมีแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันทำให้ได้เปรียบในการแข่งขันเมื่อเทียบกับการใช้เทคโนโลยีเดียวตัวอย่างเช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจะสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ช่วยจ่ายโหลดเมื่อแหล่งน้ำลดลงในช่วงฤดูแล้งและในทางกลับกันระบบสำรองแบตเตอรี่ช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับระบบโดยการจัดเก็บพลังงานแล้วนำมาจ่ายให้กับโหลดเมื่อมีการผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนไม่เพียงพอ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก (micro hydro power) ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาคลองน้ำตามธรรมชาติที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีโดยจะเลือกชนิดของกังหัน(Turbine)เป็นแบบแบบ ครอสโฟว์ (cross flow turbine) [xx] ทำงานโดยอาศัยพลังงานที่ได้จากแรงหรือพลังงานของน้ำที่เคลื่อนที่ซึ่งอาจต้องมีการควบคุมที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กของกรณีศึกษาเป็นการไหลของน้ำ(Run-of-river)ความเร็วของน้ำเฉลี่ยในรอบปีเท่ากับ 2.23 เมตร/วินาที รูปแบบกังหันที่เหมาะสมมี 2 แบบคือ แบบคาปลาน (Kaplan) และ แบบ ครอสโฟว์ flow turbine)โดยกังหันคาปลานเป็นแบบแรงสะท้อนส่วนกังหันครอสโฟว์เป็นแบบแรงกระแทกดังนั้นจึงเลือกใช้กังหันแบบครอสโฟว์ ซึ่งสามารถใช้กับเฮดน้ำตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 200 เมตร [2] ในการออกแบบนี้นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของความเร็วของน้ำในคลองบริบูรณ์ที่บริเวณชุมชนจอหอมีค่าความเร็วณจำแหน่งผิวน้ำเฉลี่ยทั้งปี 2.23 เมตร/วินาทีและขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ขนาด 2.50 ตารางเมตร และเฮดน้ำ 2.5 เมตร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการออกแบบระบบพลังงานทดแทนที่เหมาะสมที่สุดซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กผสานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนด้วยการประเมินผลการดำเนินงานและประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานน้ำขนาดเล็กที่เหมาะสมตามความต้องการโหลด เมื่อพิจารณาค่าการลงทุน NPV ของโครงการ

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษาคือ คลองลำบริบูรณ์ บริเวณชุมชน ตำบลจอหอ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่พิกัด15°01'27.8"N102°08'12.4"Eในการศึกษาจะจำลองระบบไมโครกริดประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบตเตอรี่และโหลด แสดงดังรูปที่ 1 ระบบไมโครกริดประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และโหลด ในระบบไมโครกริดจะเชื่อมต่อระบบหว่าง ดีซี และ เอซี บัส ด้วยตัวเปลี่ยนพลังงาน (converter) การออกแบบระบบมินิไมโครกริดมีรายละเอียดดังนี้ 1. ระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ 2. PV โมดูล แปรพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 3. ตัวควบคุมการชาร์จ ควบคุมแรงดันและกระแสที่มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่ และป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่มากเกินไปและยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ 4.อินเวอร์เตอร์แปลงเอาท์พุทDCจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับACป้อนให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าและ5.แบตเตอรี่สะสมพลังงานไฟฟ้าและจ่ายพลังงานให้กับโหลดไฟฟ้าเมื่อมีความต้องการ

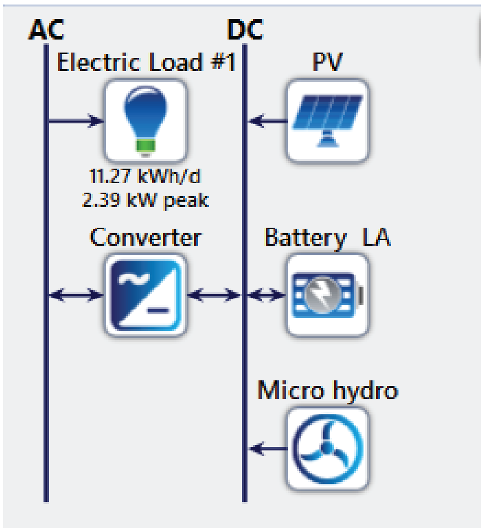
วิธีการออกแบบดังต่อไปนี้

1.มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net present cost, NPC)

เป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทางวิศวกรรมบทความนี้เป้าหมายคือออกแบบระบบไมโคกริดให้มีค่า NPC ต่ำที่สุด สมการคำนวณดังนี้

$$min(C_{NPC,i}) = \sum_{All\ element}\left[-R_{o,i} + \sum_{i=0}^{T}\frac{R_{t,i}}{(1+x)^{t}}\right] \quad (1)$$

เมื่อ C_{NPC} คือ ราคาลงทุนรวมปัจจุบัน [บาท] T คือ ระยะเวลาของโครงการ [ปี] t คือ เวลาในการคิดเงิน [ปี] R_o คือ เงินลงทุนเริ่มต้น [บาท] R_t คือ กระแสเงินสดสุทธิของอุปกรณ์ [บาท] x คือ อัตราดอกเบี้ย [%]



รูปที่ 1 ไดอแกรมของ AC/DC ในระบบไมโครกริด

2.โหลดของระบบไมโครกริด

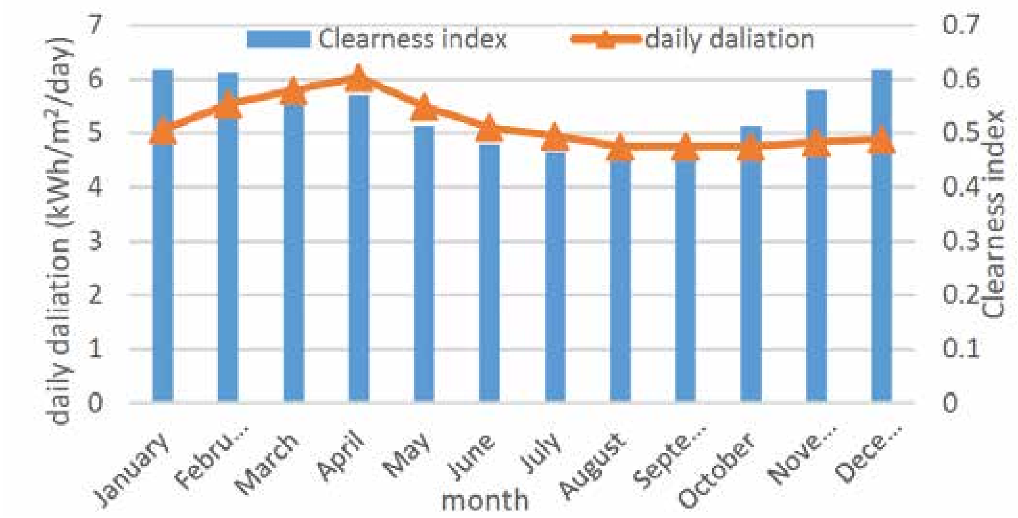
พิจารณาโหลดโปรไฟล์ของผู้ใช้ไฟในระบบไมโครกริดแบบจำลองโหลดในระบบไมโครกริดเป็นโหลดประเภทบ้านอยู่อาศัย นำลักษณะการกระจายตัวของโหลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kWp) ในรอบปี [3] มาใช้ในการออกแบบระบบไมโครกริด วิธีการจำลองโหลดใช้วิธีการใน [4] เพื่อจำลองโหลดเป็นแบบตามช่วงเวลา

รูปที่ 2 โหลดกราฟรายวันในระบบไมโครกริด

โหลดกราฟรายวันในระบบไมโครกริดแสดงดังรูปที่ 2 กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโหลดคือ 3.17 กิโลวัตต์ในฤดูร้อนของเดือนเมษายน

3.การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

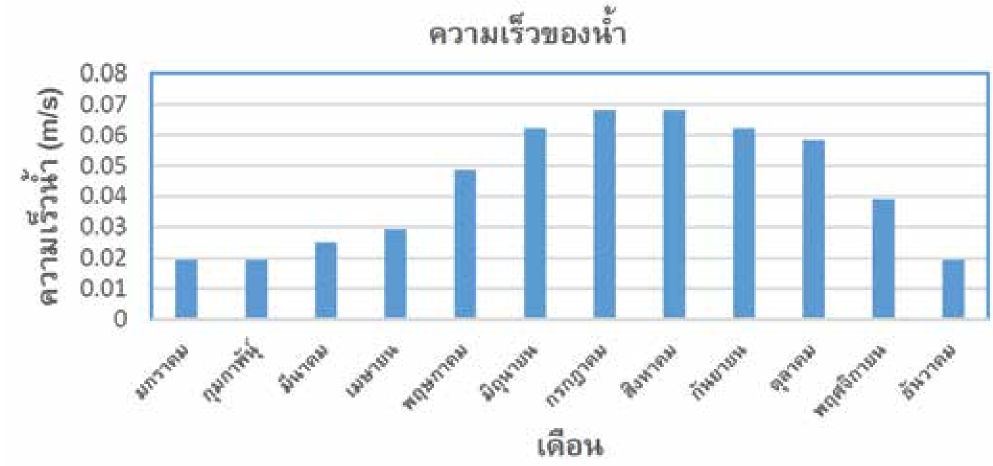
เป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของระบบไมโครกริดรูปที่3แสดงการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ในพื้นที่ศึกษา การแผ่รังสีรายวันในรอบปีที่แสดงมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.169 kWh/m2/day และค่าเฉลี่ยของดัชนีความสว่างของท้องฟ้าในพื้นที่ คือ 0.539



รูปที่ 3 แสดงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในรอบปีของพื้นที่ศึกษา

4.ความเร็วของน้ำ

จากรูปที่ 4 แสดงความเร็วของน้ำในคลองลำบริบูรณ์ในรอบ 1 ปี ความเร็วน้ำสูงสุด 0.68 m/s ในช่วงฤดูฝนค่าเฉลี่ยทั้งปีคือ 0.43 m/s



รูปที่ 4 ความเร็วน้ำในรอบปี

ข้อมูลนำเข้าเพื่อวิเคราะห์ในโปรแกรมแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลนำเข้าเพื่อการจำลองระบบไมโครกริด

ลำดับ	อุปกรณ์	เงินลงทุน [บาท/กิโลวัตต์]	ค่าติดตั้ง [บาท/กิโลวัตต์]	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา [บาท/กิโลวัตต์/ปี]	อายุใช้งาน [ปี]
1	แผงโซล่าเซล	36,657.00	36,657.00	407.30	25
2	ตัวเปลี่ยนพลังงาน	12,219.00	12,219.00	407.30	5
3	ไมโครไฮโดร	20,365.00	20,365.00	3562.40	25
4	แบตเตอรี่ Lead acid	30,547.50	30,547.50	30,540.75	5

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคระห์ด้วยโปนแกรม Homer เพื่อวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไมโครกริด เมื่อพิจารณาเลือกขนาดของPVขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบตเตอรี่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า และขนาดตัวแปรเปลี่ยนพลังงานที่เหมาะสมเมื่อพิจารณา NPC แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบรูปแบบพลังงานที่เลือกใช้สำหรับไมโครกริด

แบบ	แบตเตอรี่ [kWh]	แผงโซล่าเซล [kW]	Micro hydro [kW]	ตัวเปลี่ยนพลังงาน [kWh]	NPC [บาท]
A1	14	10	1.0	4	฿2.50M
A2	24	19.6	-	4.47	฿3.39M

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ NPC ของรูปแบบ A1 และ A2 ของการผสานร่วมกันของอุปกรณ์ในรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมคือ A1 คือ ระบบที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่ 14 kWh แผงโซล่าเซลแสงอาทิตย์ 10 kW ขนาดของ Micro hydro เท่ากับ 1.0 kW และตัวเปลี่ยนพลังงาน 4 kWh มีค่า NPC ต่ำสุดเท่ากับ 2.5 ล้านบาท

ระบบ A1 มีความเหมาะสมในการลงทุนเนื่องจากเมื่อใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำมาใช้งานทำหน้าที่จ่ายโหลดได้ทั้งเวลากลางวันและในช่วงเวลากลางคืนช่วยให้สามารถแบ่งจ่ายโหลดจากการจ่ายโดย PV หรือ จากแบตเตอรี่มีผลทำให้สามารถลดจำนวนแบตเตอรี ส่งผลดีเรื่องราคา NPC ของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้เพียง PV เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากรูปที่ 5 การผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมโดยมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงในช่วง กรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม

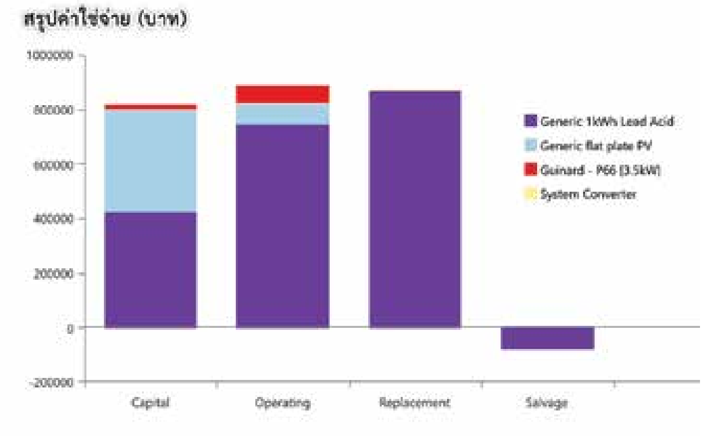
รูปที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน

ค่าการลงทุนในส่วนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดราคาสรุปในส่วนต่างๆ ของรูปแบบ A1

อุปกรณ์	ต้นทุน [บาท]	ค่าติดตั้ง [บาท]	ดำเนินการและบำรุงรักษา [บาท]	รื้อถอน [บาท]	รวม [บาท]
แบตเตอรี่	฿427,665.00	฿870,695.94	฿749,535.36	(฿79,922.65)	฿1,967,973.65
แผงโซล่าเซล	฿369,747.60	฿0.00	฿71,956.67	฿0.00	฿441,704.27
Micro hydro	฿20,365.00	฿0.00	฿62,434.14	฿0.00	฿82,799.14
ตัวเปลี่ยนพลังงาน	฿1,200.00	฿3,385.03	฿0.00	฿0.00	฿4,585.03
ระบบ	฿818,977.60	฿874,080.96	฿883,926.18	(฿79,922.65)	฿2,497,062.10

ตารางที่3แสดงราคาของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆสำหรับการวิเคราะห์ค่าNPCพบว่าลงทุนในส่วนของแบตเตอรี่ มีค่าสูงสุดด้วยเงินลงทุนสูงถึง 1.97 ล้านบาท จากรูปที่ 6 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ในระบบไมโครกริดพบว่าแบตเตอรี่จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ มีค่าสูง ทั้งราคาต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังต้องมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดใหม่ทุก ๆ รอบตามอายุการใช้งานทำให้มีค่ารื้อถอนเพิ่มขึ้นสำหรับชุดโซล่าเซลมีค่าราคาต้นทุนเริ่มต้นมากเป็นอันดับที่สองอีกส่วนเป็นค่าดำเนินงานและบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน



รูปที่ 6 สรุปค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ในระบบไมโครกริด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วย โซล่าเซลร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับผู้ใช้ไฟชุมชนหนึ่งในพื้นที่ศึกษาโดยการจำลองและวิเคราะห์ผลด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยโปรแกรม Homer ก่อนการดำเนินโครงการที่มีค่าโหลดสูงสุดเป็น 3.17 kWp พบระบบไมโครกริดที่เลือกใช้ประกอบด้วย PV ขนาด 10 kWp ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กขนาด 1.0 kW ตัวแปรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ขนาด 4 kW และแบตเตอรี่ขนาด 14 kWh ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี 17,440 (kWh/yr) ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระบบที่ออกแบบมีค่า PVC เท่ากับ 2.5 ล้านบาท จากการศึกษาพบว่าการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำต่อร่วมในระบบไมโครกริดจะช่วยในการลดขนาดของแบตเตอรี่ทำให้ระบบมีค่าNPCที่ถูกลงเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้PVเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

[1] L. Pimnapat P. Trirath and B. Krischonme, "Performance Study of Micro Hydro Turbine and PV for Electricity Generator, Case Study: Bunnasopit School, Nan Province Thailand," in 10th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposiumn (EMSES2012) , 5-8 Dec. 2012, pp. 235-242, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.752

[2] M. Abid, K. S. Karimov, M. W. Al-Grafi, S. I. Islomov, and N. H. Karimova, "THE ECONOMICS OF MICROHYDRO POWER PLANTS," IIUM Engineering Journal, vol. 14, no. 2, 11/19 2013, doi: 10.31436/iiumej.v14i2.434.

[3] การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า [Online]. สืบค้นจาก : http://peaoc.pea.co.th/loadprofile/ [1 ตุลาคม 2563]

[4] ชัยานันท์ พุทธสำราญ วันชัย ใจเอื้อ ประจวบ อินระวงค์ และ กฤติเดช บัวใหญ่, (2562), “แบบจำลองโหลดในระบบจำหน่ายแรงต่ำโดยพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าและตัวประกอบโหลดตามช่วงเวลา”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11, 15 - 17 พฤษภาคม 2562, พระนครศรีอยุธยา, (น.31-34).

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโรงงานสีเขียว
Key Success Factors for Green Factory Implementation

นุศรา คังฆะมะโน[1],* ธรธร พชรฐิติกุล[2]
[1]สาขาการจัดการเทคโนโลยีวิศวกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800
[2]Ph.D., อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาหาลำดับความสำคัญของปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินการของโรงงานสีเขียวในโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวแต่ละระดับ การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในมุมมองของภาครัฐผู้ที่รับผิดชอบดูแลโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวและมุมมองจากภาคอุตสาหกรรมหรือผู้ที่ต้องดำเนินการตามนโยบายเพื่อให้ได้รับการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียว โดยทำการเก็บรวบรวมปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดความสำเร็จในการดำเนินการโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้รวบรวมมาทั้งสิ้น 88 ปัจจัย จากนั้นทำการประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) พบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาหาน้ำหนักความสำคัญมีจำนวน 57 ปัจจัย และทำการศึกษาหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยโดยใช้การวิเคราะห์ตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) โดยใช้โปรแกรม Expert Choice ผลของการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐพบว่า ในภาพรวมปัจจัยที่มีน้ำหนักความสำคัญที่ส่งผลในการดำเนินงานโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวคือปัจจัยในด้านงบประมาณและการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านกฎหมายและนโยบายรัฐ ปัจจัยด้านการจัดการองค์กร ปัจจัยเครือข่ายการเรียนรู้และชุมชนและปัจจัยด้านการดำเนินการตามลำดับในส่วนผู้เชี่ยวชาญจากโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างคือปัจจัยด้านกฎหมายและนโยบายรัฐปัจจัยในด้านงบประมาณและการจัดการทรัพยากรปัจจัยด้านการจัดการองค์กร ปัจจัยด้านการดำเนินการ และปัจจัยเครือข่ายการเรียนรู้และชุมชน ตามลำดับ

คำสำคัญ ปัจจัยแห่งความสำเร็จ อุตสาหกรรมสีเขียว กระบวนลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

บทนำ

ในปัจจุบันแนวโน้มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากการพัฒนาเศรษฐกิจตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยมีการคาดการณ์ว่าภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นพื้นที่มีความเปราะบางสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการมีอุณหภูมิเฉลี่ยในภูมิภาคที่เพิ่มขึ้น 4.8 องศาเซลเซียส ในอีก 100 ปีข้างหน้า

ทำให้เกิดความถี่และความรุนแรงของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงแบบสุดโต่ง [1] ในการที่จะร่วมแก้ไขวิกฤตการณ์นี้ประเทศไทยได้มีการดำเนินงานในการลดก๊าซเรือนกระจกซึ่งนำไปสู่การกำหนดนโยบายและแผนพัฒนาประเทศต่างๆเพื่อใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมในส่วนของกระทรวงอุตสาหกรรมซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยมีการกำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมและสังคมโดยมีการริเริ่มระบบอุตสาหกรรมสีเขียว(Green Industry) เพื่อผลักดันและส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีการประกอบกิจการ ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากร การประหยัดพลังงาน ลดการปลดปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รับผิดชอบต่อสังคมทั้งภายในและภายนอกองค์กรตลอดห่วงโซ่อุปทานเพื่อเตรียมความพร้อมระบบเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาอุตสาหกรรมและช่วยลดปัญหาที่เกิดจากผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นทั้งนี้เกิดการสร้างเศรษฐกิจสีเขียวสนับสนุนทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมสีเขียวของประเทศ (Green GDP) มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น [2]

โครงการอุตสาหกรรมสีเขียว (Green Industry) หรือ โครงการส่งเสริมและพัฒนาสถานประกอบการสู่อุตสาหกรรมสีเขียวสืบเนื่องมาจากที่ประเทศไทยได้ร่วมทำปฏิญญาโจฮันเนสเบิร์กเมื่อปีพ.ศ.2545 และปฏิญญามะนิลาปี พ.ศ. 2552 ต่อเนื่องกันมา นับตั้งแต่ปีพ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยเริ่มต้นโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวโดยแนวคิดในการพัฒนาอุตสาหกรรมสีเขียวของกรมโรงงานมีเป้าหมายในการทำให้โรงงานจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70.0 ในแต่ละจังหวัดเข้าร่วมโครงการอุตสาหกรรมสีเขียว [3] การดำเนินโครงการจนถึงปัจจุบันพบว่าจำนวนของโรงงานที่ได้รับใบรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวจำนวนทั้งสิ้นพบว่าจำนวนของสถานประกอบการที่ได้รับการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวจำนวนทั้งสิ้น 26,893 สถานประกอบการ โดยแบ่งเป็นระดับที่ 1 จำนวน 15,625 สถานประกอบการ ระดับที่ 2 จำนวน 6,440 สถานประกอบการ ระดับที่ 3 จำนวน 4,321 สถานประกอบการ ระดับที่ 4 จำนวน 461 สถานประกอบการ และระดับที่ 5 จำนวน 46 สถานประกอบการ [4] ทั้งนี้กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ตั้งเป้าหมายในการยกระดับอุตสาหกรรม โดยเตรียมผลักดันให้ผู้ประกอบการได้รับใบรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวเพิ่มขึ้นปีละ 2,000 ราย [5]

เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการดำเนินการในส่วนอุตสาหกรรมสีเขียวผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลำดับความสำคัญของปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินการของโรงงานสีเขียว (Green Factory) ของอุตสาหกรรมสีเขียวในแต่ละระดับ โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวได้แก่ ปัจจัยด้านสังคมและชุมชน [6,10,11,14,16-18] ด้านการตลาดและลูกค้า [6,8,13,14,16,17,19] ด้านการแข่งขันและคู่แข่งทางธุรกิจ [6,8,14,17] ด้านผู้ส่งมอบวัตถุดิบ [6,8,17] ด้านนโยบายและกลยุทธ์ภายในองค์กร [6-19] ด้านการจัดการทรัพยากร [6,12,14,16,17] ด้านการเงิน [6-17] ด้านภาพลักษณ์ขององค์กร [7,14,16,17] ด้านบุคลากร [6,7,10-12,14-17] ด้านการบริหารจัดการภายในองค์กร [6,8-19] ด้านความง่ายและสะดวกของขั้นตอนในการเข้าร่วมโครงการ [7,9] ด้านการเข้าถึงแหล่งข้อมูล [7,9] ด้านกฎระเบียบของรัฐบาลและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง [6-10,12-15,17-18] ด้านการสนับสนุนของภาครัฐ [6-10,12,14,15]

ในการพัฒนาอุตสาหกรรมสีเขียวนั้นอาศัยองค์ประกอบของกลไก 3 ส่วนซึ่งได้แก่ ภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรมและภาคประชาชน [3] ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวภายใต้มุมมองของภาครัฐซึ่งเป็นผู้ที่รับผิดชอบดูแลโครงการฯและภายใต้มุมมองของกลุ่มตัวอย่างจากภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผู้ที่ต้องดำเนินการตามนโยบายเพื่อให้ได้รับการรับรองโครงการอุตสาหกรรมสีเขียว ทั้งนี้เพื่อสร้างเป็นแนวทางการส่งเสริม พัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการ เป็นประโยชน์ต่อฝ่ายของภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมที่มีการดำเนินการเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมสีเขียว (Green Industry) และการพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่สูงขึ้นไป เพื่อมุ่งไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมไทย

คำจำกัดความ

อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 1 ความมุ่งมั่นสีเขียว (Green Commitment) เป็นการแสดงความมุ่งมั่นในรูปแบบนโยบายเป้าหมายและแผนงานที่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีการสื่อสารภายในองค์กรให้ทราบโดยทั่วกัน

อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 2 ปฏิบัติการสีเขียว (Green Activity) เป็นการดำเนินกิจกรรมตามนโยบายเป้าหมายและแผนงานที่กำหนดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรมสำเร็จตามความมุ่งมั่นที่ตั้งไว้

อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 3 ระบบสีเขียว (Green System) เป็นการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบมีการติดตามประเมินผลและทบทวนเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องรวมถึงการได้รับรางวัลด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่ยอมรับและการรับรองมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 4 วัฒนธรรมสีเขียว (Green Culture) เป็นการร่วมมือร่วมใจของทุกคนภายในองค์กรดำเนินงานอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมองค์กร

อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 5 เครือข่ายสีเขียว (Green Network) เป็นการแสดงถึงการขยายเครือข่ายตลอดโซ่อุปทานสีเขียวโดยสนับสนุนให้คู่ค้าและพันธมิตรเข้าสู่กระบวนการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวด้วย

วิธีการวิจัย

ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุตสาหกรรมสีเขียวและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการ ทำการเก็บรวบรวมปัจจัยโดยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมทำการจำแนกปัจจัยออกเป็นกลุ่มเพื่อนำไปคัดเลือกหาปัจจัยที่มีความเหมาะสมสำหรับการสร้างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการดำเนินการโรงงานสีเขียว ทำการคัดเลือกปัจจัยโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์หรือวิธีการ IOC (Index of Item-Objective Congruence)รวบรวมปัจจัยที่มีค่าคะแนนผ่านเกณฑ์ และทำการศึกษาหาน้ำหนักและลำดับความสำคัญของปัจจัยตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นวิธีการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ ทำการพิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญทีละคู่ (Paired Comparison) โดยใช้โปรแกรม Expert Choice โดยมีผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาเปรียบเทียบและให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยคือฝ่ายของภาครัฐได้แก่ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ของกลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียวกองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน และฝ่ายของอุตสาหกรรม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจากโรงงานกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการรับรองในโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 5 จำนวน 3 โรงงานโดยทำการศึกษาในมุมมองของประเภทอุตสาหกรรมทั่วไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

พบว่าจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้ประสบความสำเร็จในการดำเนินการโครงการอุตสาหกรรมสีเขียว มีทั้งสิ้น 88 ปัจจัย โดยเมื่อนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือวิธีการ IOC (Index of Item-Objective Congruence) จะได้ว่า ปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คะแนนที่มากกว่า 0.5-1.0 จะเป็นปัจจัยที่มีความเหมาะสม ในการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีค่าคะแนน IOC

น้อยกว่า 0.5 มีอยู่ 36 ปัจจัยและปัจจัยที่มีค่าคะแนน IOC มากกว่า 0.5 – 1.0 มีอยู่ 52 ปัจจัย เมื่อทำการพิจารณาพบว่ามีปัจจัยที่สามารถนำไปศึกษาในส่วนของน้ำหนักและลำดับความสำคัญทั้งสิ้น 57 ปัจจัย สามารถจัดกลุ่มได้5ปัจจัยหลักได้ดังนี้คือปัจจัยด้านการดำเนินการปัจจัยด้านการจัดการองค์กรปัจจัยด้านงบประมาณและการจัดการองค์กรปัจจัยด้านกฎหมายและนโยบายรัฐและปัจจัยด้านเครือข่ายการเรียนรู้และชุมชน โดยมีรายละเอียดปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงรายละเอียดโครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)

ในการหาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยโดยวิธีการวิเคราะห์ตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) โดยใช้โปรแกรม Expert Choice จะได้ว่าผลของการประเมินจากกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐกองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมและจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างพบว่า น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากการประเมินโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

	ผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยด้านการดำเนินการ	ปัจจัยด้านการจัดการองค์กร	ปัจจัยด้านกฎหมายและนโยบายรัฐ	ปัจจัยด้านเครือข่ายการเรียนรู้และชุมชน	ปัจจัยด้านงบประมาณและการจัดการทรัพยากร
ระดับที่ 1	กลุ่มที่ 1	10.1%	49.7%	12.0%	10.2%	18.0%
	กลุ่มที่ 2	6.2%	27.7%	43.3%	6.1%	16.8%
	รวม	8.5%	39.8%	24.4%	8.5%	18.8%
ระดับที่ 2	กลุ่มที่ 1	14.2%	12.9%	15.6%	10.9%	46.4%
	กลุ่มที่ 2	24.2%	17.7%	33.5%	4.3%	20.3%
	รวม	19.7%	16.2%	24.3%	7.4%	32.5%
ระดับที่ 3	กลุ่มที่ 1	10.7%	13.3%	38.6%	6.8%	30.6%
	กลุ่มที่ 2	29.3%	19.2%	20.6%	9.3%	21.6%
	รวม	18.5%	16.5%	29.1%	8.4%	27.5%
ระดับที่ 4	กลุ่มที่ 1	4.8%	12.6%	21.2%	28.9%	32.4%
	กลุ่มที่ 2	22.9%	25.3%	13.3%	10.6%	28.0%
	รวม	11.3%	19.3%	18.1%	18.9%	32.4%
ระดับที่ 5	กลุ่มที่ 1	4.3%	7.6%	14.3%	38.7%	35.1%
	กลุ่มที่ 2	17.3%	14.2%	14.4%	17.8%	36.3%
	รวม	8.9%	11.0%	15.0%	27.3%	37.9%

โดยผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากกองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน และ
โดยผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของผู้เชี่ยวชาญจากโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่าง

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับต่าง ๆ โดยพิจารณาน้ำหนักที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียวและอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างนั้นได้ให้น้ำหนักความสำคัญมากอันดับสามปัจจัยแรกนั้น พบว่าในการดำเนินโครงการระดับที่ 1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งสองกลุ่มได้ให้น้ำหนักปัจจัยด้านนโยบายและกลยุทธ์ ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร มากเช่นเดียวกันและในส่วนของปัจจัยที่แตกต่างกันคือ ในส่วนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้น้ำหนักปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว โดยโครงการฯระดับที่ 1 เป็นการดำเนินการในระดับต้นภาครัฐจึงต้องให้การสนับสนุนเพื่อสร้างความพร้อมและแรงจูงใจให้แก่ภาคอุตสาหกรรมในการดำเนินโครงการในส่วนของภาคอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างนั้นได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรกมองว่าภาคอุตสาหกรรมต้องประกอบกิจการภายใต้ข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมทำให้องค์กรให้ความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่ความสำเร็จในการดำเนินการในการดำเนินการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่2จะได้ว่าปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งฝ่ายภาครัฐและฝ่ายโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างได้ให้น้ำหนักว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกันและมีการให้น้ำหนักปัจจัยในแนวทางที่มีความสอดคล้องกันคือในส่วนของปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากรและปัจจัยด้านการวางแผนโดยในการดำเนินการโครงการระดับที่ 2 นั้นต้องมีการกำหนดนโยบายและจัดทำแผนงานด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นองค์กรจึงต้องมีการมุ่งเน้นในส่วนของปัจจัยการวางแผนเพื่อจัดทำแผนงานโดยในส่วนของแผนงานนั้นต้องมีการจัดการทรัพยากรควบคู่ไปด้วย โดยมีการให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่แตกต่างกันเช่นเดียวกันกับการดำเนินการระดับที่1คือปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียวและปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการดำเนินงานระดับนี้ยังเป็นการดำเนินโครงการฯระดับต้นเช่นเดียวกัน ในการดำเนินการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 3 จะได้ว่าส่วนใหญ่มีการให้น้ำหนักปัจจัยในแนวทางเดียวกันโดยได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมและปัจจัยการจัดการทรัพยากรในส่วนของปัจจัยที่แตกต่างกันคือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมส่วนของภาคอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านการนำไปปฏิบัติเนื่องจากเป็นการพัฒนาที่ต่อเนื่องมาจากระดับที่2ในระดับนี้ต้องดำเนินการนำแผนงานที่ได้กำหนดไว้ไปปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ ในการดำเนินการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 4 ในระดับนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้มีการให้ความสำคัญของปัจจัยที่แตกต่างกัน โดยในกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้มีการให้น้ำหนักปัจจัยที่มิใช่เพียงแต่ปัจจัยภายในองค์กรคือปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมปัจจัยด้านชุมชนและปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมและในส่วนของภาคอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่างได้ให้น้ำหนักแก่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในองค์กรเป็นส่วนใหญ่คือปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากรปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กรและปัจจัยด้านการนำไปปฏิบัติและในการดำเนินการอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่5จะได้ว่าปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งฝ่ายภาครัฐและฝ่ายอุตสาหกรรมตัวอย่างได้ให้น้ำหนักว่ามีความสำคัญเป็นอันดับแรกเช่นเดียวกันและส่วนของปัจจัยที่มีการให้น้ำหนักแตกต่างกันโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งฝ่ายภาครัฐได้ให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยชุมชนและปัจจัยการส่งเสริมและ

การผลักดันกิจการในห่วงโซ่อุปทาน ในส่วนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียวและปัจจัยการนำไปปฏิบัติโดยปัจจัยที่ได้ให้ความสำคัญในระดับนี้ เป็นปัจจัยที่ต้องใช้ในการดำเนินการสร้างพันธมิตรสีเขียวในห่วงโซ่อุปทานในการที่จะประสบความสำเร็จในโครงการระดับนี้อุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีความพร้อมทั้งในการจัดภายในองค์กรและภายนอกองค์กรควบคู่ไปด้วย

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยของผู้เชี่ยวชาญทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกัน นำมาสร้างเป็นปัจจัยที่ใช้ในการเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริม สนับสนุนเพื่อการพัฒนาของโครงการโดยพิจารณาค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีน้ำหนักคิดเป็นมากกว่าร้อยละ 80 ของปัจจัยทั้งหมด โดยแนวทางเสนอแนะในส่วนของอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 1 ได้แก่ ปัจจัยด้านนโยบายและกลยุทธ์ ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านบุคลากร และปัจจัยด้านการวางแผน ในส่วนระดับที่ 2 ได้แก่ ปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านนโยบายและกลยุทธ์ ปัจจัยด้านการวางแผน และปัจจัยด้านการนำไปปฏิบัติ ในส่วนระดับที่ 3 ได้แก่ ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว ปัจจัยด้านนโยบายและกลยุทธ์ ปัจจัยด้านการนำไปปฏิบัติ และปัจจัยด้านบุคลากร ในส่วนระดับที่ 4 ได้แก่ ปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านชุมชน ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กร ปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว ปัจจัยด้านบุคลากร และปัจจัยด้านระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม และในส่วนของระดับที่ 5 ได้แก่ ปัจจัยด้านงบประมาณในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านชุมชน ปัจจัยด้านการส่งเสริมและการผลักดันกิจการในห่วงโซ่อุปทาน ปัจจัยด้านการจัดการทรัพยากร ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านนโยบายรัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียวและปัจจัยด้านระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

ในส่วนของผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโรงงานกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรับรองโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวในระดับที่ 5 หรือระดับสูงสุดของโครงการ พบว่า ปัญหาและอุปสรรคนั้นส่วนใหญ่ได้แก่ในส่วนของงบประมาณในการดำเนินการโครงการการจัดสรรทรัพยากรการสร้างความพร้อมด้านบุคลากรในการดำเนินงานส่วนของการสร้างระบบหรือวัฒนธรรมองค์กรรวมไปถึงการสร้างเครือข่ายของโรงงานในห่วงโซ่อุปทานเดียวกันเพื่อให้บรรลุไปสู่เป้าหมายของโครงการ ทั้งนี้ในส่วนของการสร้างความเข้าใจและความสัมพันธ์กับชุมชน การดำเนินการทำให้เกิดความร่วมมือกันอย่างแท้จริงเพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งต้องทำการประสานในส่วนของภาครัฐท้องถิ่น ต้องดำเนินการด้วยความโปร่งใสและสอดคล้องกับท้องถิ่นนั้น ๆ ในส่วนของระดับของโครงการที่ดำเนินการได้ยากที่สุด พบว่าระดับที่ 4 และ 5 เป็นระดับที่ดำเนินการได้ยากที่สุดเนื่องจากต้องดำเนินการสร้างวัฒนธรรมองค์กรและการสร้างเครือข่ายในห่วงโซ่อุปทานและชุมชนเพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของโรงงานทั้งหมดเข้าสู่มาตรฐานเดียวกันและความสำเร็จของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). ความรู้ด้านก๊าซเรือนกระจก สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562, จาก http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/.

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2562). คู่มืออุตสาหกรรมสีเขียว. กรุงเทพฯ : กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน.

[3] ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ และคณะ. (2559). อาเซียนกับการประยุกต์ใช้นโยบาย“อุตสาหกรรมสีเขียว”. กรุงเทพฯ : บริษัทเท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด.

[4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). ค้นหาข้อมูลโรงงาน. สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2563, จาก http://greenindustry.diw.go.th/greenindustry/searchfactory/.

[5] กรีน เน็ตเวิร์ค. (2562). กรอ.มอบรางวัลอุตสาหกรรมสีเขียวประจำปี62ตั้งเป้ายกระดับโรงงานเพิ่มใบรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวปีละ2,000ราย. สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน 2562, จาก https://www.greennetworkthailand.com.

[6] ปิยธิดา ตั้งตระกูลสมบัติ. (2554). การปรับตัวของอุตสาหกรรมไทยสู่โครงการอุตสาหกรรมสีเขียว. ปริญญานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] บุษกร คำโฮม (2557). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวของผู้ประกอบการในจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารปัญญาภิวัฒน์. 5 (ฉบับพิเศษ), 92-104.
[8] กัญญ์กณิษฐ์กมลกิตติวงศ์,บุษบาพฤกษาพันธุ์รัตน์.(2558).ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการจัดการกรีนซัพพลายเชน ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิต เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไทย. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 10 (1), 1-11.
[9] ณัฐฎ์วัสธร พึ่งไทย, ธีระวุฒิ ซื่อสัตย์ และยศกร ปุญญนิรันดร์. (2559). การศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานของโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการอุตสาหกรรมสีเขียว กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดปราจีนบุรี. ปริญญานิพนธ์ อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
[10] อดิศักดิ์ ชายทวีป. (2560). การประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเลื่อนระดับอุตสาหกรรมสีเขียวจากระดับที่ 3 เป็นระดับที่ 4. สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
[11] ศิตชัย จีระธัญญาสกุล. (2561). แนวทางความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมสีเขียวของโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดปทุมธานี. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยปทุมธานี. 10 (2), 12-22.
[12] ชีวันทรายอินทร,อนุชาติบุนนาคและตรีวิทย์อัศวศิริศิลป์.(2562).ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการบริหารจัดการองค์การสู่ความเป็นอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 3 ของโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดชลบุรี. SOUTHEAST BANGKOK JOURNAL. 5 (2), 63-76.
[13] พรทิพย์ รอดพ้น และบัณฑิต ผังนิรันดร์. (2560). แรงผลักดันในการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดกิจกรรมห่วงโซ่อุปทานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินงานของอุตสาหกรรมสีเขียวในประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม. 7 (1), 54-62.
[14] ศรินรัตน์เทียมสุวรรณ.(2555).ปัจจัยการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมสีเขียวของโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรสาคร. วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. เพชรบุรี : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
[15] มณีรัตน์ ด้วงสงค์. (2558). ความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรมสีเขียว: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในเขตจังหวัดสมุทรสาคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
[16] ประภัสสร จรัสอรุณฉาย. (2555). ผลกระทบของกลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมที่มีต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของธุรกิจที่เข้าร่วมโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
[17] สิรินทิพย์ ประภากรวิมล. (2552). การปรับตัวของอุตสาหกรรมไทยสู่กรีนโลจิสติกส์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
[18] ชนิดาภา เรือนคำปัน และดาริณี ตัณฑวิเชฐ. (2560). การรับรู้การบริหารจัดการธุรกิจอุตสาหกรรมสีเขียวแบบยั่งยืน กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากมูลฝอย ท่าเชียงทอง ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 4 (2), 88-104.
[19] วัชรินทร์ แสงมา และวนิดา สุวรรณนิพนธ์. บุพปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินงานอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมสีเขียวในจังหวัดสมุทรสาคร. วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา. 30 (104), 54-61.

การศึกษาประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขนาด PM1-PM10 ด้วยเทคนิคแผ่นกรองละเอียด สเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า และไฟฟ้าสถิต

Study on Particle Capture Efficiency of PM1-PM10 via HEPA Filter, Electrically Charged Mist and Electrostatic Techniques

อรรถกร อาสนคำ[1] ชัญกฤช จันทพิมพะ[1] พิเชษฐ์ ทานิล[2] ธรณิศวร์ ดีทายาท[1]
และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ทเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50230

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะการดักจับอนุภาคขนาดเล็กที่เหมาะสำหรับพื้นที่โล่งโดยจะทำการทดสอบในห้องขนาด 12 m x 8 m x 5 m โดยใช้หอคอยสูง 3 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm ซึ่งจะมีการติดตั้งระบบบำบัดอากาศที่ช่องดูดอากาศบริเวณด้านล่างของหอคอย 3 รูปแบบ คือแผ่นกรองละเอียด ระบบสเปรย์น้ำที่มีการชาร์จประจุไฟฟ้า และระบบสนามไฟฟ้าสถิต ศึกษาประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคขนาด PM1-10 ที่ความเร็วอากาศก่อนเข้าระบบบำบัดอากาศต่างๆ โดยเก็บข้อมูลการทดสอบด้วยเครื่องวัดฝุ่นในอากาศก่อนเข้า และหลังผ่านระบบบำบัดอากาศ อนุภาคฝุ่นจะถูกสร้างจากการเผาธูป

ในกรณีที่ติดตั้งแผ่นกรองละเอียดมีประสิทธิภาพในการดักจับไม่เกิน 50% ซึ่งที่ความเร็วก่อนเข้าระบบที่สูงขึ้นส่งให้ประสิทธิภาพในการบำบัดอากาศลดลง ในกรณีที่ติดตั้งระบบสเปรย์น้ำที่มีการชาร์จประจุไฟฟ้าสามารถดักจับได้เพียงอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า PM2.5 ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 30% และในกรณีที่ติดตั้งระบบสนามไฟฟ้าสถิตที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างส่วนของการชาร์จประจุและส่วนของการดักจับในช่วงความเร็วอากาศขาเข้าไม่เกิน 3 m/s มีประสิทธิภาพในการดักจับสูงถึง 90%

ในกรณีศึกษาการดักจับอนุภาคฝุ่นให้ใกล้เคียงกับสภาวะจริงในพื้นที่โล่ง การทดสอบจะทำการป้อนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากควันธูปให้ไหลอย่างต่อเนื่องไปในโรงทดสอบและให้หอคอยดักจับอนุภาคทำงานตลอดเวลา โดยในส่วนนี้จะใช้เทคนิคสนามไฟฟ้าสถิตในการดักจับอนุภาค ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นบริเวณโดยรอบหอคอยที่ระยะห่างประมาณความสูงของหอคอยได้ถึง 50% ที่ความเร็วอากาศที่ดูดเข้าหอคอยประมาณ 1.64 m/s

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคขนาดเล็กมาก, แผ่นกรองละเอียด, สเปรย์น้ำมีประจุไฟฟ้า, สนามไฟฟ้าสถิต, หอคอยดักจับฝุ่น

บทนำ

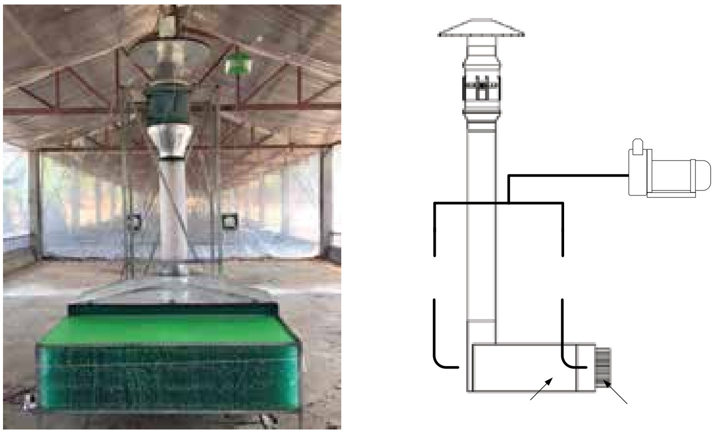
ปัจจุบันปัญหาคุณภาพอากาศเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านประสิทธิภาพการทำงานปัญหามลพิษในปัจจุบันที่พบส่วนมากเกิดจากการเผาป่าการก่อสร้างที่อยู่อาศัย การใช้งานเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะบนท้องถนน รวมไปถึงการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ปล่อยมลภาวะและฝุ่นละอองขนาดเล็กสู่อากาศซึ่งฝุ่นละอองเหล่านี้มีขนาดที่เล็กกว่าขนาด PM 10 อาจถึง PM 2.5 สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของมนุษย์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่ลอยปะปนอยู่ในอากาศ นั้นสามารถเข้าทะลุไปถึงชั้นปอดของร่างกายมนุษย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาโรคปอดโรคทางเดินหายใจหอบหืดหรือภูมิแพ้เรื้อรังที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งทางเดินหายใจ [1] โดยเฉพาะเขตพื้นที่ภาคเหนือในช่วงเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม ที่เป็นช่วงฤดูหนาวและย่างเข้าสู่ฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลความกดอากาศสูงมาจากประเทศจีนทำให้อนุภาคฝุ่นไม่สามารถเคลื่อนตัวและกระจายตัวสู่บริเวณชั้นบรรยากาศด้านบนได้ [2]

ฝุ่นละอองขนาดเล็กนั้นมีการตกตะกอนได้ช้าถึงช้ามากต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงถึงหลายวันในการตกตะกอน อาจกล่าวได้ว่าเป็นสารประเภทแขวนลอยในอากาศอย่างถาวร จึงสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ที่พักอาศัย โรงพยาบาล สำนักงาน สถานศึกษา และพื้นที่สำคัญต่าง ๆ ได้โดยง่าย เทคโนโลยีการควบคุมฝุ่นละอองและมลพิษในอากาศที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในหลายๆประเทศได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเช่นเครื่องฟอกอากาศหรือเครื่องบำบัดอากาศที่ใช้แผ่นกรองละเอียดเพื่อนำไปใช้บำบัดอากาศตามสถานที่สำคัญ เช่น โรงพยาบาล สำนักงาน และที่พักอาศัย ซึ่งเทคโนโลยีส่วนใหญ่ มักจะใช้ในพื้นที่ที่เป็นระบบปิด และพื้นที่จำกัด เช่น ในห้อง ในบ้านพัก หรือในตัวอาคารต่าง ๆ ที่ต้องการบำบัดอากาศ นอกจากนี้ยังมีการจัดการเพื่อดักจับขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า PM 2.5 ด้วยวิธีการดักจับด้วยสนามไฟฟ้า (Electrostatic precipitator, ESP) การดักจับด้วยการสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า (Electrical charged mist) สำหรับการดักจับด้วยแผ่นกรองสร้างทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงแรกแต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดปัญหาอุดตันของแผ่นกรอง ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนแผ่นกรองค่อนข้างบ่อย ส่วนการดักจับด้วยเทคนิคที่ใช้สนามไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นแบบสนามไฟฟ้าและการสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพในการดักจับได้เป็นอย่างดีมากกว่า 90% ที่ขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) อย่างไรก็ตาม เทคนิคข้างต้นเหล่านี้ถ้านำมาใช้ในการบำบัดอากาศในพื้นที่โล่งแจ้งเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีความท้าทายอย่างมากจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กที่มีขนาดอยู่ในช่วง PM1-10เพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสมที่นำไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดอากาศสำหรับพื้นที่โล่งแจ้งโดยเทคนิคในการดักจับที่จะนำมาใช้ในการศึกษาคือ แผ่นกรองละเอียด ละอองน้ำที่มีประจุไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าสถิต

วิธีการวิจัย

ระบบในการดักจับอนุภาคจะสร้างให้อยู่ในรูปแบบของหอคอยดังภาพที่ 1 โดยหอคอยมีลักษณะเป็นท่อสูง 3 m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m มีช่องพ่นอากาศบริเวณด้านบนของหอคอยที่มีขนาดช่องจ่ายลม 3 cm ที่บริเวณด้านล่างของหอคอยจะมีช่องดูดอากาศที่มีการติดตั้งระบบบัดอากาศก่อนเข้าสู่ระบบทดสอบซึ่งในการทดสอบจะติดตั้งแผงรังผึ้ง(Honeycomb)หน้าระบบบำบัดอากาศเพื่อลดความปั่นป่วนและเพิ่มการเรียงตัวของอากาศขาเข้าโดยระบบดังกล่าวจะติดตั้งไว้อยู่ในโรงควบคุมที่ทำการกั้นด้วยแผ่นพลาสติกใส ที่มีขนาด 12 m x 8 m x 5 m



ภาพที่ 1 ระบบทดสอบการดักจับอนุภาคในลักษณะหอคอยพ่นอากาศ

เทคนิคการบำบัดอากาศที่จะทำการทดสอบทั้งหมด 3 วิธี คือแผ่นกรองละเอียด(HEPA) สเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า และสนามไฟฟ้าสถิต โดยแผ่นกรองละเอียดมีขนาด 31 cm x 41 cm ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก) จำนวน 5 แผ่น ส่วนระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า จะใช้หัวฉีดพ่นหมอกเบอร์ 2 ที่สามารถสร้างละอองน้ำขนาดเฉลี่ย 350 μm จำนวน 10 หัว ที่มีระยะห่างกันหัวละ 0.15 m ดังภาพที่ 2 (ค) ในแต่ละหัวฉีดจะมีวงแหวนที่ถูกป้อนด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง ในช่วง 3-7 kV โดยจะติดตั้งวงแหวนที่ระยะห่างจากเส้นลวดไปยังขอบของหัวฉีดที่ระยะห่าง 2 cm นอกจากนั้นระบบยังมีระยะห่างของหัวฉีดกับแผ่นดักละอองน้ำเท่ากับ 80 cm และสุดท้ายระบบสนามไฟฟ้าสถิต ดังภาพที่ 2 (ง) มีขนาดหน้าตัด 0.655 m x 1.625 m x 0.610 m ใช้กำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด 0.3 kW โดยภายในระบบประกอบไปด้วย 2 โซน โซนแรกเป็นการชาร์จประจุลบ (Charging zone) โดยการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงขนาด 6 kV$_{DC, Negative}$ (210 W) ไปยังอิเล็กโทรดแบบฟันเลื่อยทำมาจากแผ่นสแตนเลส (SUS304) และส่วนถัดมาเป็นส่วนดักจับ (Collecting zone) จะใช้แผ่นอลูมิเนียมอัลลอยกระตุ้นด้วยไฟฟ้า 3 kV$_{DC, Negative}$ (90 W)

(ก) แผ่นกรองละเอียด (ข) ระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า (ค) ระบบสนามไฟฟ้าสถิต

ภาพที่ 2 ระบบบำบัดอากาศที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะสร้างอนุภาคฝุ่นจากการเผาธูปแล้วปล่อยควันที่เกิดผ่านบริเวณกลางหน้าตัดของช่องรังผึ้ง ในระบบทดสอบการบำบัดอากาศ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดฝุ่นควันที่ความเร็วในการดูดอากาศจากการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ของพัดลมดูดอากาศที่ 35, 40, 45 Hz ซึ่งต้องใช้กำลังไฟฟ้าที่ต้องป้อนให้กับพัดลมดูดอากาศเท่ากับ 1,750 1,925 และ 2,100 W ตามลำดับ โดยจะทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอนุภาคก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดด้วยเครื่องวัดอนุภาคที่สามารถวัดอนุภาคขนาด PM1, PM2.5 ในช่วง 0-999 $\mu g/m^3$ และ PM10 ในช่วง 0-1999 $\mu g/m^3$ ทุกๆ 1 นาที โดยใช้หลักการวัดอนุภาคแบบ Light Scattering

การคำนวณประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคในการทดสอบ จะคำนวณจากปริมาณฝุ่นที่วัดได้จากเครื่องวัดฝุ่นในอากาศที่ติดตั้งไว้บริเวณก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการที่ 1

$$\eta_w = \frac{m_d - m_f}{m_d} \times 100\% \qquad (1)$$

โดยที่ η_w คือ ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคของระบบ, m_d คือ ความเข้มข้นอนุภาคก่อนผ่านระบบบำบัดอากาศ (μg/m^3) และ m_f คือ ความเข้มข้นอนุภาคหลังผ่านระบบบำบัดอากาศ (μg/m^3)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ระบบการทดสอบการบำบัดอากาศด้วยแผ่นกรองละเอียด(HEPA)จะมีการปล่อยควันธูปผ่านบริเวณกลางหน้าตัดของช่องรังผึ้งที่ความเร็วในการดูดอากาศจากการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์35,40 และ 45 Hz โดยเมื่อวัดความเร็วอากาศบริเวณหน้าแผ่นกรองละเอียดจะเท่ากับ 0.75, 0.8 และ 0.85 m/s ตามลำดับซึ่งได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นขนาด PM1, PM2.5 และ PM10 จากค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นก่อนและหลังผ่านแผ่นกรองละเอียดที่แต่ละความเร็วอากาศ ดังภาพที่ 3

จากผลการทดสอบ ดังภาพที่ 3 พบว่าหลังจากปล่อยควันผ่านแผ่นกรองละเอียดแล้ว ปริมาณฝุ่นขนาด PM2.5 และ PM10 มีค่าลดลงมาเฉลี่ยประมาณ 50% แต่ปริมาณฝุ่นขนาด PM1 มีค่าลดลงได้ค่อนข้างน้อย เฉลี่ยเพียง 20% ซึ่งที่ความเร็วก่อนเข้าระบบที่สูงขึ้นส่งให้ประสิทธิภาพในการบำบัดอากาศลดลงด้วยและพบว่าในการทดสอบเบื้องต้นนี้มีคราบของอนุภาคควันธูปมาเกาะที่แผ่นกรองละเอียดอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะส่งผลให้แผ่นกรองละเอียดมีประสิทธิภาพในการบำบัดและอายุการใช้งานที่ลดลง และจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแผ่นกรองละเอียดอยู่สม่ำเสมอ

ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยแผ่นกรองละเอียดที่แต่ละความเร็วอากาศก่อนเข้าระบบ

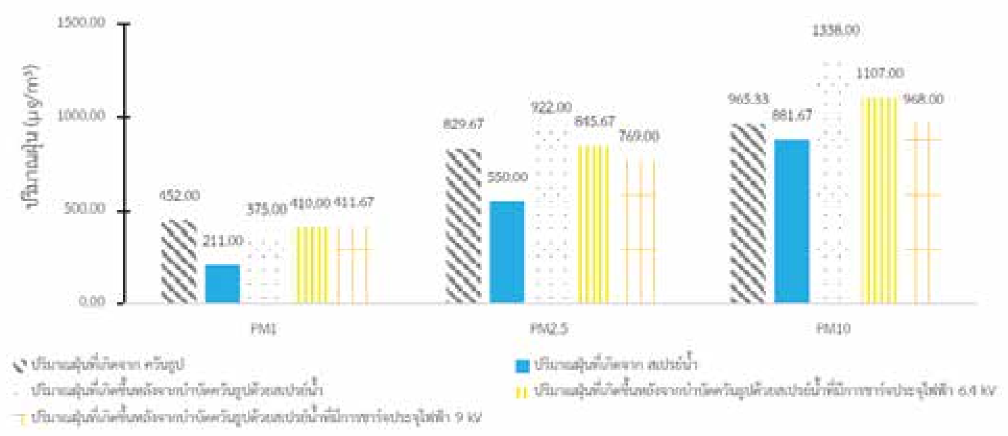
ในการทดสอบการดักจับอนุภาคฝุ่นด้วยระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าจะทำการพิจารณาการชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคน้ำโดยทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าหลังปรับหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า(Variac) ไปที่ 160 และ 240 V จากพื้นที่หน้าตัดแผ่นทองแดงขนาด 10 cm x 10 cm ที่รับละอองน้ำที่มีประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามระยะห่างจากหัวฉีดลงตามแนวดิ่งเป็นระยะ 5, 30 และ 50 cm และที่แนวราบไปยังแผ่นดักละอองน้ำที่ระยะ 30 และ 60 cm ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไฟฟ้าของละอองน้ำตามระยะห่างจากหัวฉีดตามแนวดิ่ง

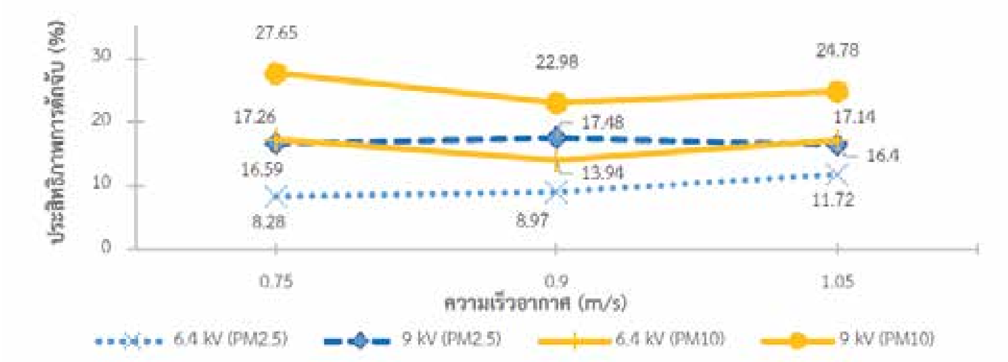
ตำแหน่งการปรับ Variac	แรงดันที่วงแหวน (ยังไม่สเปรย์น้ำ)	ระยะห่างของแผ่นทองแดงจากหัวฉีดสเปรย์น้ำในแนวดิ่ง ไปถึงแผ่นดักละอองน้ำ			ระยะห่างของแผ่นทองแดงจากหัวฉีดสเปรย์น้ำในแนวราบ ไปถึงแผ่นดักละอองน้ำ	
		5 cm	30 cm	50 cm	30 cm	60 cm
160 V	6.4 kV	75 V	55 V	40 V	25 V	8 V
240 V	9.0 kV	105 V	70 V	45 V	45 V	15 V

ในการทดสอบระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าจะเริ่มจากการบันทึกการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของละอองน้ำที่เกิดจากระบบสเปรย์น้ำที่ยังไม่มีการประจุไฟฟ้าและอนุภาคควันธูปที่ยังไม่ได้ทำการสเปรย์น้ำหลังจากนั้นทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงอนุภาคควันเมื่อทำการเปิดระบบสเปรย์น้ำที่ยังไม่มีการชาร์จประจุไฟฟ้าต่อมาจะทำการชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับละอองน้ำโดยทำการปรับหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (Variac) ที่ 160 และ 240 V โดยจะทำการทดสอบที่ความเร็วอากาศก่อนเข้าระบบเท่ากับ 0.75, 0.9 และ 1.05 m/s ซึ่งเกิดจากการปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลม 35, 40 และ 45 Hz ตามลำดับ โดยผลการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคควันหลังจากผ่านระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้าแต่ละความเร็วอากาศขาเข้า พบว่า มีผลการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในแนวโน้มเดียวกันที่ความเร็วอากาศต่างๆ ซึ่งการสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้ายังไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดควันขนาด PM1 ดังแสดงในภาพที่ 4 (ยกตัวอย่างที่ความเร็ว 0.75 m/s) ส่วนอนุภาคฝุ่นควันขนาด PM2.5 และ PM10 หลังจากที่ชาร์จประจุไฟฟ้าขนาด 6.4 kV และ 9 kV ให้กับสเปรย์น้ำแล้ว มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นควันที่ความเร็วอากาศ 0.75, 0.9 และ 1.05 m/s ดังภาพที่ 5

จากผลการทดสอบบำบัดอากาศด้วยระบบที่มีประจุไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของอนุภาคน้ำที่เกิดจากการสเปรย์น้ำมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าฝุ่นขนาด PM1 ส่งผลให้ไม่สามารถบำบัดฝุ่นขนาดดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ[3-4] และการสเปรย์น้ำจากระบบทดสอบนี้มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสำหรับระบบสเปรย์น้ำ 200 W และระบบชาร์จประจุให้กับละอองน้ำ 450 W นอกจากนั้นระบบสเปรย์น้ำค่อนข้างใช้ปริมาณน้ำถึง 1.23 L/min ซึ่งมีความสิ้นเปลืองมาก รวมถึงมักเกิดปัญหาการอุดตันของหัวฉีด ซึ่งส่งผลให้ต้องมีการซ่อมแซม รวมถึงหากนำน้ำกลับมาใช้ใหม่จะต้องมีการติดตั้งระบบกรองน้ำส่งผลให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น

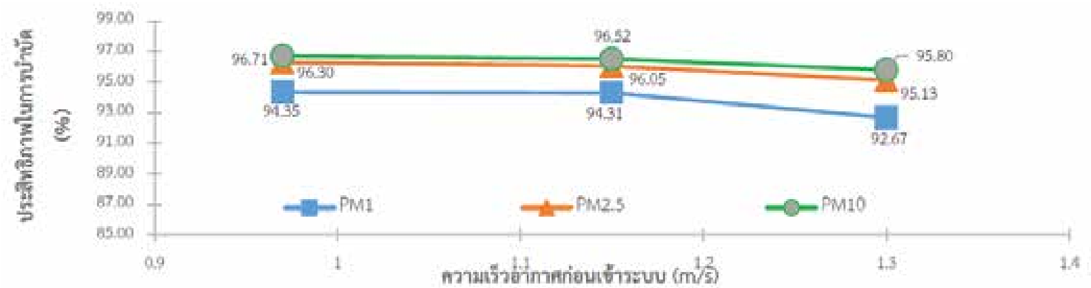


ภาพที่ 4 ผลการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคควันหลังจากผ่านระบบสเปรย์น้ำ ที่ความเร็วอากาศ 0.75 m/s



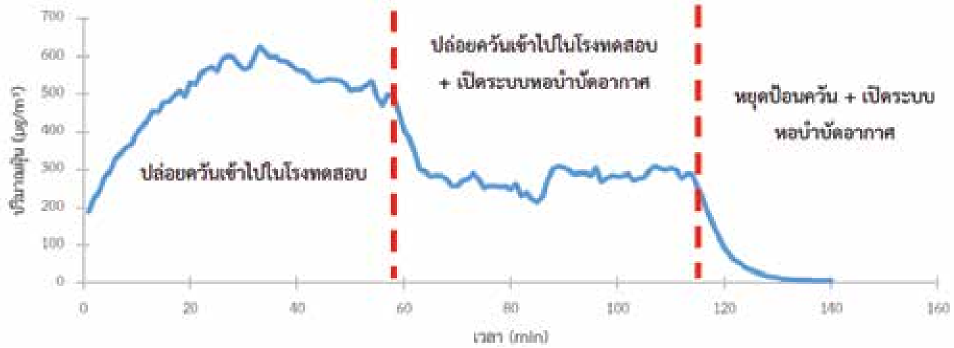
ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการดักจับด้วยระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า

ระบบการทดสอบการบำบัดอากาศด้วยสนามไฟฟ้าสถิตจะทำการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดควันธูปด้วยการปล่อยควันผ่านบริเวณกลางหน้าตัดของช่องรังผึ้งโดยปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ 35, 40 และ 45 Hz โดยเมื่อวัดความเร็วอากาศก่อนเข้าเครื่องสนามไฟฟ้าสถิต ได้เป็น 0.97, 1.15 และ 1.3 m/s ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า ผลการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคขนาด PM1 PM2.5 และ PM10 มีประสิทธิภาพในการบำบัดอากาศมากกว่า 90% ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาด
PM1, PM2.5 และ PM10 ด้วยระบบ ESP ตามการเปลี่ยนแปลงในช่วงความเร็วอากาศต่างๆ

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบเทคนิคในการบำบัดอากาศทั้ง 3 วิธี พบว่า การใช้เทคนิคไฟฟ้าสถิตมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อนำเทคนิคไฟฟ้าสถิตมาทดสอบในโรงทดสอบ โดยทำการป้อนควันเข้าไปยังโรงทดสอบอย่างต่อเนื่องและคงที่ประมาณ 60 min หลังจากนั้นทำการเปิดระบบบำบัดไฟฟ้าสถิตเป็นระยะเวลา 60 min พบว่า สามารถลดปริมาณควันในโรงทดสอบที่มีการป้อนควันอย่างต่อเนื่องได้ถึง 50% โดยทำการวัดความเข้มข้นอนุภาคโดยรอบหอคอยเท่ากับระยะความสูงของหอคอยหลังจากนั้นจะทำการหยุดป้อนควันธูปเข้าไปยังโรงทดสอบจะทำให้ควันที่ยังคงค้างในโรงทดสอบลดลงอย่างรวดเร็วดังแสดงในภาพที่ 7 ที่ความเร็วดูดอากาศเข้าหอคอย 1.64 m/s



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอนุภาคควันในโรงทดสอบที่มีการป้อนควันอย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการวิจัย

•การบำบัดอากาศด้วยแผ่นกรองละเอียด (HEPA) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 2,100 W สำหรับพัดลมดูดอากาศ พบว่า มีประสิทธิภาพในการดักจับไม่เกิน 50% เกิดความดันตกคร่อมสูง และเกิดการอุดตันได้รวดเร็วเหมาะสำหรับการใช้บำบัดอากาศในห้องปิด เนื่องจากจะต้องใช้จำนวนรอบในการดูดผ่านแผ่นกรองหลายๆ รอบเพื่อให้อากาศสะอาดขึ้น

•การบำบัดอากาศด้วยระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า (Electrical charged mist) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 2,100 W และ 650 W สำหรับพัดลมดูดอากาศและระบบสเปรย์น้ำที่มีประจุไฟฟ้า พบว่า สามารถดักจับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า PM 2.5 ได้ แต่ประสิทธิภาพไม่สูงมาก ประมาณ 30% ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะห่างของหัวฉีดและแผ่นดักละอองน้ำนอกจากนั้นระบบยังใช้น้ำในปริมาณมากและในกรณีที่นำน้ำหมุนเวียนมาใช้ ถึงแม้จะผ่านระบบกรองน้ำแล้ว แต่มักเกิดการอุดตันที่หัวฉีด หลังจากมีการหยุดระบบหัวฉีด

•การบำบัดอากาศด้วยชุดสนามไฟฟ้าสถิตโดยระบบแบบไฟฟ้าสถิตจะต้องมีการชาร์จประจุ (Charging) และใช้งานร่วมกับระบบดักจับ (Collecting) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 2,100 W และ 300 W สำหรับพัดลมดูดอากาศและระบบสนามไฟฟ้าสถิต พบว่า มีประสิทธิภาพการดักจับอยู่ที่ 90% ขึ้นไป ในช่วงความเร็ว 1-3 m/s

•การบำบัดอากาศด้วยหอคอยสามารถช่วยลดความเข้มข้นของอนุภาคควันโดยรอบของหอคอยได้ประมาณ 50% ซึ่งสามารถช่วยลดความรุนแรง และอันตรายของอนุภาคควันที่มีขนาดเล็กกว่า PM 2.5 แก่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่โดยรอบได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ทำวิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องวัดปริมาณฝุ่นในการเก็บข้อมูลงานวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วิษณุ ทองเล็ก หัวหน้าศูนย์วิจัยการประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาและไมโครนาโนบับเบิ้ลสำหรับภาคเกษตรและการประมงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงขอขอบคุณ รศ.ดร.ธีรวรรณ บุญวรรณ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยฟิสิกส์พลาสมาและลำอนุภาค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำด้านหลักการสร้างสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] Jimoda L.A., (2012). Effects of Particulate Matter on Human Health, the Ecosystem, Climate and Materials: a Review. Working and Living Environmental Protection. 9 (1): 27 - 44.

[2] Angelika P. and Deniel C.M., (2017). The effect of temperture inversion on the particulate matter PM 10 and sulfur dioxide concentrations in selected basins in the polish Carpathians. Carpathian journal of earth and environmental sciences. 12 (2): 629-640.

[3] Spraying Systems Co. (2014). What dust control system fundamentals. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2560, จาก https://sprayweb.spray.com/pdf/wet_dust_fundamentals.pdf.

[4] Yu H., Cheng W., Wang H., Peng H., and Xie Y. (2017). Formation mechanisms of a dust-removal air curtain in a fully mechanized excavation face and an analysis of its dust-removal performances based on CFD and DEM. College of Mining and Safety Engineering. Shandong University of Science and Technology.

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
Effect of Dust on Performance of a Solar Panel

นาวิน พุดน้อย และ อัครินทร์ อินทนิเวศน์
หน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การสะสมของฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลทำให้การรับรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลฝุ่นที่สะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะจริงรวมถึงการตรวจวัดการส่องผ่านด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแสงและศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงระยะเวลาที่ฝุ่นตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลง7.30%ภายในระยะเวลา60วันโดยฝุ่นละอองบดบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนตัวเซลล์ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการส่องผ่านของกระจกตัวอย่างที่มีฝุ่นละอองเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน ทำให้การรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จึงส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองตกสะสมอยู่ลดลงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาด

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การส่องผ่านของแสง

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ซึ่งพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง [1]แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนการผลิตไฟฟ้าที่มาจากฟอสซิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยส่วนใหญ่จำจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์จะทำมาจากซิลิกอน โดยการผลิตไฟฟ้าของระบบจะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าระหว่าง 15-20% ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบของระบบนั้นๆ

ฝุ่นละอองที่ตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าลดลง โดย Ketjoy N. และ Konyu M [2] ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝุ่นและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิด คือ แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอนขนาด 75 W ผลึกรวมซิลิกอนขนาด 125 W และแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนขนาด 40 W ซึ่งผู้วิจัยได้เปรียบเทียบกันระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงที่มีฝุ่นละอองตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยวัดปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 7, 30 และ 60 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นอยู่ที่ 55, 260

และ 425 mg/m2·d ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับรังสีอาทิตย์ลดลงเฉลี่ย 3.71% และ 11.15% Yingya C. และคณะ [3] พบว่าฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงซึ่งที่ความหนาแน่นฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่10g/m2ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงสูงสุด 34%

ฝุ่นละอองทำให้เกิดการบดบังแสงอาทิตย์ซึ่งแสงอาทิตย์จะส่องลงมาตกกระทบแผงจะส่งมาในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสัดส่วนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 nm มีสัดส่วนสูงที่สุด Julius T. และคณะ [4] ได้ทำการศึกษารูปแบบของฝุ่นละอองที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสถานที่ 2 แห่งโดยศึกษาลักษณะฝุ่นละอองของแต่ละแห่ง และศึกษาเกี่ยวกับการส่องผ่านของแสงอาทิตย์เมื่อเจอกับฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าฝุ่นแต่ละชนิดมีผลต่อค่าการส่องผ่านต่างกัน ในขณะเดียวกันฝุ่นละอองของทั้ง 2 แห่ง ทำให้ค่าการส่องผ่านลดลงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 nm และพบว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงเช่นกัน Mustapha D. และคณะ [5] ได้ศึกษาอิทธิพลของฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะอากาศแบบทะเลทรายซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 30 MW พบว่าฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ลดลง 5.71% เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และลดลง 8.41% เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาด และในกรณีที่เกิดพายุทะเลทรายทำให้การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าลดลงมากถึง 32%

วิธีการวิจัย

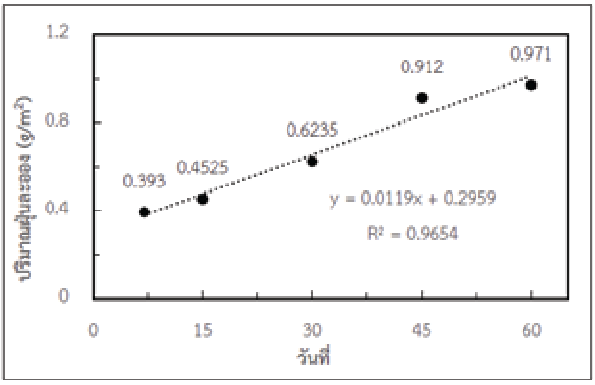
ในการศึกษานี้จะพิจารณาเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีวิธีการศึกษาคือใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์ขนาด 10 x 10 cm2 หนา 3 mm เพื่อจำลองกระจกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะใช้กระจกนี้เพื่อให้ฝุ่นตกสะสมลงบนกระจกจำลองนี้ในสภาวะจริงที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (ละติจูดที่ 18°55'30.8"N, ลองจิจูดที่ 99°01'28.7"E) เป็นระยะเวลา 60 วัน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลปริมาณของฝุ่นละออง ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยวิธีการวัดปริมาณฝุ่นละอองจะทำการชั่งน้ำหนักกระจกก่อนและหลัง เพื่อให้ได้ปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมเมื่อเวลาผ่านไป โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง

ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลฝุ่นละอองที่สะสมบนกระจกในสภาวะจริง

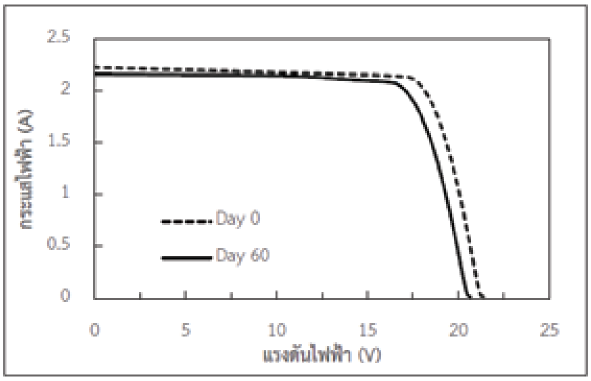
นอกจากนี้แล้วยังได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่มีฝุ่นละอองตกสะสมบนกระจก ซึ่งศึกษาโดยใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์ขนาด 26.5 x 33.5 cm^2 หนา 3 mm และใช้เครื่องวัดสเปกตรัม (Model: UPtrek รุ่น pg100n) ซึ่งวัดช่วงคลื่นแสงในช่วง 400 – 700 nm เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคลื่นที่ตกกระทบลงบนกระจกเมื่อมีฝุ่นละอองโดยใช้แสงจากหลอดจำลองแสงอาทิตย์ (Solar Simulator) ดังแสดงในภาพที่ 1 ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะใช้แสงอาทิตย์จำลองในการทดสอบ โดยความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 800 W/m^2 แผงที่ใช้เป็นแบบผลึกรวมซิลิกอนมีขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 55 W มีพื้นที่รับแสงเท่ากับ 0.335 m^2 และทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองตกสะสมบนกระจกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการศึกษาโดยการให้ฝุ่นละอองตกใส่กระจกตัวอย่างตั้งไว้ในสภาวะจริงเพื่อเป็นการจำลองลักษณะการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วันโดยจะวัดปริมาณฝุ่นในวันที่ 7 15 30 45 และ 60 จากการทดสอบพบว่าปริมาณฝุ่นจะแปรผันตรงกับจำนวนวันที่ตั้งแผงทิ้งไว้ดังแสดงได้ในภาพที่ 2 โดยพบว่าในแต่ละวันมีปริมาณฝุ่นต่อพื้นที่เท่ากับ 0.393 0.453 0.624 0.912 และ 0.971 g/m^2 ทั้งนี้ปริมาณฝุ่นที่ทำการเก็บข้อมูลจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ตั้งชุดทดสอบ สภาพภูมิอากาศ ความเร็วลม ณ จุดที่ทำการทดสอบ

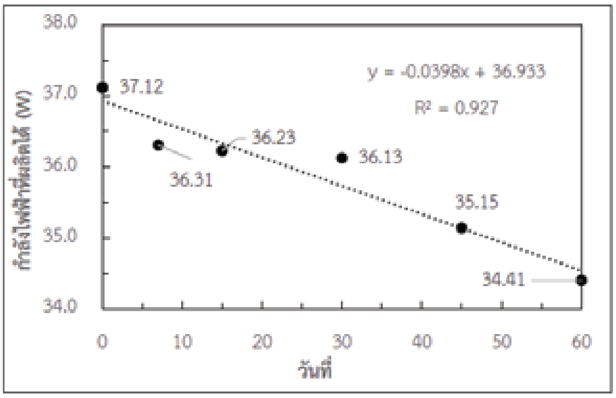


ภาพที่ 2 ปริมาณฝุ่นละอองต่อพื้นที่ในระยะเวลา 60 วัน



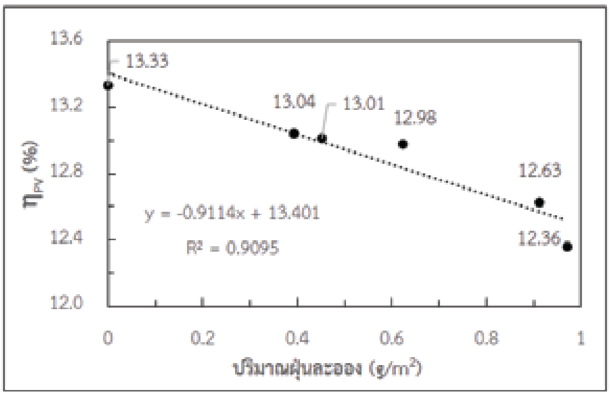
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงที่สะอาดเทียบกับแผงที่มีฝุ่นตกสะสมในระยะเวลา 60 วัน

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์วันที่ 0 และวันที่ 60 โดยการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าโดยใช้แสงเทียมที่ความเข้มแสงเท่ากันที่ 800 W/m^2 จากภาพพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการผลิตฟ้าลดลงเนื่องจากฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น จากภาพจะเห็นได้ว่าฝุ่นละอองมีผลทำให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ออกมานั้นลดลง โดยพบว่า กระแสสูงสุด (Imax) ลดลง 2.66% และแรงดันสูงสุด (Vmax) ลดลง 4.77% ซึ่งจะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงตามไปด้วย



ภาพที่ 4 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
เมื่อปล่อยให้ฝุ่นละอองตกสะสมเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 4 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อปล่อยให้ฝุ่นละอองตกสะสมเป็นระยะเวลาต่างๆ จากภาพพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าลดลงเมื่อตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทิ้งไว้โดยจะลดลงมากที่สุด 7.30% เมื่อตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทิ้งไว้ 60 วันเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีฝุ่นละอองตกสะสม (วันที่ 0) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นลดลงตามซึ่งวิธีการที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นคือ การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกที่สุด

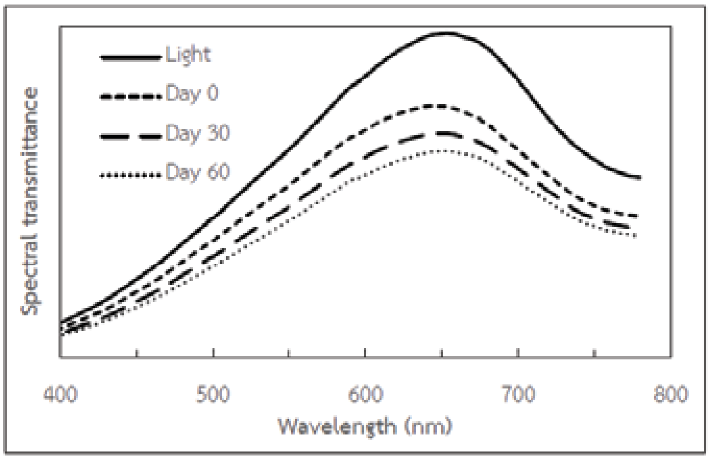


ภาพที่ 5 ปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ตอนเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 13.33% เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ประสิทธิภาพลดลดเหลือ 12.98% หรือลดลงคิดเป็น 2.67% และเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน ลดลงเหลือ 12.36% คิดเป็นร้อยละ 7.30% เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 0 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองเหมือนกัน ซึ่งฝุ่นมีผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	สภาพภูมิอากาศ	ระยะเวลา (วัน)	กำลังไฟฟ้าลดลงสูงสุด (%)
Shaharin A. S. และคณะ [10]	ในเมือง	90	2.54
Ketjoy N. และ Konyu M [2]	ชนบท	60	7.28
Mustapha D. และคณะ [5]	ทะเลทราย	60	8.41
Pudnoi N. และ Intaniwet A.	ชนบท	60	7.30
Rachid K. และ Hamid E.H. [7]	ทะเลทราย	120	10.40
Motasem S. และคณะ [8]	.ในเมือง	30	14.26
Miqdam T. C. และคณะ [9]	ทะเลทราย	60	45.06



ภาพที่ 6 ลักษณะสเปกตรัมของคลื่นแสงที่ส่องผ่านกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 6 แสดงถึงลักษณะของสเปกตรัมของคลื่นแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อส่องผ่านกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบซิลิกอนผลึกรวม ซึ่งช่วงคลื่นในการดูดซับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 1,100 nm [6] ซึ่งในการทดสอบนี้จะทดสอบการส่องผ่านของแสงในช่วง 380 – 780 nm ซึ่งในช่วงสเปกตรัมของแสงที่ทำการทดสอบนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถดูดซับโฟตอนซึ่งจะถูกใช้กระตุ้นให้เกิดคู่อิเล็กตรอนโฮลภายในชั้นสารกึ่งตัวนำจากนั้นความต่างศักย์ภายในเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการแยกคู่อิเล็กตรอนและโฮลให้เป็นอิสระจากกัน และเมื่อต่อเข้ากับโหลดทางไฟฟ้า จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุอิสระและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งแสงมีผลต่อความต่างศักย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงซึ่งในการทดสอบผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งฝุ่นเป็นอนุภาคขนาดเล็ก จากการทดสอบพบว่าเมื่อฝุ่นตกสะสมบนกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่สามารถรับแสงได้เต็มที่อย่างที่ควรจะเป็นซึ่งทำให้การส่องผ่านของแสงที่เข้าสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงเป็นผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสงได้ลดลงเป็นผลทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในลดลง แรงดันไฟฟ้าลดลงดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 และมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ลดลงมีหลายปัจจัยเช่น อุณหภูมิ เงาที่บดบัง ฝุ่นละอองซึ่งฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงในบทความนี้ได้ศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวเนื่องจากฝุ่นละอองจากการศึกษาผลกระทบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระยะเวลา60วันพบว่าประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงร้อยละ 7.30 ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาในขั้นต้นเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีขึ้นคือการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยจากโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตศึกษาทางด้านพลังงานทดแทนในประเทศกลุ่มอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษาวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Jacobson, M.Z., Delucchi, M.A., (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power. Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. Energy Policy 39, 1154–1169.

[2] Ketjoy N. and Konyu M. (2014). Study of dust effect on photovoltaic module for photovoltaic power plant. Energy Procedia 52. 431-437.

[3] Yingya C., et al. (2019). Experiment study on effect of dust deposition on photovoltaic panels. Energy Procedia 158. 483-489.

[4] Julius T., et al. (2019). The effect of dust with different morphologies on the performance degradation of photovoltaic modules. Sustainable energy technologies and assessments 31. 347-354.

[5] Mustapha D., et al. (2020). Output power loss of crystalline silicon photovoltaic modules due to dust accumulation in Saharan environment. Renewable and Sustainable Energy Reviews 124. 109787.

[6] William S. and Hans J. Q. (1961). Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells. Journal of Applied Physics 32(3). 510-519.

[7] Rachid K. and Hamid E. H. (2017). Solar cell performance reduction under the effect of dust in Jazan region. Journal of Fundamentals of renewable energy and applications 7. 1000228.

[8] Motasem S., et al. (2016). Experimental study on effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment. Renewable energy 92. 499-505.

[9] Miqdam T. C., et al. (2020). The effect of dust components and contaminants on the performance of photovoltaic for the four regions in Iraq: a practical study. Renewable energy and environmental sustainability 5(3). 2019009.

[10] Shaharin A. S., et al. (2015). Real-time study on the effect of dust accumulation on performance of solar PV panels in Malaysia. International conference on electrical and information technologies (ICEIT). 269-274.

การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ โดยเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่าน

Removal of hydrogen sulfide from biogas using solution adsorbent ferric chloride, sodium hydroxide and charcoal

ญาณิกา บุญยวง[1] ชโลธร วิจิตขะจี[1] และรจพรรณ นิรัญศิลป์[1]

[1]สาขาวิชาพลังงานทดแทน คณะวิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ก๊าซชีวภาพถือเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) หรือก๊าซไข่เน่า ที่เป็นอุปสรรคในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เนื่องจากเป็นก๊าซที่ไม่มีสีมีกลิ่นเหม็นไวไฟสูงมีความเป็นพิษสูงที่สามารถส่งผลเสียต่อสุขภาพหากร่างกายได้รับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าไปในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้ และมีฤทธิ์กัดกร่อนจำพวกโลหะงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่านในคอลัมน์ที่หนึ่งเปรียบเทียบกับการใช้ฝอยเหล็กร่วมกับถ่านในคอลัมน์ที่สอง ที่ใช้เป็นตัวกลางในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบก๊าซชีวภาพ โดยบรรจุตัวซุบซับในชุดคอลัมน์ ในอัตราส่วน 1:1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 cm ความสูง 80 cm ความสูงในการบรรจุตัวดูดซับ 70 cm ก๊าซชีวภาพจากถังหมักขนาด 1,000 L มีความเข้มข้นของ H2S ในช่วง 50-400 ppm ใช้ระยะเวลาในการปล่อยก๊าซชีวภาพจากระบบผ่านชุดคอลัมน์ 3 นาที ในแต่ละครั้งที่ทำการวัด จากการทดลองการใช้เม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่านคอลัมน์ที่1ที่มีตัวกลางเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากันแล้วเฟอร์ริก ไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide) ที่สามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ร่วมกับถ่านอัดแท่งที่มีรูพรุนไว้สำหรับดูดซับกลิ่นเหม็นได้ และผ่านคอลัมน์ที่ 2 ที่มีตัวกลางเป็นฝอยเหล็กที่เป็นสนิม หรือไฮเดรตเฟอริกออกไซด์ (Hydrate ferric oxide) ที่มีความสามารถมาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ ร่วมกับถ่านอัดแท่งมีค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 78% และ 34% ตามลำดับ และพบว่าสามารถนำตัวดูดซับทั้งสองคอลัมน์กลับมาใช้ซ้ำได้เมื่อสัมผัสอากาศ ผลจากการวิจัยนี้มีศักยภาพสูงในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระดับครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก๊าซชีวภาพ

บทนำ

ก๊าซชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของพลังงานทดแทนและมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมตลอดจนด้านคมนาคม ส่งผลให้ราคาของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดปรับตัวสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการเลือกใช้พลังงานทดแทนประเภทก๊าซชีวภาพโดยการเปลี่ยนของเสียจากมูลสัตว์หรือขยะผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศที่เป็นมิตรกับธรรมชาติจนกลายเป็นพลังงานก๊าซชีวภาพที่สะอาด [1] ก๊าซที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซที่ผสมกันระหว่างก๊าซมีเทนกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า และไอน้ำเป็นต้น จากองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เป็นอัตรายต่อสุขภาพ ระดับความเป็นพิษของก๊าซชนิดนี้สามารถแบ่งระดับความเป็นพิษตามระดับความเข้มข้นก๊าซที่ได้รับหากร่างกายได้รับก็าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้ทำให้อายุการใช้งานอุปกรณ์จำพวกโลหะสั้นลงและหนักกว่าอากาศทำให้ไม่สามารถนำไปใช้โดยตรงในระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้เนื่องจากจะทำให้เกิดการผุกร่อน[2]ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของสารอินทรีย์ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ป้อนเข้าสู่ระบบภายใต้กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic process)

ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobicbacteria) หากวัตถุดิบตั้งต้นมีสารในกลุ่มซัลเฟตหรือซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบทำให้เกิดก๊าซพิษ มีสูตรทางเคมีว่า H_2S น้ำหนักโมเลกุล 34.08 มีจุดหลอมเหลวที่ -85.49 °C จุดเดือด -60.33 °C ความหนาแน่น 1.54 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 0 °C ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งมีความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้ผลิตก๊าซชีวภาพเป็นอุปสรรคในการนำไปใช้งานจึงต้องมีการกำจัดก่อนนำไปใช้โดยวิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ใช้กันทั่วไปนั้นมีหลายวิธีกระบวนดูดซับเป็นอีกทางเลือกที่นิยมกันมาถึงปัจจุบันนี้ในกระบวนการดูดซับจะใช้ตัวดูดซับในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพ [3] โดยได้จาการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวิธีการต่าง ๆดังนี้

Yushi et al. [4] ศึกษาก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์โดยศึกษาผลของของแข็งทั้งหมด (TS; 3, 5, 7, 9 และ11%) และความเร็วในการผสม (100, 200, 300 และ400 รอบต่อนาที) ระยะเวลา (5, 15, 30 และ60 นาที) และความถี่ (วันหนึ่งสองสามและสี่ครั้งต่อวัน) ในการตรวจสอบการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของมูลสัตว์สองชนิดจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณการใช้สารตั้งต้นที่ประกอบด้วยกำมะถันเป็นตัวกำหนดศักยภาพของมูลสัตว์ที่จะปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ มูลโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีความเข้มข้นจะสร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้สูงกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงถึง 1,133 ppm

Edoardo et al. [5] ศึกษาระบบของวัสดุตัวดูดซับที่ใช้เหล็กไฮดรอกไซด์สำหรับกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพ จากส่วนผสมของก๊าซชีวภาพจำลองที่มีช่วงความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ 500-10,300 ppm โดยใช้วัสดุตัวดูดซับที่มีรูพรุนโครงสร้างผลึกรูปแบบพื้นผิวที่มีปริมาณรูพรุนและขนาดรูขุมขนถูกกำหนดโดย X-ray diffraction กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน และการวัดความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นอิสระจากอุณหภูมิ

การอบแห้งของวัสดุตัวดูดซับก๊าซไฮดรอกไซด์ตามช่วงอุณหภูมิที่ทดสอบ (100-200 °C) และความชื้นสัมพัทธ์ (0-80%) ภายใต้เงื่อนไขที่เท่าเทียมกันของความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จากผลการศึกษาพบว่า Adscap เพิ่มขึ้นจาก 23.3 เป็น 48.7 wt% พร้อมเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.5-52.9 วินาที และลดพื้นที่ความเร็วจาก 7433 ถึง 68 h-1 ในเวลาเดียวกัน Adscap เพิ่มขึ้นเชิงเส้นจาก 20.57 เป็น 35.18 wt% ด้วยเพิ่มความเข้มข้นของ H_2S จาก 500 เป็น 10,300 ppm

Abhinav et al. [6] ศึกษาการลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยการเติมข้าวโพดและเมเปิ้ลไบโอชาร์ที่ชุบด้วยเหล็กแล้วทำการเติมลงในเครื่องย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนและประเมินการลดลงของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำการประเมินการเติมสารชีวภาพ 3 ครั้ง เพื่อทดสอบผลกระทบของความเข้มข้นทางชีวภาพ ขนาดอนุภาคของไบโอชาร์และไบโอชาร์ แบบ Impregnated Fe ที่ขนาดไบโอชาร์สูงที่สุด (1.82 กรัม biochar/g ปุ๋ยคอก) จากผลการศึกษาพบว่าการเติมสารชีวภาพลงเครื่องย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยมีความเข้มข้นทางชีวภาพสูงสุดที่แสดงให้เห็นว่าการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้มากกว่า 90%

วงศ์วิวรรธ และคณะ [7] ศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ขี้กลังเหล็กปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (FH) ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) ในคอลัมน์ตัวกลางสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ที่อัตราการไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที โดยวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดรองลงมาคือถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพถ่านกัมมันต์และขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ มีร้อยละการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 70.22, 43.61, 29.72 และ15.37 ตามลำดับ จากงานวิจัยพบว่าวัสดุดูดซับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด

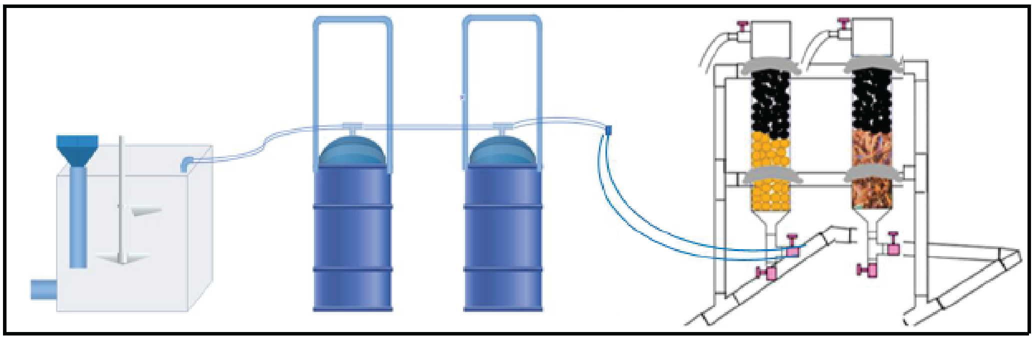
เกวลิน [8] ศึกษาการออกแบบชุดอุปกรณ์การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่เคลือบด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO4) บรรจุในแพ็คคอลัมน์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.4 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร และความสูงในการบรรจุสารดูดซับ 40 เซนติเมตร ใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรที่มีความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 1000-1500 ppmv ออกแบบชุดทดลองด้วยเทคนิค RSM เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ตัวแปรที่ศึกษา คือ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ 4.0-8.0 ลิตรต่อนาที น้ำหนักของสารดูดซับ 25.0-100.0 กรัม และความเข้มข้นของKMnO4ที่เคลือบถ่านกัมมันต์ 3.0-9.0% w/v พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการใช้ถ่านกัมมันต์ 77.0 กรัม เคลือบด้วย KMnO4 ความเข้มข้น 5.0% w/v และมีอัตราการไหลก๊าซชีวภาพ 6.0 ลิตรต่อนาที ด้วยการวัดผลการหมดประสิทธิภาพของสารดูดซับที่ความเข้มข้นของ H_2S ที่ทางออกมากกว่า 200 ppmv ใช้เวลาของการดำเนินการ 144 วินาที งานวิจัยนี้มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้สำหรับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพในรับครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เม็ดเคลือบสารละลายเฟอริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่านเพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบก๊าซชีวภาพให้มากที่สุดเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งานรวมทั้งเพิ่มอายุการใช้งานแก่อุปกรณ์และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพ โดยเลือกใช้วัสดุตัวดูดซับ คือ ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำเสียที่ดี [4] และเพิ่มความสามารถในการดูดซับโดยใช้เม็ดวัสดุจากทรายละเอียดผสมกับปูนชุบด้วยซับสารละลายสารละลายเฟอริคคลอไรด์ (FeCl3) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) วัสดุตัวดูดซับทั้งสามถูกบรรจุอยู่ในคอลัมน์ที่ทำการทดลอง โดยจะทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังหมัก 1,000 ลิตร

สำหรับกระบวนการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารร่วมกับมูลวัวสดจะทำการศึกษาภายใต้สภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศขนาด1,000Lและที่ปริมาณใช้จริงเท่ากับ800Lโดยระบบจะทำการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์มูลวัวสด เพื่อให้พร้อมต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจะใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 14 วัน จากนั้นระบบจะทำการป้อนสารอินทรีย์ประเภทเศษอาหารทุก ๆ 4 วัน วันละ 2 kg และระบบถังเก็บก๊าซชีวภาพ ขนาด 150 L จำนวน 4 ใบ รวมถึงมีระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 cm ความสูง 80 cm ความสูงในการบรรจุตัวดูดซับ 70 cm ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะของคอลัมน์ที่ใช้กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

2. การเตรียมวัสดุดูดซับ

สำหรับชุดกรองจะมี 2 คอลัมน์ โดยทั้ง 2 คอลัมน์ จะใช้ตัวกลางในการดูดซับในอัตราส่วน 1:1 ดังนี้ คอลัมน์ที่ 1 คือถ่านอัดแท่งร่วมกับเม็ดเคลือบดูดซับชุบ FeCl3, NaOH เป็นตัวกลางในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่าน เนื่องด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยาดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วย Ferric hydroxide ร่วมกับถ่านอัดแท่งมีรูพรุนขนาดเล็กที่มีความสามารถในการดูดซับกลิ่นเหม็น [5] คอลัมน์ที่ 2 คือถ่านอัดแท่งร่วมกับฝอยเหล็ก เป็นตัวกลางในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นฝอยเหล็กที่ทำให้เกิดสนิม หรือไฮเดรตเฟอริกออกไซด์ (Hydrate ferric oxide) โดยการแช่น้ำ 5-6 วัน ที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยมีอัตราในการดูดซับที่สูง [7] ร่วมกับถ่านอัดแท่งมีรูพรุนขนาดเล็กที่มีความสามารถในการดูดซับกลิ่นเหม็น

3. วิธีการทดลอง

สำหรับวิธีการทดลองจะทำการเก็บก๊าซชีวภาพจากระบบด้วยถุงเก็บก๊าซ(Gassamplingbag)โดยไม่ผ่านชุดคอลัมน์นำมาตรวจวัดด้วยเครื่องBiogasAnalyzerทำการจดบันทึกเมื่อค่าก๊าซคงที่โดยกำหนดให้เป็นค่าก่อนการทดลองจากนั้นทำการเก็บก๊าซชีวภาพจากระบบที่ทำการปล่อยผ่านชุดคอลัมน์ที่1จากด้านล่างที่ผ่านตัวกลางเม็ดเคลือบFeCl3,NaOHร่วมกับถ่านอัดแท่งขึ้นสู่ด้านบนของตัวคอลัมลัมน์ด้วยถุงเก็บก๊าซ นำมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ทำการจดบันทึกเมื่อค่าก๊าซคงที่จากนั้นทำการเก็บก๊าซที่ผ่านคอลัมที่ 2 ซึ่งมีตัวกลางเป็นฝอยเหล็กร่วมกับถ่านอัดแท่งในลักษณะเดียวกันกับคอลัมที่ 1 โดยปล่อยก๊าซชีวภาพจากระบบให้ไหลผ่านคอลัมน์เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณกับค่าก่อนการทดลองโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดคอลัมน์ที่ใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และผลที่ได้จากกการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจะนำมาพิจารณาหาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และจุดอิ่มตัว จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของระบบ ประกอบด้วย pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Solid (TS), Volatile Solid (VS), Alkalinity (ALK) และ Volatile Fatty Acid (VFA) เป็นต้น

4. ลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบ

สำหรับการพิจารณาลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะทำการแสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของหัวเชื้อมูลวัว และเศษอาหารที่ใช้ในการทดสอบ

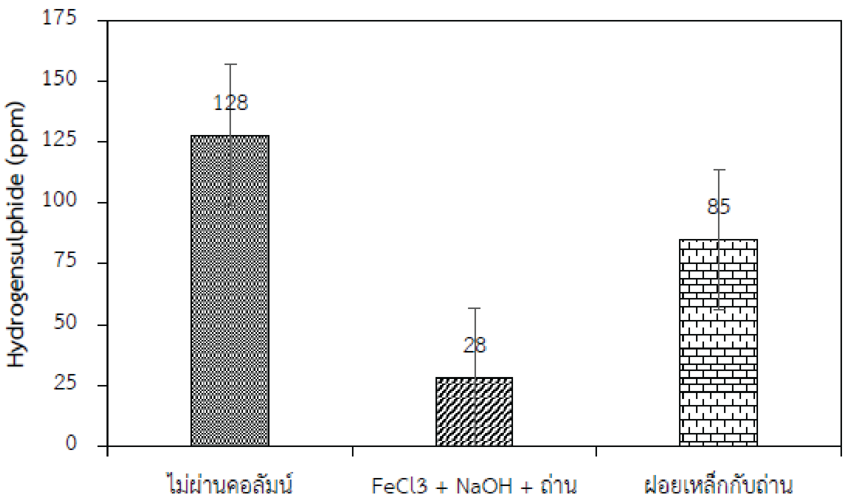
พารามิเตอร์	หน่วย	หัวเชื้อมูลวัว	เศษอาหาร
pH		9.16	4.84
COD	mg/L	30,866.67	66,240.00
TS	mg/L	742,386.42	574,489.29
VS	mg/L	436,844.73	4,484.30
Alk	mg as $CaCO_3$/L	1906.54	-
VFA	mg as CH_3COOH/L	5,036.86	397.92

จากตารางที่ 1 จากการศึกษาพบว่า ส่วนที่ 1 ค่า pH ของหัวเชื้อจุลินทรีย์มูลวัว และเศษอาหาร มีค่าเท่ากับ 9.16 และ 4.84 ตามลำดับ ส่วนที่ 2 ค่า TS เท่ากับ 742,386.42 และ 574,489.29 ตามลำดับ และค่า VS เท่ากับ 436,844.73 และ 4,484.30 ตามลำดับ เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและหัวเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ [4]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

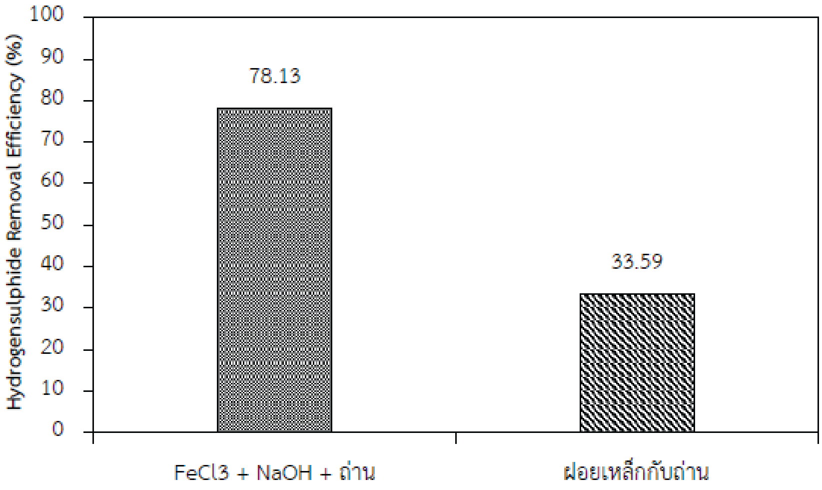
1. ผลการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของตัวกลางในแต่ละคอลัมน์

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในชุดคอลัมน์ที่ 1 ที่มีตัวกลางเป็นเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และถ่านที่นำมาเปรียบเทียบกับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในชุดคอลัมน์ที่ 2 ที่มีตัวกลางฝอยเหล็กที่เป็นสนิม และถ่านพบว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนดูดซับด้วยตัวกลาง มีค่าเท่ากับ 128 ppm (ภาพที่ 2) โดยเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านชุดคอลัมน์แต่ละชุดพบว่าความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงเหลือเท่ากับ 28 ppm และ85 ppm จากค่าการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ชุดคอลัมที่ 1 มีประสิทธิภาพมากกว่าชุดคอลัมน์ที่ 2 เนื่องจากชุดคอลัมที่1 มีตัวกลางเป็นเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเกิดจากการเจือจางรวมกันของสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ไปเคลือบผิววัสถุของแข็งโดยอาศัยความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสารถูกดูดซับกับสารดูดซับในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชน [9] ที่สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากันได้เฟอร์ริก ไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide) ที่มีความสามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้วได้ผลลัพธ์เป็นกำมะถันโดยมีประสิทธภาพในการกำจัดร้อยละ 84 และถ่านที่มีรูพรุนขนาดเล็กไว้สำหรับดูดซับกลิ่นเหม็นโดยดูดซับกลิ่นให้ติดกับผิวของถ่านซึ่งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเกวลิน [8] ที่ถ่านมีลักษณะทางกายภาพเป็นรูพรุนขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดร้อยละ 20 และชุดคอลัมน์ที่ 2 ที่มีตัวกลางฝอยเหล็กที่เป็นสนิมหรือไฮเดรตเฟอริกออกไซด์ (Hydrate ferric oxide) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็กเมื่อสัมผัสกับความชื้นและออกซิเจนกลายเป็นสนิมที่สามารถนำมาดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของวงศ์วิวรรธ และสุนันทา [7] ที่สนมเหล็กทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้วได้เหล็กซัลไฟด์ (Fe2S3) โดยมีประสิทธภาพในการกำจัดที่สูงและถ่านที่มีรูพรุนไว้สำหรับดูดซับกลิ่นเหม็นที่มีประสิทธภาพในการกำจัดร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเกวลิน [8]



ภาพที่ 2 ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ

ภาพที่3แสดงค่าที่ตรวจวัดได้ของการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบก๊าซชีวภาพเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบตามเงื่อนไขของชุดคอลัมน์ที่แตกต่างกันและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแต่ละคอลัมน์ พบว่าค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไม่ผ่านคอลัมน์เท่ากับ 86% เมื่อผ่านคอลัมน์ที่ 1 ที่มีตัวกลางเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากันได้เฟอร์ริก ไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide) ที่สามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร่วมกับถ่านที่มีรูพรุนไว้สำหรับดูดซับกลิ่นเหม็น และผ่านคอลัมน์ที่ 2 ที่มีตัวกลางฝอยเหล็กที่เป็นสนิมหรือไฮเดรตเฟอริกออกไซด์(Hydrateferricoxide)ร่วมกับถ่านที่มีรูพรุนไว้สำหรับดูดซับกลิ่นเหม็น มีค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 78% ,34% ตามลำดับ ซึ่งชุดคอลัมน์ที่ 2 กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้น้อยกว่าคอลัมน์ที่ 1 มีตัวกลางเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 3 กราฟการตรวจวัดการกำจัด H2S ค่าก๊าซชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบก๊าซชีวภาพแบบถังหมัก 1,000 ลิตร จากหัวเชื้อจุลินทรีย์มูลวัวและเศษอาหาร ที่ได้ทำการทดลองจะใช้ระยะเวลา 60 days โดยใช้ชุดคอลัมน์ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ต่างกันพบว่าชุดคอลัมน์ที่1ที่มีตัวกลางเป็นเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยมีประสิทธภาพในการกำจัดร้อยละ 84 และชุดคอลัมน์ที่ 2 ที่มีตัวกลางฝอยเหล็กที่เป็นสนิมหรือไฮเดรตเฟอริกออกไซด์ (Hydrate ferric oxide) มีประสิทธภาพในการกำจัดร้อยละ 20ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าชุดคอลัมน์ที่1ที่มีตัวกลางเม็ดเคลือบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับถ่านมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนทางด้านทุนวิจัย สนับสนุนนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในรายวิชาโครงงานพลังงานทดแทน ประจำปีการศึกษา 2562

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(2563).คู่มือการประเมินความเสี่ยงอัตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ).
[2] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.).(2560).คู่มือการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพสู่ชุมชนเพื่อ แก้ปัญหาการกำจัดผักตบชวาอย่างยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (วิทยาเขตศาลายา).
[3] จตุพรอินริสพงศ์.(2562).การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพด้วยวัสดุเหลื้อทิ้งฟางข้าว.วิทยานิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
[4] Sakamoto, Y., Andriamanohiarisoamanana, F.J., Yamashiro, T., et al. (2015). Effects of handling parameters on hydrogen sulfide emission from stored dairy manure. Journal of Environmental Management. 154. pp.110-116.
[5] Magnone, E., DongKim, S., Park, J.H. (2018). A systematic study of the iron hydroxide-based adsorbent for removal of hydrogen sulphide from biogas. Microporous and Mesoporous Materials. 270. pp.155-160.
[6] Choudhury, A., Lansing, S. (2020). Biochar addition with Fe impregnation to reduce H2S production from anaerobic digestion. Bioresource Technology. 306. pp.123121.
[7] วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และสุนันทา เลาวัณย์ศิริ. (2015). การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก.การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสนครั้งที่9.
[8] เกวลินปฐมระวี.(2016).การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เคลือบด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
[9] สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และองอาจ ส่องสี. (ม.ป.ป.). การผลิตชุดซับก๊าซไข่เน่าออกจากก๊าซชีวภาพ. ภาควชาสัตว์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การแปรรูปถ่านไม้ไผ่ตงเพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่น ในชุมชนบ้านควนขี่แรด ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
Bamboo Charcoal Processing for Odor Adsorption in Ban Khuan Ki-Rad Community, Patong Sub-district, Hatyai District, Songkhla Province

ณัฐวุฒิ สุภารัตน์[1] จุฑามาศ จันโททัย[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากไม้ไผ่ตงในชุมชนบ้านควนขี้แรดตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลาที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นถ่านไม้ไผ่โดยการบดละเอียดและทำการร่อนตะแกรงเพื่อคัดขนาดและนำมาอัดขึ้นรูปเป็นรูปแรดเพื่อนำไปใช้ในการดูดซับกลิ่นจากการทดลองพบว่าอัตราส่วนโดยมวลที่เหมาะสมระหว่างผงถ่านไม้ไผ่แป้งมันสำปะหลังและน้ำคือ 22:5:10 (ตัวอย่าง R1) และทำการวิเคราะห์หาค่าพื้นผิวโดยใช้เครื่อง BET ซึ่งมีค่าพื้นที่ผิวเท่ากับ 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนีย ซึ่งได้ผลของค่า pH ของสารละลายมีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งแสดงผลให้เห็นว่า ยิ่งไปกว่านั้นทางคณะผู้วิจัยยังได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ของกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นมาถ่ายทอดให้กับชาวบ้านในชุมชนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่นรูปแรดที่ตรงตามความต้องการและเป็นไปตามอัตลักษณ์ของชุมชนอีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพและรายได้จากผลิตภัณฑ์ชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ไผ่ตง แป้งมันสำปะหลัง พื้นที่ผิวการดูดซับ

บทนำ

ชีวมวลคือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน [1] สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มา จากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรการใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทาโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนาพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน) ซึ่งข้อจำกัดในการใช้ชีวมวลทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงคือสารชีวมวลมีความหนาแน่นต่ำปริมาตรมากและมีความยากลำบากในการขนย้ายจึงไม่เหมาะสมในการขนส่งไปในระยะทางไกลๆจากสถานที่ผลิตซึ่งการนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรออกไปจากพื้นที่การเกษตรจำนวนมาก อาจส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการขนส่งที่เพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์สำหรับบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกลิ่นที่เกิดจากแก๊สพิษอื่น ๆ

รวมไปถึงกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ พบว่าถ่านที่ได้จากการนำไม้หรือวัสดุใกล้เคียงอื่น ๆ เช่น กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ มาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น โดยการเผาที่อุณหภูมิสูงในสภาวะอับอากาศ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นถ่านที่มีความเป็นรูพรุนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับดูดซับกลิ่น เป็นต้น [2]

จากการสำรวจพื้นที่ในชุมชนหมู่ที่ 6 บ้านควนขี้แรด ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ตงซึ่งเป็นวัสดุชีวมวลจากธรรมชาติภายในชุมชน โดยไม้ไผ่ตงที่นำมาผลิตส้มควันไม้จะผ่านกระบวนการเผาเพื่อไล่ความชื้นจนกลายเป็นถ่านไม้ไผ่และไม่ได้นำถ่านไม้ไผ่ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ต่อยอดจึงทำให้ถ่านไม้ไผ่เป็นวัสดุเหลืออยู่ภายในชุมชนเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยได้เข้าไปลงพื้นที่เพื่อทำการศึกษากระบวนการแปรรูปถ่านไม้ไผ่ที่เหลือจากการผลิตน้ำส้มควันไม้ให้เป็นวัสดุที่ใช้ในดูดซับกลิ่น โดยการหาอัตราส่วนในการขึ้นรูปที่เหมาะสม คุณสมบัติของถ่านไม้ไผ่ในการดูดซับกลิ่นและประสิทธิภาพของถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการดูดซับกลิ่น นอกจากนี้ ยังได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ในการอัดขึ้นรูปของถ่านไม้ไผ่เป็นรูปแรดเพื่อให้ตรงกับอัตลักษณ์ของชุมชนคือชุมชนบ้านควนขี้แรดและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นดังกล่าวอีกทางหนึ่งด้วย และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิจัยแล้วจะมีการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้แก่คนภายในชุมชนเพื่อสร้างอาชีพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นสินค้าประจำชุมชนต่อไป

วิธีการวิจัย

1.ขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบ

1.1 ออกแบบและขึ้นรูปถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรด

1.1.1 นำถ่านไม้ไผ่ตงที่ได้จากการเผาเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ ที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส มาผ่านกระบวนการบดหยาบ

1.1.2 คัดขนาดผงถ่านไม้ไผ่โดยใช้ตะแกรงร่อน

1.1.3 เตรียมผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ

1.1.4 ทำการชั่งผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด (โดยใช้อัตราส่วนในรูปแบบกรัม คือ ตัวอย่างที่ R1 (22:5:10) R2 (22:7.5:7.5) R3 (22:10:5) R4 (25:6:6)และR5(28.3:4.4:4.4)ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่นำไปใช้จริงในกระบวนการอัดขึ้นรูป

1.1.5 นำผงถ่านไม้ไผ่และแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกันเข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.1.6 นำแป้งมันสำปะหลังใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อทำการกวนแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่อง Hot Plate เป็นอุปกรณ์ในการให้ความร้อน

1.1.7 เทผงถ่านไม้ไผ่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการกวนแล้วให้เข้ากันโดยดูจากสีขาวของแป้งมันสำปะหลังจะหายไปจนรวมเข้ากับผงถ่านไม้ไผ่จนมีสีดำทั้งหมด

1.1.8 เทน้ำที่ตวงไว้ตามอัตราส่วนที่กำหนดลงไปในบีกเกอร์ที่มีถ่านไม้ไผ่กับแป้งมันสำปะหลังผสมกันอยู่

1.1.9 กวนส่วนผสมทั้งสามอย่างให้เข้ากันจนได้ลักษณะที่เหนียวเกาะตัวกันดีและสามารถปั้นหรือขึ้นรูปได้

1.1.10 เตรียมชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแรดที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ใช้จาระบีฉีดทำความสะอาดแม่พิมพ์พร้อมทั้งใช้ผ้าสะอาดเช็ดออก
1.1.11 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์รูปแรด และทำการอัดโดยใช้มืออัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์รูปแรดที่จัดเตรียมไว้ ดังภาพที่ 1
1.1.12 นำตัวถ่านที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นรูปแรดออกจากแม่พิมพ์ เข้าตู้อบเพื่อโดยไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
1.1.13 นำถ่านไม้ไผ่รูปแรดมาทำการตากแดดทิ้งเป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้ตัวถ่านไม้ไผ่รูปแรดคงรูป ก่อนจะนำไปใช้งาน

ภาพที่ 1 แม่พิมพ์รูปแรดสำหรับขึ้นรูปถ่านไม้ไผ่

2. ขั้นตอนการวัดค่าการแข็งตัวโดยใช้เครื่องไวแคต

2.1 หาค่าการแข็งตัวโดยใช้เครื่องไวแคตเพื่อหาอัตราส่วนของผงถ่านไม้ แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสม โดยมีสัดส่วนในการทดลองตามที่กำหนดไว้

3. ขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่โดยใช้แอมโมเนีย

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของถ่านไม้ไผ่โดยการทดสอบการดูดซับกลิ่นก๊าซแอมโมเนียโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้ [3]

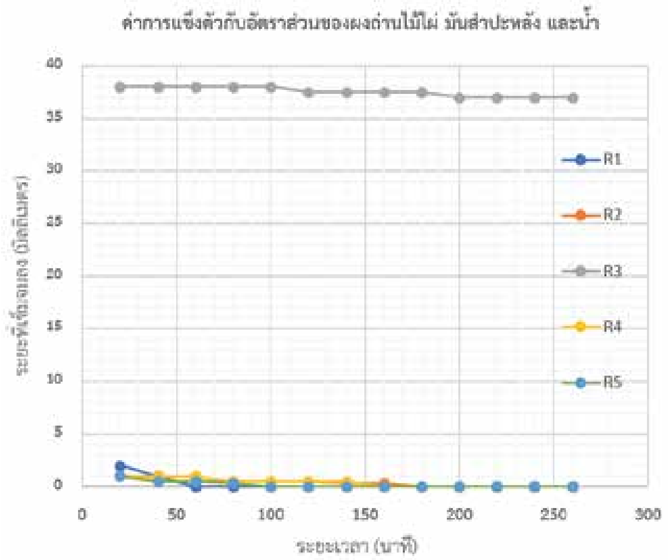
3.1 ใช้ Syringe ขนาด 50 มิลลิลิตร จานวน 3 หลอด พร้อมดึงก้าน Syringe ออก
3.2 เตรียมสำลีแผ่น 6 แผ่น
3.3 ชั่งถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดโดยใช้อัตราส่วน R1 R2 R3 R4 และ R5 โดยใช้ผงถ่านปริมาณ 0.5 กรัม บรรจุลงในสำลีพร้อมห่อด้วยเทปใส 3 ชุด
3.4 ทำการบรรจุผงถ่านไม้ไผ่ลงใน Syringe ชุดละ 1 หลอด
3.5 หยดแอมโมเนียกับสาลีที่เหลือทั้ง 3 ชุด ชุดละ 10 หยด
3.6 วางห่อสำลีที่มีแอมโมเนียลงใน Syringe
3.7 สอดก้าน Syringe ให้อยู่ที่ระดับ 50 มิลลิลิตร
3.8 ใช้หลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 10 มิลลิลิตร 3 หลอด และใช้ Syringe แช่ไว้ในน้ำเป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบ 10 นาที ให้ดัน Syringe ไปอยู่ที่ระดับ 5 มิลลิลิตร
3.9 เมื่อครบ 20 นาที ให้เทน้ำจากหลอดทดลองใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรเพื่อทำการวัดค่า pH โดยใช้กระดาษ Universal indicator
3.10 บันทึกผลค่า pH ของตัวถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดจากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำส้มควันไม้นั่นก็คือถ่านไม้ไผ่เพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นและมีการถ่ายทอดองค์ความรู้และกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นให้กับชุมชม โดยที่ผลิตภัณฑ์ถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นของชุมชนจะเป็นไปตามรูปลักษณ์และตรงตามอัตลักษณ์ที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าความแข็งเพื่อหำสัดส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสม การทดสอบค่าความแข็งเพื่อหาสัดส่วนของผงถ่านไม้ไผ่แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสมโดยจะใช้เป็นสัดส่วนในรูปแบบกรัม คือ ตัวอย่างที่ R1 R2 R3 R4 และ R5 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูป ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ถ่านไม้ไผ่อัดรูปแรดที่ผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น



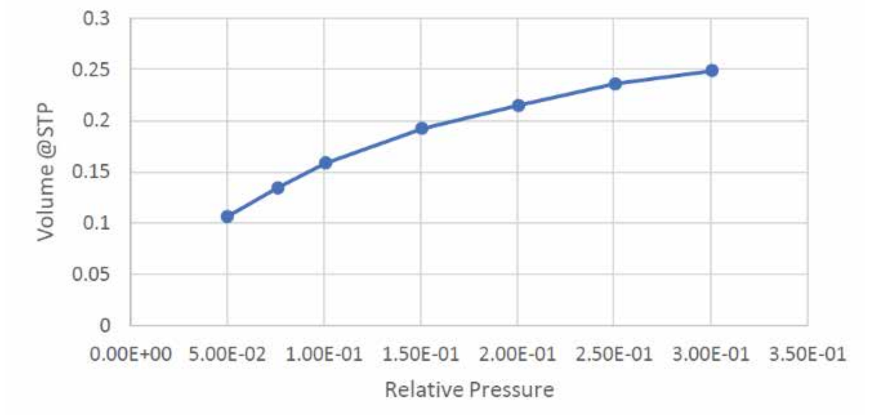
ภาพที่ 3 ค่าการแข็งตัวของอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ

จากภาพที่ 3 แสดงค่าการแข็งตัวของตัวอย่างที่ R1 R2 R3 R4 และ R5 โดยจับเวลาตั้งแต่ 20 ถึง 260 นาที และปล่อยเข็มลงทุก ๆ 20 นาที วัดระยะที่เข็มจมลง พบว่าตัวอย่างที่ R1 ระยะเวลาเริ่มก่อตัวของถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการดูดซับกลิ่น ณ เวลา 20 นาที ค่าเข็มจมลงอยู่ที่ 2 มิลลิเมตร และระยะเวลา 60 นาที ค่าระยะเข็มที่จมลงเท่ากับ 0 มิลลิเมตรซึ่งเป็นระยะเวลาแข็งตัวที่ก้อนตัวอย่าง R1 เกิดการแข็งตัวเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ R2 R3 R4 และ R5 เนื่องจากอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

2. การหาอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้ของถ่านไม้ไผ่รูปแรดโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ
จากการศึกษาคุณสมบัติของส่วนผสมเช่นประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของผงถ่านไม้ไผ่การจับตัวกันเป็นก้อนของแป้งมันสำปะหลังที่เปรียบเสมือนกาวจากธรรมชาติและน้ำที่ช่วยให้ส่วนผสมแต่ละอย่างขึ้นรูปได้ง่ายขึ้นในกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรด โดยมีสัดส่วนดังนี้

สรุปจากผลการทดสอบในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปของตัวอย่าง R1 สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุดหลังจากนำไปผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้นตัวถ่านไม้ไผ่มีลักษณะแข็งจับตัวกันเป็นก้อนดีเนื่องจากมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังและน้ำในปริมาณที่พอดีที่เข้ากับปริมาณผงถ่านไม้ไผ่ ทำให้ถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดผสานกันเป็นก้อนได้ต่างจากตัวอย่าง R5 ที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้เลย เนื่องมาจากปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และน้ำในปริมาณที่ไม่น้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เพราะฉะนั้นยิ่งมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังมากก็ยิ่งสามารถจับตัวในการขึ้นรูปถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดได้ง่ายกว่า เมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่น้อย เมื่อใช้ปริมาณน้ำน้อยการผสมกันของส่วนผสมจะทำได้ยาก แต่หากปริมาณน้ำมากจนเกินไปก็จะทำให้ส่วนผสมเหลวจนไม่สามารถขึ้นรูปได้เช่นกัน

3. หาค่าพื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับกลิ่นโดยใช้เครื่อง BET
ในการเลือกอัตราส่วนที่ใช้ในการทดสอบค่าพื้นที่ผิวจะเลือกใช้สัดส่วนที่ผสมกันเรียบร้อยแล้วระหว่างผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยมีสองสัดส่วนนั้นก็คือ อัตราส่วนของตัวอย่าง R1 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่สามารถนำไปขึ้นรูปได้เป็นรูปแรดซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่และแป้งมันสำปะหลัง โดยผลการทดสอบหาค่าพื้นที่ผิวมีค่าเท่ากับ 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ค่าความดันสัมพัทธ์ต่อปริมาตรระหว่างผงถ่านไม้ไผ่ของตัวอย่าง R1

จากภาพที่ 3 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันไอเข้าใกล้ความดันไออิ่มตัวของตัวอย่าง R1 เมื่อกราฟอยู่ใกล้ 0 ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นจะทำได้ดีมาก แต่ถ้าหากกราฟยิ่งใกล้ 1 มากเท่าไรประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สก็จะลดลงอีกทั้งจะทำให้พื้นที่ผิวรูพรุนของถ่านกัมมันต์ลดลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถปรับสภาพพื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์ได้โดยใช้วิธีการออกซิไดซ์ [4]

ทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยการใช้แอมโมเนียเป็นเวลา 20 นาที การทดสอบถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรด โดยจะเลือกอัตราส่วนของตัวอย่าง R1 R2 R3 R4 และ R5 มาใช้ในการทดลองการดูดซับกลิ่นกับก๊าซแอมโมเนีย โดยทาการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

นำค่าจากหลอดทดลองทั้ง 3 หลอดมาหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลอง โดยจะได้ค่า pH ของ R1 = 6 R2 = 6.7 R3 = 6.7 R4 = 6.7 และ R5 = 7.3 ซึ่ง pH เป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการดูดซับ หากผลการทดลองค่า pH ต่ำ (pH < 4) ไฮโดเจนไอออน (H+) ที่เกิดขึ้น จะเข้ามาแย่งจับที่บริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับทำให้ก๊าซแอมโมเนียถูกดูดซับบนผิวหน้าของตัวดูดซับได้ลดลงและหากผลการทดลองค่า pH สูง (pH >8) ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นจะลดลง [4]

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนีย

ตัวอย่างอัตราส่วนที่ใช้ทดสอบ	pH ของสารละลาย			ค่าเฉลี่ย
	หลอดทดลองที่ 1	หลอดทดลองที่ 2	หลอดทดลองที่ 3	
R1	6	6	6	6
R2	7	7	6	6.67
R3	7	6	7	6.67
R4	6	7	7	6.67
R5	8	7	7	7.33

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองในการหาอัตราส่วนระหว่างผงถ่านแป้งมันสำปะหลังและน้ำที่สามารถดูดซับกลิ่นได้โดยการทดลองจะทำการกำหนดอัตราส่วนของตัวอย่างที่แตกต่างกันเพื่อหาความสามารถในการดูดซับกลิ่น ซึ่งสรุปผลได้ว่า ตัวอย่าง R1 สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด หลังจากนำไปผ่านกระบวนการไล่ความชื้นตัวถ่านไม้ไผ่มีลักษณะแข็งจับตัวกันเป็นก้อนดีที่สุดเพราะมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมการทดสอบค่าพื้นที่ผิวของถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดของตัวอย่าง R1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปมีค่า 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม และหากยิ่งมีพื้นที่ผิวมาก ประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นก็จะทำได้ดี การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแรดโดยใช้แอมโมเนียสรุปได้ว่าตัวอย่าง R1 มีประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นได้ดีที่สุดโดยมีค่า pH ของสารละลายแอมโมเนียเท่ากับ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถดูดซับสารละลายแอมโมเนียได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากหน่วยบริการวิชาการแก่สังคมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ให้โอกาสคณะผู้วิจัยในการลงพื้นที่บริการวิชาการแก่ชุมชน ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

เอกสารอ้างอิง

[1] Vassilev et al. (2010). วารสารออนไลน์ ชีวมวล สืบค้นวันที่ 10 สิงหาคม 2562, จาก https://ienergyguru.com/ biomass

[2] สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์. (2560). วารสารออนไลน์ ศึกษาวิจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ ถ่านดูดกลิ่นประสิทธิภาพสูง สืบค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2562 จาก https://www.spu.ac.th/department/spubi/aw/140/

[3] สังเวย เสวกวิหารี. (2554) ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จากhttps://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/997/sci_54_14.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4] Feng W. Kwon S. Borguet E. Vidic R. (2005). วารสารออนไลน์ Adsorption of hydrogen sulfide onto activated carbon fibers : effect of pore structure and surface chemistry สืบค้นวันที่ 10 พฤศจิกายน 2562 จาก http://www.pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es0507158?journalCode=esthag

การสังเคราะห์ซีโอไลต์ เอ โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย และการประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพสำหรับการกำจัดแคดเมียม (II) ไอออนและสีย้อมมาลาไคท์กรีน จากสารละลายในน้ำ

Synthesis of zeolite A using silica from fly ash and its application as a potential adsorbent for removal of cadmium (II) ion and malachite green dye from aqueous solution

ดรุณี สุขชิต[1], เพ็ชชรี คำภาทู[1], กุลนิษฐ์ เพ็งพาทย์[1], ฐิตินันท์ จันทะสี[1], ปัทมา ศรีคำ[1], ปทิตตา วรรณลี[1], สุภัสสร สิถิระบุตร[1], สายสมร ลำลอง[1], มาลี ประจวบสุข[1], ดวงดาว สัตยากูล[1], จิตรลดา เดชาติวงศ์[1], พฤทธิ์ คำศรี[2], ปาจรีย์ ถาวรนิติ[3], บรรเจิด จงสมจิตร[4], กนิษฐา วงศ์ใหญ่[5], และพรพรรณ พึ่งโพธิ์[1]*

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000

[3]ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120

[4]ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านคาตาไลซิสและวิศวกรรมปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[5]กองสิ่งแวดล้อมเหมืองแม่เมาะ ฝ่ายวางแผนและบริหารเหมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ต.แม่เมาะ อ.แม่เมาะ ลำปาง 52220

บทคัดย่อ

เถ้าลอยถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ งาน เนื่องจากมีซิลิกาสูงและวัสดุต้นทุนต่ำ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ตัวดูดซับซีโอไลต์เอโดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอยที่ได้มาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักแคดเมียม(II)ไอออนในสารละลายน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนัก 50 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนัก ตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ 8 กรัมต่อลิตร และเวลาในการดูดซับ 60 นาที มีประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักบนซีโอไลต์ เอ คือ 74.15 เปอร์เซ็นต์และได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนในสารละลายน้ำที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมมาลาไคท์ กรีนเริ่มต้นเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักตัวดูดซับ ซีโอไลต์ เอ 20 กรัมต่อลิตร และเวลาในการดูดซับ 60 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน บนซีโอไลต์ เอ คือ 88.15 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ ที่สังเคราะห์ได้เหมาะสำหรับการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมประจุบวก ดังนั้นการตรวจสอบลักษณะตัวดูดซับ พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับไอโซเทอร์มการดูดซับและจลนศาสตร์การดูดซับเพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมประจุบวกของซีโอไลต์ เอ จะถูกศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ซีโอไลต์ เอ, โลหะหนัก, สีย้อมมาลาไคท์ กรีน

บทนำ

โลหะหนักเป็นวัตถุดิบที่ถูกนำมาใช้ในหลายภาคส่วน เช่น ในด้านอุตสาหกรรมเราใช้โลหะหนักในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย สำหรับทางด้านการเกษตร โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ยขณะเดียวกันทางการแพทย์ใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยาอุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในการดำรงชีพ ในชีวิตประจำวันคนเรามีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการบริโภคอาหารหรือดื่มน้ำที่มีสารเหล่านี้ปนเปื้อนอยู่โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโรงงานที่ขาดจิตสำนึกซึ่งมักจะลักลอบเทของเสียลงดินหรือลงแม่น้ำกำจัดกากของเสียอย่างผิดวิธีทั้งนี้เนื่องจากต้องการลดรายจ่าย โลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียต้องการ โคบอลท์ (Cobalt-Co) ทองแดง (Copper-Cu) แมงกานีส (Manganese-Mn) โมลิบดีนัม (Molybdenum-Mo) แวแนเดียม (Vanadium-V) และสังกะสี (Zinc-Zn) ในปริมาณที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ปริมาณโลหะที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านี้ ส่งผลให้ไม่สามารถ ดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท (Mercury-Hg) และแคดเมียม (Cadmium-Cd)จัดเป็นสารพิษต่อร่างกาย และถูกจัดให้ขึ้นบัญชีดำ (blacklist) เนื่องจากมีพิษร้ายแรงมากต่อมนุษย์จึงขอนำมากล่าวในรายละเอียดซึ่งจะบอกถึงแหล่งที่มาและผลของการมีโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดสะสมอยู่ในร่างกาย [1]

แคดเมียม เป็นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานทำสี และ โรงงานทำพลาสติก พิษของสารแคดเมียม คือ ถ้าได้รับปริมาณมากในทันทีอาจทำให้เกิดโรค อิไต อิไต (“Itai-Itai” disease) มีผลให้กระดูกเปราะ และปวดอย่างรุนแรง ถ้าได้รับสารในปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานานจะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงไตทำงานผิดปกติกระวนกระวายขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง

อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมประเภทที่มีการใช้น้ำและสารเคมีจำนวนมาก ปัญหาใหญ่ที่พบและนับว่ามีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมคือการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานลงสู่สิ่งแวดล้อมน้ำเสียที่ปล่อยออกมาประกอบด้วย สี, ค่าบีโอดี, ค่าซีโอดี, กรด-ด่าง, สารแขวนลอย, ความร้อน และอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำทำให้เกิดการทำลายทัศนียภาพและเป็นที่น่ารังเกียจมลสารส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมนั้นมาจากกระบวนการย้อมสี(dyeing)และการตกแต่งสำเร็จ(finishing) โดยส่วนมากแล้วมลสารเหล่านี้และสีบางประเภทสามารถบำบัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมี ทั่ว ๆ ไปแต่มีสีบางประเภทที่ไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีการดังกล่าวซึ่งสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายชนิด เช่น สีรีแอกทีฟ, สีเอซิด, สีเบสิก, สีไดเร็กท์, สีแว็ต, สีดิสเพอร์ส เป็นต้น ผลเสียที่เกิดขึ้นจากสีนอกจากจะทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติขาดความสวยงามแล้วยังลดอัตราการนำเข้าของออกซิเจนที่เข้าสู่ผิวหน้าของแหล่งน้ำและบดบังปริมาณ แสงอาทิตย์ที่ตกลงสู่ผิวน้ำทำให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ จะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงทำให้ สัตว์น้ำอาจตายได้ ดังนั้นการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานจึงมีความจำเป็นในการป้องกันปัญหามลพิษที่แหล่งกำเนิดและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายโดยมีการศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบบำบัด น้ำเสียเพื่อให้ได้คุณภาพ น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ที่กำหนดและจากที่ทราบกันในเบื้องต้นแล้วว่าสีที่อยู่ในน้ำทิ้งแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ยังสามารถมองเห็นได้ชัดเจนและทำความรำคาญให้ผู้ใช้แหล่งน้ำสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิดและแต่ละชนิดยากต่อการย่อยสลายโดยธรรมชาติปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมมีทั้งกระบวนการทางกายภาพและเคมีซึ่งบำบัดสีได้น้อย รวมทั้งมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการบำบัด ตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัด เป็นต้น [2]

มาลาไคท์ กรีน เป็นสีสังเคราะห์ที่ใช้สำหรับย้อมวัสดุต่าง ๆ เช่นผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ ฝ้าย และกระดาษ มาลาไคท์กรีนมีลักษณะเป็นผงสีเขียวละลายน้ำได้ดีเมื่อละลายน้ำแล้วจะได้สารละลายสีเขียวอมฟ้ามีสูตรทางเคมี C22H25N2 มาลาไคท์ กรีน ที่ใช้กันปัจจุบันมีอยู่ 2 รูป คือ รูปของมาลาไคท์ กรีน ออกซาเลต (Malachite green oxalate) และรูปของมาลาไคท์ กรีน ไฮโดรคลอไรด์ (Malachite green hydrochlo-ride) [3]

ไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ที่อำนวยความสะดวกสบายแก่ชีวิตประจำวันของทุกคน การที่จะได้พลังไฟฟ้ามาต้องอาศัยเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ มาเป็นต้นกำลังในการผลิต นับว่าเป็นโชคดีของประเทศไทยที่นอกจากจะมีก๊าซธรรมชาติแล้วยังมีถ่านลิกไนต์ที่อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปางซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรเชื้อเพลิงที่สำคัญของประเทศและใหญ่ที่สุดในภาคพื้นเอเชียอาคเนย์ทดแทนการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้จำนวนมหาศาล โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง โดยมีวิธีการเปลี่ยนพลังงานที่สะสมในถ่านหินลิกไนต์เป็นพลังงานความร้อนด้วยกระบวนการทางเคมีเริ่มต้นจากการเผาไหม้หรือสันดาปกับออกซิเจนในอากาศจากนั้นพลังงานความร้อนที่ได้จากการสันดาปจะถูกส่งต่อไปให้น้ำ จนน้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำดังกล่าวจะไปหมุนกังหันไอน้ำซึ่งได้ต่อแกนไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะเดียวกันจึงกล่าวได้ว่าพลังงานที่สะสมอยู่ในถ่านลิกไนต์ได้ถูกแปรสภาพให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าจะมีเถ้าลอยจากการเผาไหม้ถ่านหิน จัดเป็นของเสียอุตสาหกรรม รหัส ของเสีย 10 01 02 HM ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 จากการที่เถ้าลอยถ่านหินจัดเป็นของเสียอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีปริมาณเกิดขึ้นจำนวนมากทำให้เป็นภาระกับสิ่งแวดล้อมในการนำไปกำจัดโดยเฉพาะในการนำไปฝังกลบซึ่งในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีในการนำเถ้าลอยถ่านหินกลับมาใช้ประโยชน์เช่นในงานก่อสร้างเป็นสารผสมในคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับงานก่อสร้างและเป็นวัตถุดิบเสริมปูนซีเมนต์ในการผลิตวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมหลักในการก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตบดอัด เนื่องจากองค์ประกอบหลักทางเคมีของเถ้าลอยคือซิลิกา ทำให้ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ให้มีมูลค่าที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้เถ้าลอยในการก่อสร้างเพียงอย่างเดียว [4]

ซีโอไลต์ถูกนำมาใช้ในเป็นตัวดูดซับในการกำจัดสารพิษสีย้อมและการบำบัดโลหะหนักที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากสามารถสังเคราะห์ได้ง่ายและมีต้นทุนในการผลิตไม่สูงเมื่อเทียบกับตัวดูดซับชนิดอื่นเช่น ถ่านกัมมันต์ที่มีต้นทุนในการผลิตสูงเมื่อเทียบกับซีโอไลต์ [5] ดังนั้น จึงมีการนำเอาวัสดุดูดซับธรรมชาติหรือวัสดุที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำและมีประสิทธิภาพสูงมาใช้เป็นตัวดูดซับในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพและถือเป็นการนำวัสดุทางธรรมชาติมาเพิ่มมูลค่าในงานวิจัยนี้จึงนำเถ้าลอยที่ได้จากโรงไฟฟ้ามาทำการสกัดซิลิกาเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ เอ และนำซีโอไลต์ที่สังเคราะห์มาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับในการกำจัดโลหะหนักและสีย้อมที่ปนเปื้อนโดยจะทำการศึกษากับโลหะแคดเมียม (II) และสีย้อมมาลาไคท์ กรีน หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตัวดูดซับ ได้แก่ ปริมาณและเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับเพื่อนำไปประยุกต์ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งและบำบัดสีย้อมที่ปนเปื้อนในสารละลายตามแหล่งน้ำธรรมชาติ

วิธีการวิจัย

วัสดุ

เถ้าลอยที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ เอ ในการศึกษานี้ได้มาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ เถ้าลอยเป็นวัสดุที่มีซิลิกา (SiO_2) ประมาณร้อยละ 25-60 และอลูมินา (Al_2O_3) ประมาณร้อยละ 10-30, เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณร้อยละ 5-25, แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 1-30 เป็นองค์ประกอบหลัก และมีองค์ประกอบรองคือ MgO มีออกไซด์และอัลคาไลน์ในรูป Na2O, K_2O และ SO_3 และมีความชื้นเป็นองค์ประกอบในเถ้าลอยด้วย, Sodium alumi-nate ($NaAlO_2$) commercial grade บริษัท อิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด การสังเคราะห์ซีโอไลต์ เอ พบอัตราส่วนซิลิกอนต่ออลูมิเนียม (อัตราส่วนโมลาร์ Si/Al = 0.97) ใกล้เคียงกับ 1 ซึ่งเหมาะสำหรับการสังเคราะห์ซีโอไลต์ เอ

วิธีการสังเคราะห์ ซีโอไลต์ เอ โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอยโรงไฟฟ้า

การเตรียม Si-Source ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มา 20.188 กรัม ชั่งเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้า 55 กรัม และน้ำ DI 143.352 กรัม ผสมรวมกันลงในขวด polypropylene จากนั้นนำไปกวนในอ่างน้ำร้อนที่เดือดเป็นเวลา 45 นาทีแล้วทิ้งไว้ให้เย็น

การเตรียม Al-Source ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มา 0.588 กรัม ชั่ง Sodium aluminate 10.57 กรัม และน้ำ DI 153.24 กรัม ลงในขวดพลาสติก จากนั้นนำไปกวนเพื่อให้สารละลายเข้ากัน

ผสมรวม Si-Source และ Al-Source เมื่อ Si-Source เมื่อเย็นตัวลงให้นำ Al-Source หยดลงไปใน Si-Source พร้อมกวนตลอดเวลา เมื่อหยดหมด ให้กวนต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมงเมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงเพื่อล้างซีโอไลต์ เอ ให้เป็นกลาง จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การพิสูจน์เอกลักษณ์

ศึกษาหมู่ฟังก์ชันผลึกด้วยเทคนิค Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR)

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียม (II) จากสารละลาย ด้วย ซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย

ชั่ง ซีโอไลต์ เอ มา 0.20 กรัม ปิเปตสารละลายมาตรฐานแคดเมียม (II) ที่ความเข้มข้น 50 ppm มา 25 มิลลิลิตรกวนสาร 30 วินาที โดยใช้เวลาดูดซับ 60 นาที เมื่อครบ 60 นาที นำสารใส่หลอดทดลองจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ซีโอไลต์ เอ ตกตะกอนจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษเบอร์ 1 นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 228 ด้วยเทคนิคAtomic Absorption spectroscopy, AAS และนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการดูดซับ

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับมาลาไคท์ กรีน จากสารละลาย ด้วย ซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย

ชั่ง ซีโอไลต์ เอ มา 0.50 กรัม ปิเปตสารละลายสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ที่ความเข้มข้น 100 ppm มา 25 มิลลิลิตร กวนสาร 30 วินาที โดยใช้เวลาดูดซับ 60 นาที เมื่อครบ 60 นาที นำสารใส่หลอดทดลองจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ ซีโอไลต์ เอ ตกตะกอนจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษเบอร์ 1 นำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 616 ด้วยเทคนิค UV-Vis spectrophotometer และนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการดูดซับ คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการดูดซับ} = ([A0]-[At])/[A0]\times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ [A0] คือ ความเข้มข้นก่อนการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

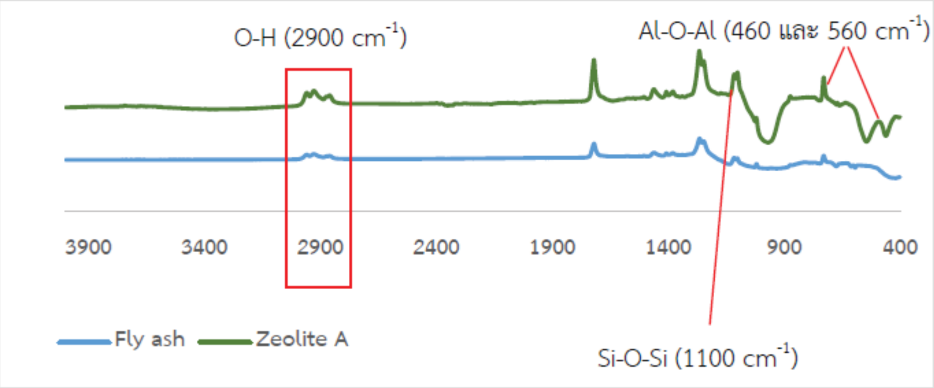
[At] คือ ความเข้มข้นหลังการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

พิสูจน์เอกลักษณ์ของตัวดูดซับ

พิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR เพื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเถ้าลอย และซีโอไลต์ เอ แสดงดังรูปที่ 1 จากสเปกตรัม FT-IR พบพีคการสั่นของ –OH ที่ประมาณ 2900 ซม-^{1} พบพีค ที่ประมาณ 1,1000 ซม– ^{1} คือพีคการสั่นแบบยืดหด ไม่สมมาตรของ Si-O-Si และพบพีคที่ประมาณ 460 และ 560 ซม– ^{1} คือพีคการสั่นของ Al-O-Al จากสเปกตรัมที่พบยืนยันได้ว่ามีหมู่ฟังก์ชันก์ของซีโอไลต์ เอ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [6]



รูปที่ 1 ศึกษา FTIR ของเถ้าลอยและซีโอไลต์ เอ

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียม (II) จากสารละลาย ด้วยซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย

ในการศึกษาการดูดซับแคดเมียม (II) จากสารละลายโดยทำการดูดซับที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ทำการกวน 30 วินาที ทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง เพื่อให้ตัวดูดซับตกตะกอนแล้ว นำไปกรองจากนั้นนำไปวัดด้วยเทคนิค Atomic Absorption spectroscopy (AAS) ส่วนสารละลายแคดเมียม (II) ก่อนการดูดซับที่ได้จากการเจือจางสารละลายแคดเมียม (II) เป็น Stock Solution 50 mg/L ซึ่งได้ผลการทดลองพบว่าก่อนดูดซับมีความเข้มข้น 52.35 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการดูดซับดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียม (II) ด้วยซีโอไลต์ เอ จากซิลิกาของเถ้าลอย

ครั้งที่	น้ำหนัก	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)	ความเข้มข้นหลังการดูดซับ มิลลิกรัมต่อลิตร	ประสิทธิภาพในการดูดซับ (%) ± S.D.
1	0.2002	0.115	12.55	
2	0.2001	0.131	15.05	74.15±0.02
3	0.2002	0.119	13.00	

จากตาราง 1 ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียม (II) จากสารละลายได้ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียม (II) จากสารละลายคือ 74.15 %

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน จากสารละลาย ด้วย ซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย

ในการศึกษาการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ในสารละลาย โดยทำการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ชั่ง ซีโอไลต์ เอ มา 0.5000 กรัม ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมมาลาไคท์ กรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ทำการกวน 30 วินาที ทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ตัวดูดซับตกตะกอน จากนั้นนำไปวัดด้วยเทคนิคUV–Vis spectrophotometer ส่วนสารละลายสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ก่อนการดูดซับที่ได้จากการเจือจางสารละลายสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งได้ผลการทดลองพบว่าก่อนดูดซับมีความเข้มข้น136.38มิลลิกรัมต่อลิตรและความเข้มข้นหลังการดูดซับแสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน ด้วย ซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอย

ครั้งที่	น้ำหนัก	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)	ความเข้มข้นหลังการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพในการดูดซับ (%) ± S.D.
1	0.5001	0.3114	19.16	88.15±2.74
2	0.5002	0.3116	15.52	
3	0.5002	0.3158	13.79	

จากตาราง 2 ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน จากสารละลายได้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน จากสารละลายคือ 88.15±2.74 %

สรุปผลการวิจัย

ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ซีโอไลต์ เอ สังเคราะห์จากเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในการดูดซับโลหะแคดเมียม (II) และสีย้อมมาลาไคท์กรีน ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักแคดเมียม (II) บนซีโอไลต์ เอ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนัก 50 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ 8 กรัมต่อลิตร และเวลาในการดูดซับ 60 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักบนซีโอไลต์ เอคือ 74.15 เปอร์เซ็นต์และได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนในสารละลายน้ำที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมมาลาไคท์ กรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ 20 กรัมต่อลิตร และเวลาในการดูดซับ 60 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์ กรีน บนซีโอไลต์ เอ คือ 88.15 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ ที่สังเคราะห์เหมาะสำหรับการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมประจุบวก เนื่องจากมีประสิทธิภาพการดูดซับที่สูง ตัวดูดซับซีโอไลต์ เอ ที่สังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาจากเถ้าลอยสามารถนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีสำหรับการสนับสนุนในด้านเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) ตามสัญญาทุนเลขที่ SCA-CO-2563-12097-TH และขอขอบคุณทุนโครงการสร้างปัญญาวิทย์ ผลิตนักเทคโน (YSTP) ตามสัญญาทุนเลขที่ SCA-CO-2563-12283-TH สวทช. ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับทำงานวิจัยและทุนในการนำเสนอผลงานและศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการพิสูจน์เอกลักษณ์ และอำนวยความสะดวกในการทำปฏิบัติการ และขอขอบคุณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์เถ้าลอยในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Sawyer, D.T. (2003). Electrochemical transformations of metals, metal compounds, and metal complexes. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.

[2] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. แคดเมียม. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563 จาก http://reo13.mnre.go.th/th/

[3] ขนิษฐา. สีย้อม สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563 จาก http://www.tpa.or.th/

[4] ศาสตราจารย์ ดร. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เถ้าลอยชีวมวลจากโรงไฟฟ้า สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2563 จาก https://www.thaitca.or.th/

[5] WANG, C., LI, J., SUN, X., WANG, L., SUN, X. (2009). Evaluation of zeolites synthesized from fly ash as potential adsorbents for wastewater containing heavy metals. Journal of Environmental Sciences

[6] Xinping, H., Bing, Y., Yang, X., Hui, H., Yongping, G., Zhang, W. (2020). Coal fly ash derived zeolite for highly efficient removal of Ni2+ in waste water. Powder Technology.

การเตรียมคอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษสำหรับใช้เป็นวัสดุกรองระดับนาโน
Preparation of coating membranes by ultrathin-film composite for enhanced nanofiltration performance

เพ็ชชรี คำภาทู[1], ดรุณี สุขชิต[1], สุดคนึง สิงโต[2], วรายุทธ สะโจมแสง[2],
พฤทธิ์ คำศรี[3], และพรพรรณ พึ่งโพธิ์[1]*
[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190
[2]ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย
ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120
[3]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันโลกของเรากำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดและการเสื่อมโทรมลงของคุณภาพของน้ำ เทคโนโลยีเมมเบรนเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อสังเคราะห์คอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษที่ผิวเมมเบรนมีความชอบน้ำ (Hydrophilic) และการซึมผ่านของน้ำ (Water permeation flux) สูง โดยการเคลือบด้วยแทนนิน (Tannin, TA), กรดเบนซีนไตรคาร์บอกซิลิก คลอไรด์ (1,3,5-Benzenetricarboxylic acid chloride, TMC) และไดเอมีน (Diamine) ลงบนพื้นผิวโดยมีเงื่อนไขการเคลือบที่แตกต่างกันและศึกษาหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวเมมเบรนด้วยเทคนิค FT-IR ศึกษาความชอบน้ำของเมมเบรนด้วยการวัดมุมสัมผัส (Contact angle) และศึกษาอัตราการซึมผ่านของน้ำพบว่าคอมโพสิตเมมเบรนที่สังเคราะห์ขึ้นโดยเงื่อนไขที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมีค่ามุมสัมผัสเท่ากับ 49.53-27.04 องศา อัตราการซึมผ่านของน้ำเท่ากับ 1.52 (L/m^2/hr)

คำสำคัญ: เมมเบรน การเคลือบ การกรอง ความชอบน้ำ

บทนำ

น้ำคือปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นแหล่งกำเนิดของสัตว์น้ำและพืชหลากหลายชนิด นอกจากนั้นน้ำยังมีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม มีประโยชน์สำหรับครัวเรือนในการดื่มกิน ใช้ประกอบอาหาร หรือใช้ชำระล้างร่างกายและสิ่งสกปรกต่างๆ และน้ำยังทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์แก่สิ่งมีชีวิต ในอดีตมนุษย์สามารถนำทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้ต่างจากปัจจุบันที่เกิดปัญหาด้านคุณภาพของน้ำ หรือเกิดมลพิษทางน้ำจนไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น น้ำทิ้งและสิ่งปฏิกูลจากแหล่งชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากพื้นที่ทำการเกษตรเป็นต้นซึ่งกระบวนการในการบำบัดน้ำนั้นต้องใช้หลายขั้นตอนในการบำบัด ได้แก่ การเติมสารเคมีและการกวนเพื่อให้เกิดการตกตะกอน การปั่นเพื่อเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำเสีย ซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้เครื่องจักรในการทำงานและต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการบำบัด

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการพยายามคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพของน้ำและมลพิษทางน้ำเพื่อการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ใช้เยื่อกรอง (Membrane) สำหรับการกลั่นน้ำทะเล น้ำอ่อน การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม และอื่น ๆ อีกมากมาย [1]

การกรองผ่านเยื่อกรอง (Membrane) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำและแก้ไขมลพิษทางน้ำทั้งนี้สามารถแยกประเภทของเมมเบรนตามประสิทธิภาพในการคัดกรองสารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดจนไปถึงขนาดเล็กที่สุดได้ดังนี้ ไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration, MF) อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF) นาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration, NF) และรีเวอร์สออสโมซิส หรืออาร์โอ (Reverse osmosis, RO) [2-3]

สำหรับเมมเบรนที่สามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (Nanofiltration, NF) นิยมนำมาใช้งานที่หลากหลายเช่น การกรองเกลือออกจากน้ำทะเล (Seawater desalination) การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater treatment) การลดความกระด้างของน้ำ (Saline water softening) ซึ่งเมมเบรนที่สามารถกรองสารได้ระดับนาโนเมตรจะมีข้อดีคือสามารถกรองสารได้ดีกับเกลืออิออนที่เป็นมัลติวาเลนซ์ (Monovalent ionic salts) และสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก (Organic molecules with low molecular weight) ใช้พลังงานต่ำ (Low operation pressure) แต่มีค่าการแพร่ผ่านของน้ำสูง (High water permeation flux) นอกจากนี้ราคาและการดำเนินการค่อนข้างต่ำ (Low capital and operation costs) เมื่อเทียบกับการกรองอนุภาคระดับรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis, RO)

งานวิจัยโดยส่วนมากจะกล่าวถึงกระบวนการเตรียมและการขึ้นรูป ในรูปแบบสารประกอบร่วมแผ่นฟิล์มบางที่อยู่บนวัสดุรองรับต่างๆ ในรูปแบบแผ่น (Flat sheet) เนื่องจากการเตรียมแผ่นฟิล์มบางพิเศษบนวัสดุชนิดนี้ค่อนข้างง่ายสะดวกรวดเร็วแต่ประสิทธิภาพการกรองสารให้บริสุทธิ์ยังน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุรองรับแบบเส้นชนิดท่อกลวง (Hollow fiber membrane) จึงไม่เหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรมแต่อย่างไรก็ตามการเตรียมคอมโพสิตเมมเบรนแบบแผ่นฟิล์มบางพิเศษที่อยู่บนวัสดุรองรับแบบเส้นชนิดท่อกลวงมีความสำคัญมากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อควบคุมความหนาของชั้นเลือกผ่าน (Selective layer) ให้มีประสิทธิภาพการกรองสารให้มีความบริสุทธิ์สูงในระดับนาโน (Nanofiltration) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหมายที่จะจัดเตรียมคอมโพสิตเมมเบรน บนวัสดุรองรับแบบเส้นชนิดท่อกลวง (Hollow fiber membrane) ที่ผิวเมมเบรนที่ได้มีความชอบน้ำ (Hydrophilic) และการซึมผ่านของน้ำ (Water permeation flux) สูง นอกจากนี้ราคาและการดำเนินการค่อนข้างต่ำ เพื่อใช้เป็นวัสดุกรองให้มีความบริสุทธิ์สูงในระดับนาโน (Nanofiltration) ที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับใช้ในการบำบัดน้ำเพื่อให้ได้น้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้และนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการต่างๆได้ซึ่งถือได้ว่าเป็นการประหยัดน้ำและพลังงานสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดและการเสื่อมโทรมลงของคุณภาพน้ำเพื่อให้ชุมชนได้มีน้ำสะอาดที่ใช้สำหรับอุปโภคและบริโภคอย่างยั่งยืน

วิธีการวิจัย

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน

ตัวอย่าง 1: การเคลือบพื้นผิวของเมมเบรนให้มีความชอบน้ำมากขึ้น (Hydrophilic) ด้วยสารแทนนิน (Tannin)
ที่อุณหภูมิห้อง

1. นำเมมเบรนแบบเส้นชนิดท่อกลวงไปล้างทำความสะอาดด้วย 5% isopropyl จำนวน 1 ครั้ง จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จำนวน 3 ครั้ง หลังจากนั้นตากไว้ให้แห้ง

2. ผสมสารละลายกรดแทนนิก (Tannic acid) เข้มข้น 0.1% (w/v) และสารละลาย Tris-base เข้มข้น 0.15 M ปั่นกวนให้สารละลายเข้ากันแล้วนำเมมเบรนแบบเส้นชนิดท่อกลวงที่ได้ทำความสะอาดพื้นผิวแล้วมาแช่เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำขึ้นมาตากให้แห้ง

สำหรับตัวอย่าง 2 - 9 เตรียมโดยนำ ตัวอย่าง 1 มาเคลือบต่อด้วยสภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการเคลือบพื้นผิวของเมมเบรนของตัวอย่าง 2 – 9

ปฏิกิริยา (Reaction)	เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution reaction)		เกิดปฏิกิริยา Schiff-base reaction and Michael-type addition		ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution reaction)		เกิดปฏิกิริยา Schiff-base reaction and Michael-type addition	
ตัวอย่าง	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
ขั้นตอนที่ 1	เคลือบด้วย TMC เข้มข้น0.1% (w/v) 15 นาที		เคลือบด้วย MPD 3% (w/v) 1 ชั่วโมง		เคลือบด้วย TMC เข้มข้น0.1% (w/v) 15 นาที		เคลือบด้วย Co-polyamide 3% (w/v) (MPD:DABT) (1.5:1.5 โดยโมล) 1 ชั่วโมง	
ขั้นตอนที่ 2	เคลือบด้วย MPD 3% (w/v) 10 นาที		ล้างด้วยน้ำแล้วทำให้แห้ง		เคลือบด้วย Co-polyamide 3% (w/v) (MPD:DABT) (1.5:1.5 โดยโมล) 10 นาที		ล้างด้วยน้ำแล้วทำให้แห้ง	
ขั้นตอนที่ 3	ล้างด้วยน้ำ DI		เคลือบด้วย TMC เข้มข้น 0.1% (w/v) 2 นาที		ล้างด้วยน้ำ DI		เคลือบด้วย TMC เข้มข้น 0.1% (w/v) 2 นาที	
ขั้นตอนที่ 4	อบที่ 70 °C 15 นาที	ทำให้แห้ง	ล้างด้วย Hexane	เคลือบด้วย MPD 3% (w/v) 10 นาที	อบที่ 70 °C 15 นาที	ทำให้แห้ง	ล้างด้วย Hexane	เคลือบด้วย MPD 3% (w/v) 10 นาที
ขั้นตอนที่ 5	-	เคลือบด้วย TMC เข้มข้น0.1% (w/v) 2 นาที	อบที่ 70 °C 15 นาที	ล้างด้วยน้ำแล้วทำให้แห้ง	-	เคลือบด้วย TMC เข้มข้น0.1% (w/v) 2 นาที	อบที่ 70 °C 15 นาที	ล้างด้วยน้ำแล้วทำให้แห้ง
ขั้นตอนที่ 6	-	ล้างด้วย Hexane แล้วอบที่ 15 นาที 70 °C	-	อบที่ 70 °C 15 นาที	-	ล้างด้วย Hexane แล้วอบที่ 15 นาที 70 °C	-	อบที่ 70 °C 15 นาที

ศึกษาอัตราส่วนของ Co-polyamide (Co-PA) ที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน: โดยใช้สภาวะของตัวอย่าง 9 ในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน

1. นำเมมเบรนแบบเส้นชนิดท่อกลวงที่ทำการเคลือบแทนนิน 16 ชั่วโมง แล้วมาจุ่มลงในสารละลาย Co-polyamide (อัตราส่วน Co-polyamide แสดงดังตารางที่ 2) พร้อมปั่นกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ล้างเมมเบรนที่ได้ด้วยน้ำปราศจากไอออน และเป่าเมมเบรนให้แห้ง
3. จากนั้นนำเมมเบรนแบบเส้นชนิดท่อกลวงที่แห้งแล้วแช่ลงในสารละลาย 1,3,5-Benzenetricarboxylic acid chloride พร้อมปั่นกวนเป็นเวลา 2 นาที
4. จากนั้นนำเมมเบรนแบบเส้นชนิดท่อกลวงที่เคลือบ 1,3,5-Benzenetricarboxylic acid chloride แล้วแช่ลงในสารละลาย Co-polyamide ที่ใช้ในข้อ 1 อีกครั้งพร้อมปั่นกวนเป็นเวลา 10 นาที
5. ล้างเมมเบรนที่ได้ด้วยน้ำปราศจากไอออน และเป่าเมมเบรนให้แห้ง
6. อบเมมเบรนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนของ Co-polyamide

รหัสตัวอย่าง	อัตราส่วน
HF-0	เมมเบรนเริ่มต้น
HF-1	Tannin
HF-2	Tannin + MPD 3 %
HF-3	MPD : EDA (1:1 โดยโมล)
HF-4	MPD : EDA (1:2 โดยโมล)
HF-5	MPD : EDA (1:3 โดยโมล)
HF-6	MPD : DABT (1:1 โดยโมล)
HF-7	MPD : DABT (1:2 โดยโมล)
HF-8	MPD : DABT(1:3 โดยโมล)

พิสูจน์เอกลักษณ์ของคอมโพสิตเมมเบรน

1) วัดมุมสัมผัส (°) โดยใช้ Contact angle Meter รุ่น OCA 15 EC

2) วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของเมมเบรนโดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) รุ่น Nicolet 6700 FT-IR spectrometer

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

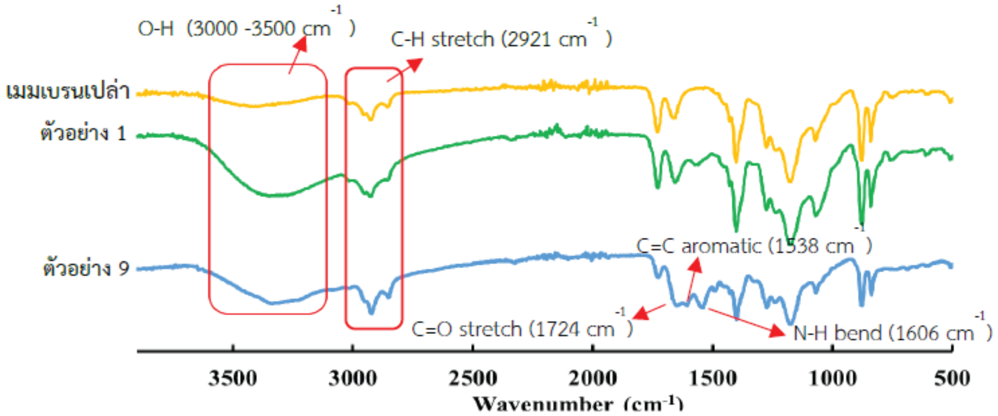
ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัส (°) ของเมมเบรนในแต่ละสภาวะ

ตัวอย่าง	มุมสัมผัส (°)
เมมเบรนเริ่มต้น	68.25 - 27.39
ตัวอย่าง 1	71.05 - 40.30
ตัวอย่าง 2	91.61 - 78.61
ตัวอย่าง 3	59.34 - 50.47
ตัวอย่าง 4	59.54 - 44.58
ตัวอย่าง 5	70.88 - 46.72
ตัวอย่าง 6	63.28 - 54.84
ตัวอย่าง 7	74.37 - 56.93
ตัวอย่าง 8	78.58 - 61.69
ตัวอย่าง 9	49.53 - 27.04

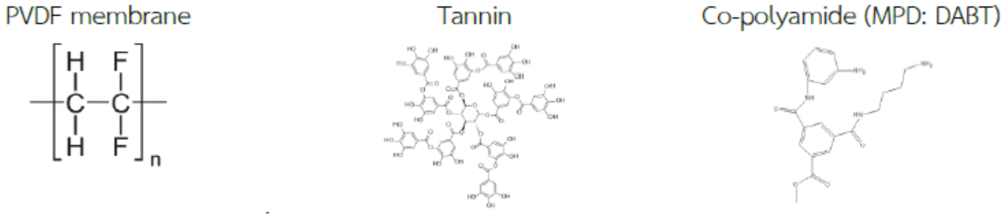
จากการวัดค่ามุมสัมผัส (º) ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าตัวอย่าง 9 มีค่ามุมสัมผัส (º) น้อยที่สุด เท่ากับ 49.53-27.04 เมื่อเทียบกับเมื่อเทียบกับเมมเบรนไม่ผ่านการดัดแปลง ที่มีค่าเท่ากับ 68.25-27.39 ซึ่งค่ามุมสัมผัส (º) ลดลงถึง 27.43% แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของตัวอย่าง 9 มีความชอบน้ำ (Hydrophilic) มากขึ้น จะส่งให้ค่าการซึมผ่านของน้ำ (Water permeation flux) สูง และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดตะกรัน (Anti-fouling properties) สูง

ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ของคอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษ



รูปที่ 1 ศึกษา FTIR ของคอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษ

พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค FT-IR เพื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของคอมโพสิตเมมเบรนแสดงดังรูปที่ 1 จากสเปกตรัม FT-IR พบพีคการสั่นของ –OH ที่ประมาณ 3292 cm^{-1}, พีคการสั่นของ C-H stretch ที่ประมาณ 2921 cm^{-1}, พีคการสั่นของ C=O stretch ที่ประมาณ 1724 cm^{-1}, พีคการสั่นของ C=C aromatic ที่ประมาณ 1538 cm^{-1}, และพีคการสั่นของ N-H bend ที่ประมาณ 1606 cm^{-1} จากสเปกตรัมที่พบสามารถยืนยันได้ว่ามี Co-polyamide เกิดขึ้นบนพื้นผิวของเมมเบรน เนื่องจากมีพีคของ –OH ที่มาจาก tannin, พีคของ N-H, C=O และ C=C ที่มาจาก Co-polyamide โครงสร้างทางเคมีของสารเคลือบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารเคลือบผิวเมมเบรน

ผลการศึกษาอัตราส่วนของ Co-polyamide (Co-PA) ที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน: โดยใช้สภาวะของตัวอย่าง 9

จากผลการทดลองก่อนหน้าทำให้ทราบเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการเคลือบเมมเบรนคือสภาวะการเตรียมพื้นผิวเมมเบรนของตัวอย่าง 9 ดังนั้นจึงนำตัวอย่างเมมเบรนที่เคลือบด้วยสภาวะนี้ มาทำการศึกษาอัตราส่วนของ Co-PA 3% (w/v) ที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 4 จากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติความชอบน้ำโดยการวัดค่ามุมสัมผัสของเมมเบรนที่เตรียมได้จากอัตราส่วนของ Co-PA 3% (w/v) ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัส (°) ของ Co-polyamide แต่ละอัตราส่วน

รหัสตัวอย่าง	อัตราส่วน	มุมสัมผัส (°)
HF-0	เมมเบรนเริ่มต้น	76.50 ± 1.26
HF-1	Tannin	58.94 ± 0.62
HF-2	Tannin + MPD 3 %	52.32 ± 1.02
HF-3	MPD : EDA (1:1)	49.59 ± 0.61
HF-4	MPD : EDA (1:2)	45.40 ± 0.69
HF-5	MPD : EDA (1:3)	37.61 ± 0.64
HF-6	MPD : DABT (1:1)	43.03 ± 0.65
HF-7	MPD : DABT (1:2)	26.83 ± 0.39
HF-8	MPD : DABT(1:3)	29.82 ± 0.44

สัมผัส (°) ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า HF-8 มีค่ามุมสัมผัส(°) น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 29.82 ± 0.44 เมื่อเทียบกับเมมเบรนไม่ผ่านการดัดแปลงมีค่าเท่ากับ 76.50 ± 1.26 ซึ่งค่ามุมสัมผัส (°) ลดลงไปถึง61.01%แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของHF-8มีความชอบน้ำมากขึ้นจะส่งให้ค่าการซึมผ่านของน้ำ(Water permeation flux) สูง และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดตะกรัน (Anti-fouling properties) สูง

สรุปผลการวิจัย

ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์คอมโพสิตเมมเบรนเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางพิเศษโดยการเคลือบด้วยแทนนิน (Tannin, TA), กรดเบนซีนไตรคาร์บอกซิลิก คลอไรด์ (1,3,5-Benzenetricaboxylic acid chloride, TMC) และไดเอมีน (Diamine) ลงบนพื้นผิวของเมมเบรน จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรนพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรนคือสภาวะของตัวอย่าง HF-8 คือเคลือบด้วย MPD : DABT อัตราส่วน 1:3 โดยโมล โดยเกิดปฏิกิริยา Schiff-base reaction และ Michael-type addition จากผลการทดสอบพบว่ามีค่ามุมสัมผัส (°) เท่ากับ 29.82 ± 0.44 ลดลงถึง 61.01% เมื่อเทียบกับเมมเบรนไม่ผ่านการดัดแปลง จากงานวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมพื้นผิวเมมเบรน ซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาเมมเบรนให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จริงเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดและการเสื่อมโทรมลงของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ดังนั้นการใช้น้ำอย่างรู้ค่าและการพัฒนาเทคโนโลยีการนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีเมมเบรนที่สามารถเตรียมได้ง่ายสะดวก และใช้พลังงานต่ำในกระบวนการบำบัดน้ำ จึงเป็นแนวทางการใช้น้ำอย่างคุ้มค่า เพื่อการใช้น้ำที่ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

อขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (NANO-TEC)สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สวทช.)สำหรับการสนับสนุนในด้านเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย (ตามสัญญาทุนเลขที่ TG-NN-UBU-62-047M) และอนุเคราะห์เครื่องมือในการพิสูจน์เอกลักษณ์ และอำนวยความสะดวกในการทำปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

[1.] Singto S., Sajomsang W., Ratanatawanate C., and Zhang F. (2020). Flexible and Hydrophilic Copolyamide Thin-Film Composites on Hollow Fiber Membranes for Enhanced Nanofiltration Performance. ACS Applied Materials & Interfaces.

[2.] Tan, L. and Amy L.G. (1991). Amy, Comparing Ozonation and Membrane Separation for Color Removal and Disinfection By-product Control. Journal AWWA

[3.] Vedat Uyak, Ismail Koyuncu, Ibrahim Oktem, Mehmet Cakmakci, Ismail Toroz. (2008). Removal of trihalomethanes from drinking water by nanofiltration membranes. Journal of Hazardous Materials.

การพัฒนาเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

Development of a mobile air purifier with UV-C light

เอกตริตรา ศรีทอง[1] ปรีดา จันทวงษ์[2]* และ นุภาพ แย้มไตรพัฒน์[3]
Aketritra Srithong[1], Preeda Chantawong[2]*, Nuparb Yamtraipat[3]
[1]นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[2]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
*Corresponding author: Tel.: 085-128-5058,
E-mail: cpreeda@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตหรือ UVGI ที่มีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อและตำแหน่งในการวางอุปกรณ์ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสี UV-C ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคของเครื่องฟอกอากาศ UVGI ที่ประกอบด้วย Filter ที่ใช้สำหรับกรองอนุภาค และการฆ่าเชื้อด้วยหลอด UV-C โดยทั้ง 2 องค์ประกอบสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนหลอด UV-C ที่ใช้และเวลาการสัมผัส (Dose) จากผลการทดลองพบว่าเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อด้วย UV-C มีแนวโน้มสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา ได้มากกว่าร้อยละ 80 ทำให้ห้องอยู่ในสภาวะที่ปลอดจากเชื้อโรคได้ การทดลองนี้จึงเป็นนำหลักการทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาด้านการแพทย์และการสาธารณสุขและสามารถนำมาเป็นเครื่องต้นแบบในการทำเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อโรคที่มีต้นทุนต่ำสำหรับบ้านเรือน หรือนำมาประยุกต์ใช้การฆ่าเชื้อในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เช่นโรงแรม ห้องปฏิบัติการต่างๆในอุตสาหกรรม การทำห้องปลอดเชื้อ (Sterile) หรือโรงพยาบาล เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสำหรับประชาชนทั่วไปได้

คำสำคัญ: เครื่องฟอกอากาศ, เครื่องปรับอากาศ, การปรับปรุงคุณภาพอากาศ

บทนำ

ด้วยสภาวะของประเทศไทยในปัจจุบันมีทั้งมลพิษที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมตามอาคารบ้านเรือนต่างๆ รวมถึงการปล่อยไอควันเสียจากรถที่ใช้น้ำมันบนท้องถนนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษและมลภาวะต่างๆแต่ทว่าสิ่งพวกนี้ไม่ได้เกิดขึ้นแค่บนท้องถนนหรือภายนอกเพียงเท่านั้นภายในบ้านของเราเอง ก็ยังเป็นแหล่งที่เต็มไปด้วยมลภาวะทางอากาศ ไม่ว่าจะเป็นฝุ่นละออง แบคทีเรีย เชื้อไวรัส ฝุ่น ไร เชื้อรา และสิ่งที่ได้ปนเปื้อนมาพร้อมกับอากาศ

การอยู่ในห้องปรับอากาศซึ่งมีการปรับอุณหภูมิที่พอเหมาะจะสามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับมลภาวะทางอากาศได้ระดับหนึ่ง แต่อากาศภายในห้องปรับอากาศซึ่งเป็นอากาศที่หมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาและถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายนอกเพียงเล็กน้อย รวมทั้งความชื้นจากในอากาศและในตัวเครื่องปรับอากาศเองอีกทั้งฝุ่นควันที่ฟุ้งกระจายอยู่ทั่วไปอาจกลายเป็นแหล่งแพร่เชื้อและไม่เป็นผลดีต่อผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้หรือโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจดังนั้นเครื่องฟอกอากาศในบ้านจึงเป็นจึงเป็นทางเลือกที่กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคส่วนหนึ่งที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพ

เครื่องฟอกอากาศ เป็นตัวช่วยในการกำจัดมลพิษในอากาศ เพื่อให้อากาศมีความบริสุทธิ์มากขึ้นและลดโอกาสการก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ เนื่องจากฝุ่น ควันพิษและสารก่อภูมิแพ้ได้เป็นอย่างดี ทั้งยังช่วยจัดการกับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ได้อย่างดีเยี่ยมอีกด้วย โดยสำหรับประเภทของเครื่องฟอกอากาศในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทตามกลไกการทำงานดังนี้

1. Mechanical Filters
2. Electrostatic Precipitator
3. Gas-Phase Filters
4. Ozone Generator
5. UV Light

1. Mechanical/Air Filter หรือแผ่นกรองอากาศ ทำหน้าที่ดักจับเชื้อโรค แบคทีเรีย เชื้อไวรัส ฝุ่นละอองในอากาศที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ Air filters มีประเภทที่ทำมาจากกระดาษ เส้นใย ตาข่าย แต่แบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ก็คือ แผ่นกรองอากาศแบบ HEPA หรือ High Efficiency Particulate Air เป็นแผ่นกรองที่ผลิตจากเส้นใย Fiberglass ที่ออกแบบมาเพื่อดักจับฝุ่นที่มีขนาดเล็ก 0.3 ไมครอน และมีประสิทธิภาพดักจับฝุ่นละอองได้ไม่น้อยกว่า 99.97% และยังมีอายุเฉลี่ยในการใช้งาน 3-5 ปี

2. Electrostatic Precipitator (ESP) เป็นระบบกรองอากาศที่ทำงานโดยใช้หลักไฟฟ้าสถิตด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าลบออกมาจับฝุ่นละอองหรืออนุภาคขนาดเล็กที่เป็นประจุบวกให้เป็นกลุ่มก้อนเพื่อทำให้มีน้ำหนักมากขึ้นแล้วตกลงสู่พื้น ไม่ลอยฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ

3. Gas-Phase Filters เป็นระบบที่มีไว้สำหรับกำจัดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ต่างๆ โดยการใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการดูดซับมลพิษเป็นตัวช่วยในการทำงานของระบบเพื่อช่วยดูดซับกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และก๊าซพิษให้หายไป

4. Ozone Generator เป็นการนำระบบโอโซนมาใช้กับระบบฟอกอากาศโดยเชื่อว่าจะช่วยกำจัดอนุภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารระเหยต่างๆ ที่ปนมากับอากาศได้ดี พร้อมทั้งสามารถกำจัดเชื้อโรคบางอย่างได้ แต่เนื่องจากโอโซนค่อนข้างมีผลเสียมากกว่าผลดีต่อร่างกายของมนุษย์ จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก ดังนั้น จึงมักจะใช้เครื่องฟอกอากาศประเภทนี้กับพื้นที่ที่มีผู้อาศัยไม่มาก

5. UV Light เป็นระบบที่นำรังสีอัลตราไวโอเลตมาช่วยในการกำจัดเชื้อโรคต่างๆอย่างเช่นแบคทีเรีย เชื้อไวรัส เชื้อรา หรือฝุ่นละอองในอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและก่อให้เกิดภูมิแพ้ได้

ปัญหาของเครื่องฟอกอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน

1. มีอัตราการกินไฟสูง
2. ราคาแพง
3. ขนาดของเครื่องฟอกอากาศมีขนาดใหญ่
4. ประสิทธิภาพการกรองอากาศและการฆ่าเชื้อโรคต่ำ

วิธีการแก้ปัญหา

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องฟอกอากาศโดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

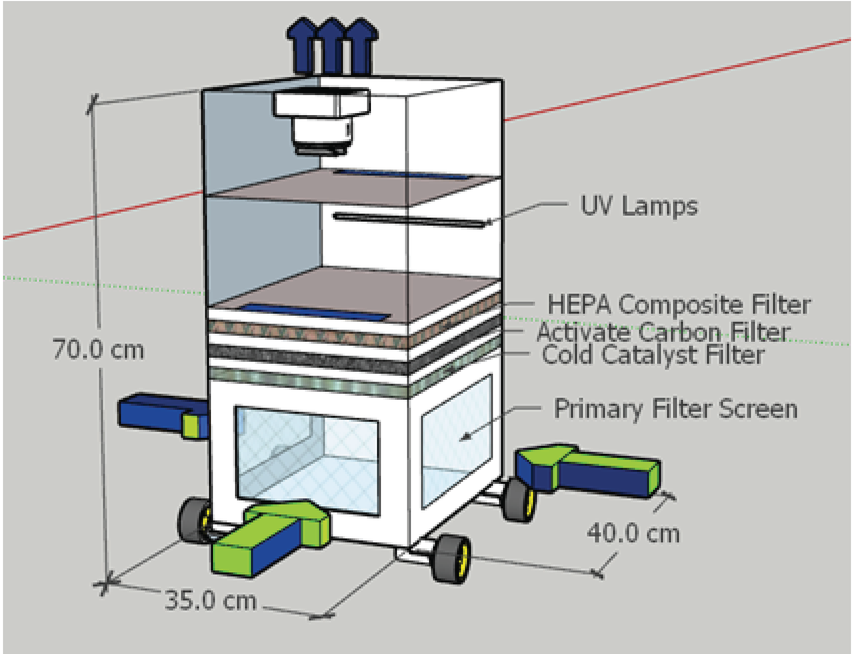
1. ประหยัดไฟ
2. ราคาเหมาะสมไม่แพงจนเกินไป
3. มีขนาดเล็ก ติดตั้งง่าย
4. เพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอากาศและการฆ่าเชื้อโรคได้ดียิ่งขึ้น

วิธีการวิจัย

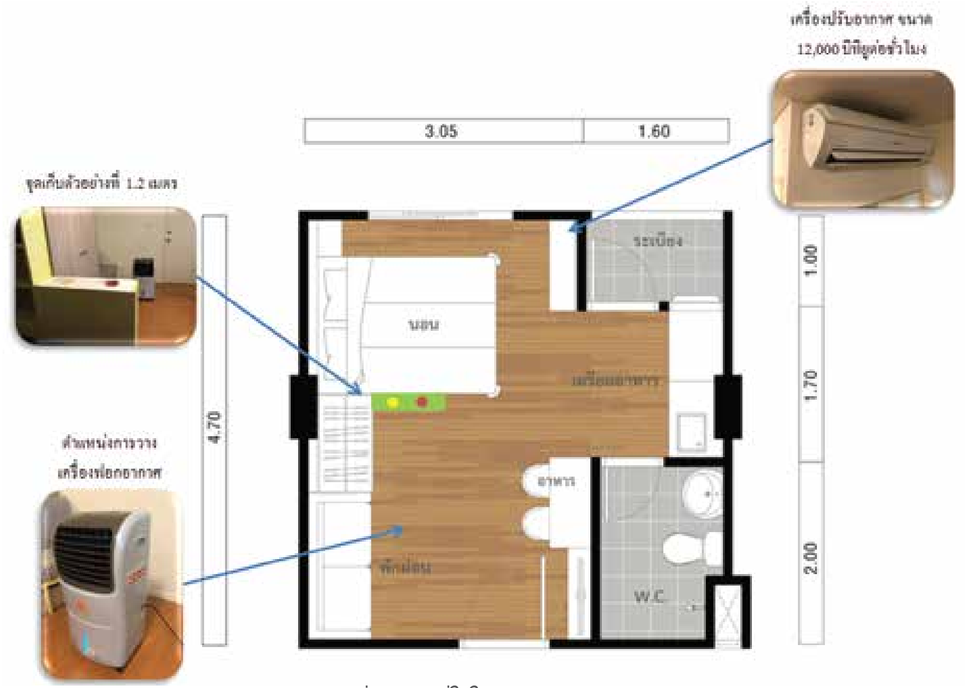
การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อฆ่าเชื้อโรค และทดสอบประสิทธิภาพของระบบการกรองของเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ และสภาวะที่เหมาะสมของหลอด UV-C ของระบบ UVGI ด้านกำลังไฟฟ้า จำนวนหลอดและตำแหน่งการติดตั้งหลอด UV-C ให้ได้ปริมาณรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อโรคสูงสุดในขณะเดียวกันก็มีความปลอดภัยต่อผู้ที่อาศัยอยู่ภายในห้องโดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

1.ออกแบบเครื่องฟอกและระบายอากาศแบบตู้เคลื่อนที่

ออกแบบเครื่องฟอกและระบายอากาศแบบตู้เคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรมเขียนแบบ SketchUp 2019 (ภาพที่ 1) เพื่อออกแบบเครื่องให้มีขนาดที่เหมาะสมกับห้องที่จะใช้ในการทดลอง ขนาด 4.7 x 4.65 x 2.4 ม.(ภาพที่2)รวมถึงออกแบบเครื่องฟอกอากาศฯให้มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่เพียงพอกับปริมาตรของห้องที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 1 เครื่องฟอกและระบายอากาศแบบตู้เคลื่อนที่



ภาพที่ 2 ห้องที่ใช้ในการทดลอง

2.สร้างและพัฒนาเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่

เครื่องฟอกอากาศที่นำมาใช้ในการดัดแปลง คือ พัดลมไอเย็น Fujitel รุ่น FK-101A (ภาพที่ 3) นำมาดัดแปลงโดยนำแผ่นกรองอากาศที่ทำงานโดยใช้หลักไฟฟ้าสถิต (ESP-Electrostatic Precipitator) ออก แล้วเปลี่ยนเป็นแผ่นกรอง 3 ชั้น รุ่น IM-001/004 ขนาด 2.50x28.00x33.00cm ซึ่งภายในประกอบด้วย ชั้นที่ 1 ไส้กรองหยาบ สามารถกรองฝุ่นทั่วไป เช่น เส้นผม ฝุ่นละอองทั่วไป ชั้นที่ 2 ไส้กรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA-High Efficiency Particulate Air Filter) สามารถกรองฝุ่นที่มีขนาด 0.3 ไมครอน ได้ไม่น้อยกว่า 99.97% ชั้นที่ 3 ไส้กรองคาร์บอน (Carbon Filter) สามารถกำจัดสารจำพวกฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ รวมไปถึงสามารถขจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 พัดลมไอเย็น Fujitel รุ่น FK-101A

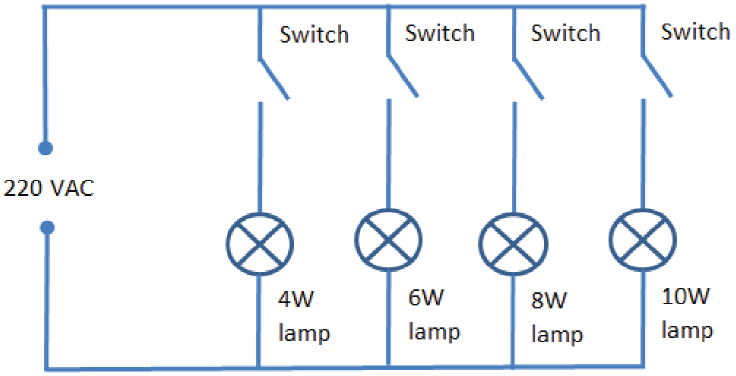
ภาพที่ 4 องค์ประกอบของชุดแผ่นกรอง3 ชั้น รุ่น IM-001/004

จากนั้นใช้ตะแกรงภายในที่มีมากับตัวเครื่อง ติดหลอดฆ่าเชื้อโรค UV-C Quartz lamps T5 ขนาด 4, 6, 8 และ 10W (ภาพที่ 5) เป็นหลอดที่ให้รังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร และมีคุณสมบัติของหลอด ดังนี้

ประเภท: หลอดไฟฆ่าเชื้อโรค UV-C
สีเปล่ง: สีม่วงอมฟ้า
วัสดุยึด: วงเล็บอลูมิเนียม
แรงดันไฟฟ้า: 220 V
กำลังไฟของหลอด: 4, 6, 8, 10W
ประเภทหลอดไฟ: T5
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง: 1.5 เซนติเมตร
ประเภทหลอดไฟแก้ว: ท่อกลม

โดยนำหลอดทั้ง 4 หลอดมาต่อแบบขนานกัน โดยต่อสวิทช์เปิด-ปิดไว้ด้านข้างของตัวเครื่องฟอก เพื่อสามารถเลือกเปิดใช้เฉพาะหลอดที่ต้องการได้รวมถึงความต้านทานในวงจรน้อยกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านได้มาก (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 5 ภาพการติดหลอดฆ่าเชื้อโรค UV-C Quartz lamps T5



ภาพที่ 6 วงจรต่อหลอดไฟแบบขนานจำนวน 4 หลอด

3.ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฟอกอากาศแบบตู้เคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อโรค

การศึกษาการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ได้แก่ Sheep Blood Agar สำหรับเป็นตัวแทนของแบคทีเรีย และ Sabouraud Dextrose Agar สำหรับเป็นตัวแทนของเชื้อรา โดยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจัดซื้อมาจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

การทดลองเริ่มจากการใช้เครื่องฟอกอากาศ UVGI ในห้องจำลองนาน 8 ชั่วโมง โดยเปิดเครื่องทิ้งไว้ร่วมกับระบบปรับอากาศในห้องโดยก่อนการเปิดเครื่อง UVGI ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้จานเพาะเชื้อสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ภายในห้องทดลอง ก่อนเปิดเครื่อง ระยะเวลา 30 นาที หลังจากนั้น จึงทำการเริ่มการทดลองในห้องจำลองนาน 8 ชั่วโมง เมื่อทำการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศ UVGI เสร็จแล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในห้องทดลอง หลังปิดเครื่อง ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้จานเพาะเชื้อสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ภายในห้องทดลองหลังจากที่ได้ทำการเปิดเครื่องฟอกอากาศ UVGI

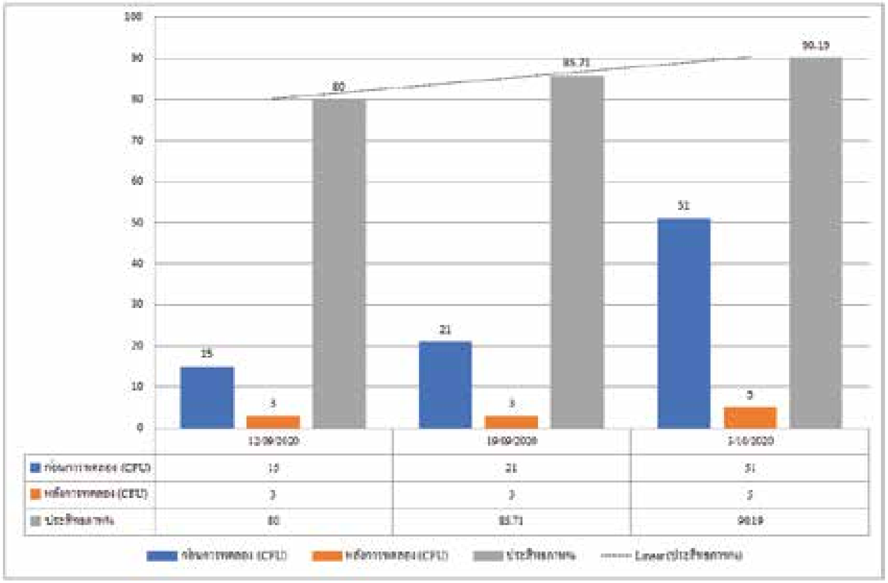
การตรวจสอบการฆ่าเชื้อของเครื่องฟอกอากาศ UVGI ด้วยการเก็บตัวอย่างอากาศมาเพาะเชื้อ โดยดำเนินการศึกษากับจุลินทรีย์ 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย และเชื้อรา ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์เพื่อให้มั่นใจในประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อในห้องทดลอง โดยใช้วิธี Standard plate count วิธีตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน เรียกย่อว่า SPC อาจเรียกว่า Total Viable count (TVA) หรือปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด เป็นวิธีตรวจนับจุลินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับตรวจวัดจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการตรวจสอบ เช่น ในอาหาร น้ำ พื้นผิว อากาศ เป็นต้น ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวเจริญขึ้นมาบนอาหารแข็งในจานเลี้ยงเชื้อ โดยเจริญและแบ่งตัวเป็นกลุ่มเรียกว่าโคโลนี (colony) สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีหน่วยเป็น cfu (Colony forming unit) เป็นหน่วยที่ได้จากวิธีตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ microbial population count เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ เชื้อรา ที่มีชีวิต การรายงานผลตัวอย่างที่เป็นอากาศไหลเวียนในห้องมีหน่วยเป็น cfu/cm3 ค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน การนับจุลินทรีย์มาตรฐานเป็นการนับปริมาณโคโลนี(colony)ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือมองเห็นด้วยแว่นขยาย ซึ่งมาจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน คือ colony forming unit (cfu) มีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ดังนี้

1. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดสอบแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ มาทำการทดสอบ
2. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในห้องทดลองก่อนทำการเริ่มทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศ UVGI 30 นาทีก่อนทำการเปิดเครื่อง
3. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในห้องทดลองหลังการทดลองเปิดเครื่องฟอกอากาศ UVGI นาน 30 นาที หลังทำการปิดเครื่องทดลอง
4. นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการเพาะเชื้อ ภายหลังจากการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมงทำการอ่านผลที่ได้

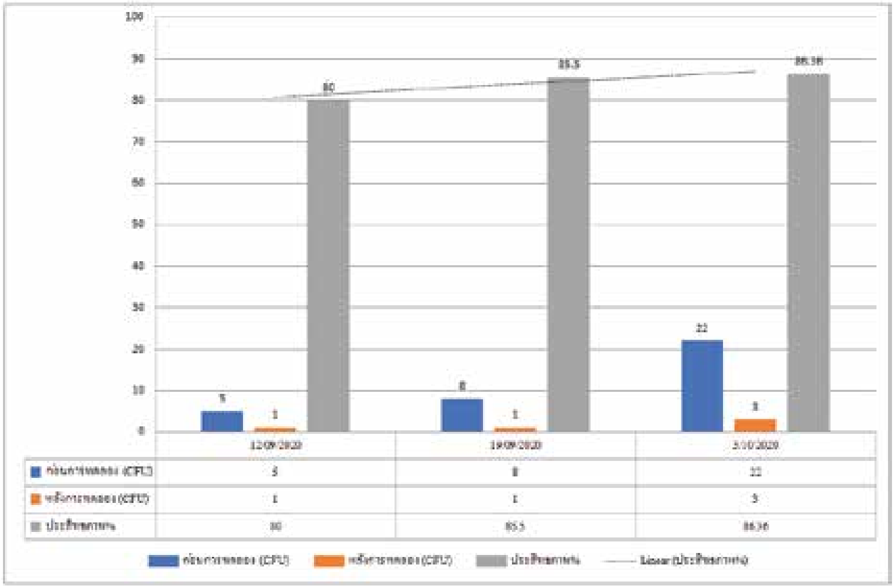
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

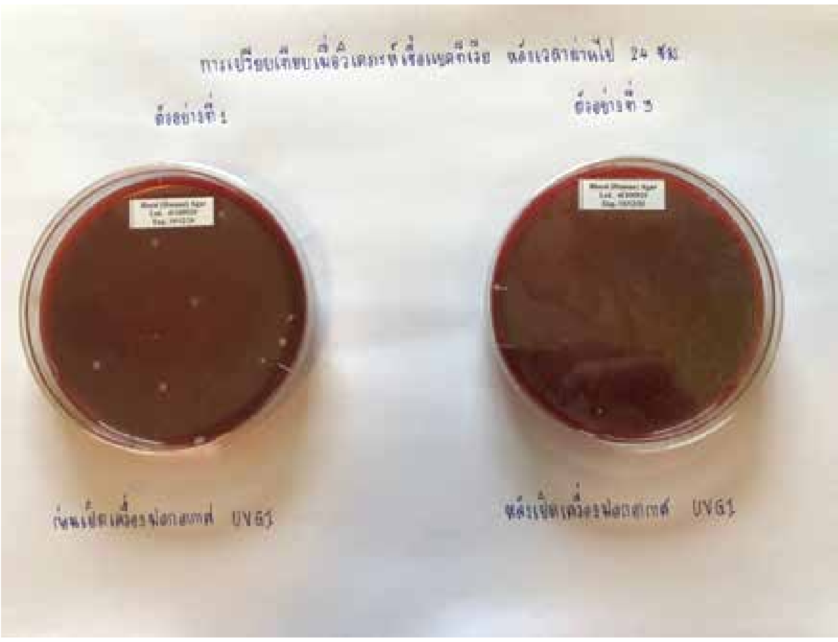
หลังจากได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องฟอกอากาศ UVGI พบว่า เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราในจานเพาะเชื้อมีจำนวนลดลง อย่างมาก

ตารางที่ 1 ผลการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วย UV-C

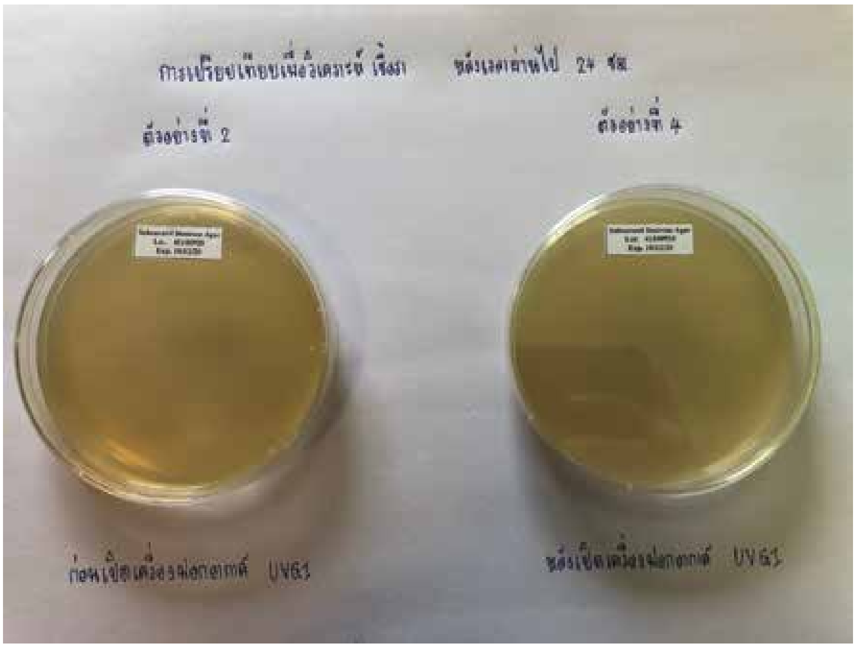


ตารางที่ 2 ผลการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อราด้วย UV-C





ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบเชื้อแบคทีเรีย หลังเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 8 การเก็บตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบเชื้อรา หลังเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ ของเครื่องฟอกอากาศ UVGI ที่ประกอบด้วย Filter ที่ใช้สำหรับกรองอนุภาค และฆ่าเชื้อด้วย UV-C โดยทั้ง 2 องค์ประกอบสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถทำลายเชื้อโรคได้ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย เชื้อไวรัส หรือเชื้อรา ประสิทธิภาพของการทำลายเชื้อนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ และเวลาการสัมผัส (Dose) การนำอากาศมาผ่าน Filter ก่อน จะช่วยกรองอนุภาคและทำให้ความเร็วลมที่ไหลผ่านลดลงทำให้เพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกันของอากาศผ่านรังสีUV-Cจึงทำให้การทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากผลการทดลองพบว่าเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อด้วย UV-C มีแนวโน้มว่าสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา ได้มากกว่าร้อยละ 80 โดยได้ทดลองเปิดเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อด้วย UV-C ทิ้งไว้ในห้องทดลองก็สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา ทำให้ห้องอยู่ในสภาวะที่ปลอดจากเชื้อโรคได้ ในสภาวะที่มีการระบาดของเชื้อโรคที่สามารถแพร่กระจายได้ในอากาศทำให้คนมีโอกาสสัมผัสกับเชื้อโรคโดยเฉพาะในห้องที่มีการระบายอากาศไม่ดีหรือในห้องที่มีคนที่มีเชื้ออยู่ในระบบทางเดินหายใจเข้ามาอาศัย ทำให้อากาศภายในห้องนั้นเกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรค และจะทำให้ผู้ที่มาใช้ห้องร่วมกันมีโอกาสได้รับเชื้อโรคเข้าไปจากการติดต่อได้ทั้งนี้สามารถนำมาเป็นเครื่องต้นแบบในการทำเครื่องฟอกอากาศและฆ่าเชื้อโรคที่มีต้นทุนต่ำสำหรับบ้านเรือนหรือนำมาประยุกต์ใช้การฆ่าเชื้อในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เช่น โรงแรม ห้องปฏิบัติการต่างๆ ในอุตสาหกรรม การทำห้องปลอดเชื้อ (Sterile) หรือโรงพยาบาลซึ่งการทดลองนี้ได้นำหลักการทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาทางด้านการแพทย์และการสาธารณสุข สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน อันเนื่องจากเกิดการระบาดของโรคที่สามารถแพร่เชื้อในอากาศได้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์และการสนับสนุนเป็นอย่างดี จากบุคคลผู้มีพระคุณดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ให้ความอนุเคราะห์พิจารณาและให้คำแนะนำ ซึ่งผู้จัดทำวิทยานิพนธ์มีความรู้สึกปลาบปลื้มและซาบซึ้งในความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] วิเศษ วริศรางกูล, 2557, สภาวะที่เหมาะสมของระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในห้องแยกโรคผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] Australian Standard AS 1807.23-1989, Cleanrooms, Workstations, and safety cabinets – Method of test, Method 23: Determination of intensity of radiation from germicidal ultraviolet lamps

[3] กษมาภรณ์ผาสุข,2553,ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[4] หทัยรัตน์ เจตนา มงคล จงสุพรรณพงศ์ ฐกฤต ปานขลิบ และปรีดา จันทวงษ์, การออกแบบและพัฒนาถังขยะฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซนระบบพลาสมาความดันสูง, วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์, The Journal of Applied Science, Vol. 15 No. 2: 1-11 [2016]

[5] ยุพรัตน์ หลิมมงคล ชุลีย์วัลย์ ธัญญศิรินนท์ รจฤดี โชติกาวินทร์ พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง, การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฟอกอากาศที่ใช้หลักการทำงานต่างกัน,KKURes.J.2012;17(2):236-244, จาก http: //www.resjournal.kku.ac.th

[6] ธวัชชัยเสถียรรัตนกุล,เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับกรองอากาศ,บทความวิชาการชุดที่17สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย

[7] สุพจน์เตชะอำนวยวิทย์,การแก้ไขปัญหาเชื้อราในระบบปรับอากาศ,บทความวิชาการชุดที่16สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย

[8] ผศ.ดรพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์,Standard plate count,จาก www.foodnetworksolution.com

การศึกษาความปลอดภัยของผู้พักอาศัยภายในอาคารใกล้ระบบไฟฟ้าขึงอากาศแรงดัน 24 kV ในพื้นที่จ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง

The Study of Safety of Building Occupants near the 24 kV Overhead Power Distribution System in MEA Area.

ธวัชชัย มีชนะ[1] ฤทธิชัย ราชแป้น[1] รุ่งเพชร ก่องนอก[2] ยุทธณา คงจีน[2] และบุญยัง ปลั่งกลาง[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาความปลอดภัยของผู้พักอาศัยภายในอาคารกับสายไฟฟ้าขึงอากาศแรงดัน24kVในพื้นที่การจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงซึ่งการศึกษาได้ทำการจำลองสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงโดยทำการจำลองสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างความปลอดภัยตั้งแต่1.20เมตรจนถึง 1.80 เมตร ซึ่งผลที่ได้พบว่าที่ระยะห่าง 1.20 เมตร จะมีค่าสนามไฟฟ้า 5,865 V/m และที่ระยะห่าง 1.80 เมตร จะมีค่าสนามไฟฟ้า 2,984 V/m ขณะที่ค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 5,000 V/m จะมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1.34เมตรซึ่งจะสอดคล้องกับมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงและจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

คำสำคัญ: ระยะห่างที่ปลอดภัย สายไฟฟ้าอากาศ สนามไฟฟ้า

บทนำ

การขยายตัวของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีประชากรเคลื่อนย้ายไปตั้งถิ่นฐานหนาแน่นขึ้น ทำให้มีการก่อสร้างสาธารณูปโภคและอาคารที่อยู่อาศัยส่งผลให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามีมากขึ้นการก่อสร้างระบบจำหน่ายต้องคำนึงถึงค่าความปลอดภัยของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเนื่องจากการสัมผัสกับสนามไฟฟ้าเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาระยะห่างของสายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 kV กับ อาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในชุมชน

ระยะปลอดภัยของผู้พักอาศัย ภายในอาคารกับระบบไฟฟ้าอากาศ

การก่อสร้างระบบไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 kV ต้องคำนึงถึงระยะห่างของสายไฟฟ้ากับผู้พักอาศัยภายในอาคาร ซึ่งองค์การอนามัยโลก (World Health Organization : WHO) ได้ร่วมกับหน่วยงาน International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ได้กำหนดระดับสูงสุดของสนามไฟฟ้าความถี่ (50Hz) [1-3] ที่ผู้พักอาศัยสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยไว้ ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 1 และการไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดระยะห่างสายไฟฟ้าอากาศกับอาคารของระเบียงของอาคารรายละเอียดตามตารางที่ 2 ซึ่งลักษณะการอาคารที่พักอาศัยกับระบบสายไฟฟ้าอาคารในสภาพปัจจุบันตามภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสนามไฟฟ้า ตามมาตรฐาน ICNIRP สำหรับระบบไฟฟ้า 50 Hz [4-5]

สถานที่	ระยะเวลา	สนามไฟฟ้า
สถานประกอบการ	ตลอดชั่วโมงการทำงาน	10 kV/m
สาธารณะ	ตลอดทั้งวัน	5 kV/m

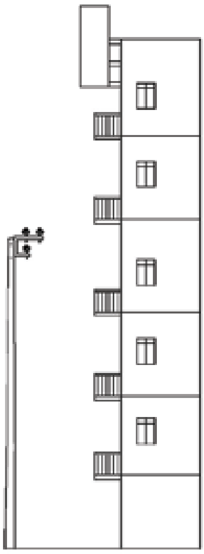
ตารางที่ 2 มาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าอากาศ การไฟฟ้านครหลวง [4]

ขนาดแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ระยะห่างจากสายไฟฟ้าในแนวนอนไม่น้อยกว่า (เมตร)
	อาคาร/ระเบียง
12,000 – 24,000	1.80

ภาพที่ 1 สายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 kV

ขั้นตอนการวิจัย

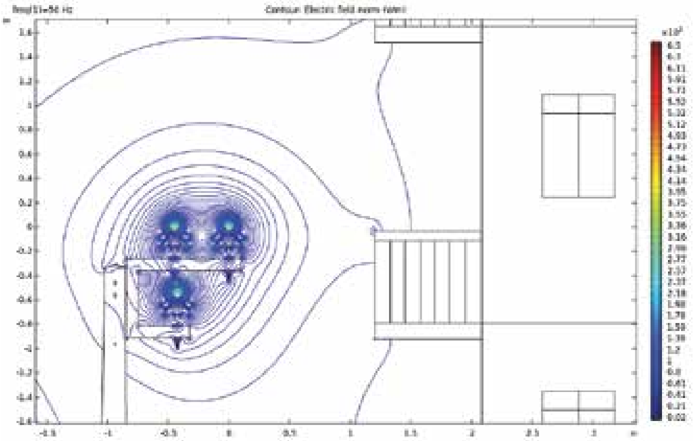
การสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาค่าสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ COMSOL MULTI PHYSICS STUDENT VERSION ต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ใกล้เคียงกับสภาวะจริงให้มากที่สุดซึ่งงานวิจัยนี้สนใจที่พิกัดแรงดัน 24 kV ที่มีระยะห่างสายไฟฟ้ากับอาคารตั้งแต่ที่ระยะ 1.20 ถึง 1.80 เมตร ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองค่าสนามไฟฟ้า

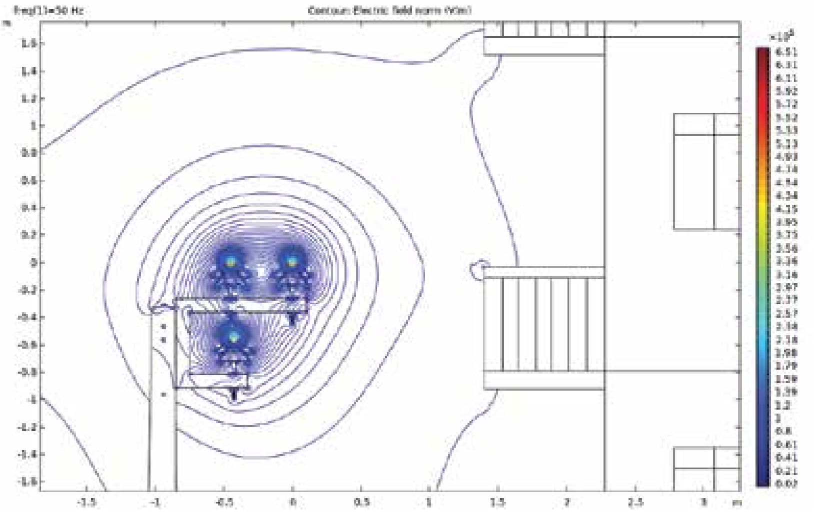
ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการจำลองสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพิจารณาระยะห่างของสายไฟฟ้าอากาศกับระเบียงของอาคาร ที่ระยะตั้งแต่ 1.20, 1.40, 1.60 และ 1.80 เมตร มีรูปแบบการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า ดังรายละเอียดตามภาพที่ 3 - 5 และสามารถสรุปค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะต่างๆ ได้ดังตารางที่ 3



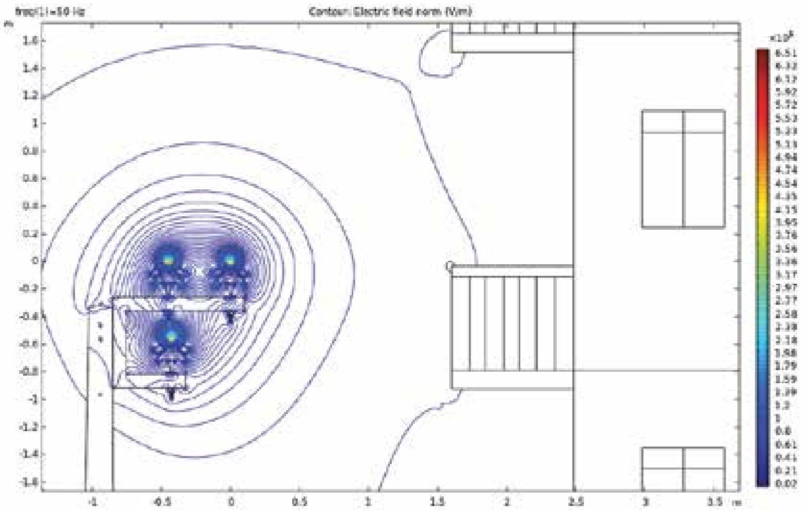
ภาพที่ 3 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากระเบียงของอาคาร 1.20 เมตร

จากภาพที่ 3 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่สายไฟฟ้าอากาศคือ 646,424 V/m และที่ระเบียงของอาคารค่าสนามไฟฟ้าคือ 5,865 V/m



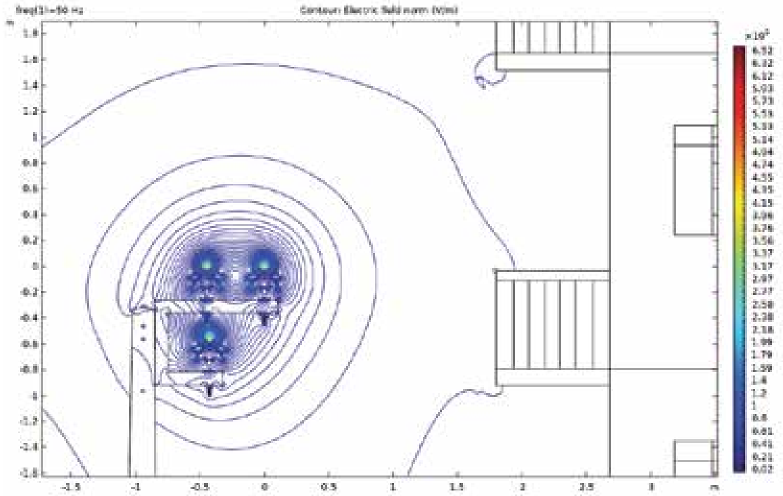
ภาพที่ 4 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากระเบียงของอาคาร 1.40 เมตร

จากภาพที่ 4 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่สายไฟฟ้าอากาศคือ 646,424 V/m และที่ระเบียงของอาคารค่าสนามไฟฟ้าคือ 4,569 V/m



ภาพที่ 5 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากระเบียงของอาคาร 1.60 เมตร

จากภาพที่ 5 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่สายไฟฟ้าอากาศคือ 646,424 V/m และที่ระเบียงของอาคารค่าสนามไฟฟ้าคือ 3,669 V/m

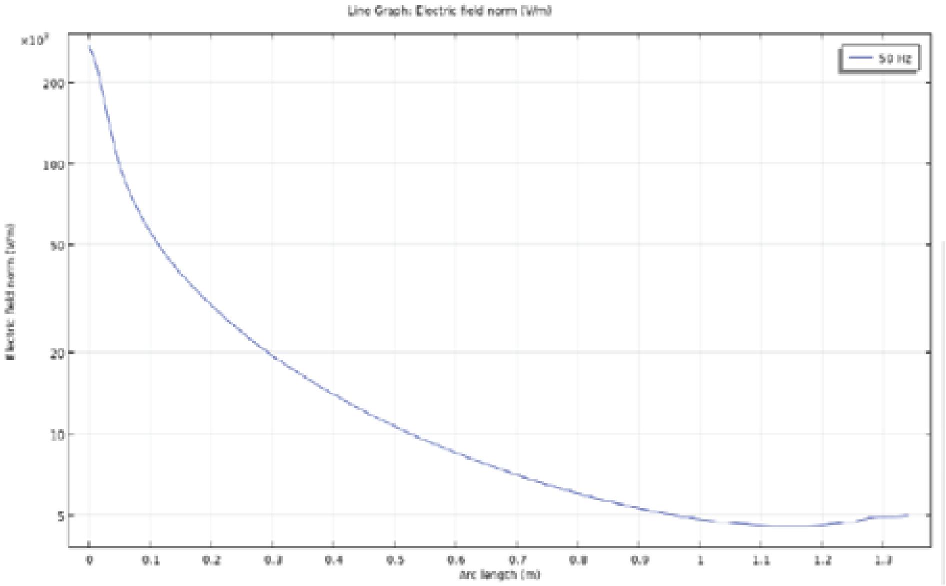


ภาพที่ 6 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากระเบียงของอาคาร 1.80 เมตร

จากภาพที่ 6 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่สายไฟฟ้าอากาศคือ 646,424 V/m และที่ระเบียงของอาคารค่าสนามไฟฟ้าคือ 2,984 V/m

ตารางที่ 3 ผลการวิจัย

ระยะห่าง (m)	1.20	1.40	1.60	1.80
ค่าสนามไฟฟ้า (V/m)	5,865	4,569	3,669	2,984



ภาพที่ 7 สนามไฟฟ้าระหว่างสายไฟฟ้าอากาศกับระเบียงของอาคาร

จากภาพที่ 7 สนามไฟฟ้าระหว่างสายไฟฟ้าอากาศกับระเบียงของอาคาร พบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่ามากที่สุดเมื่ออยู่ใกล้สายไฟฟ้าและจะลดลงเมื่อมีระยะห่างที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และพบว่าสนามไฟฟ้า 5,000 V/m จะมีระยะห่าง 1.34 เมตร

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์จำลองสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ระยะ 1.20 เมตร ถึง 1.80 เมตร พบว่าการก่อสร้างระบบไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวงนั้นควรมีระยะห่างมากกว่า1.34เมตรซึ่งจะทำให้มีค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน5,000V/mตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลกซึ่งจะสอดคล้องกับมาตรฐานระยะห่างปลอดภัยตามที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดไว้ ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้พักอาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าขึงอากาศแรงดัน 24 kV เมื่อสัมผัสค่าสนามไฟฟ้าเป็นเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

[1] ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้า. การไฟฟ้านครหลวง จัดพิมพ์โดย บริษัท วิสม่า เอเชีย จำกัด

[2] สลักจิตร นิลบวร สมคิด ลีลาชนะชัยพงษ์ และกัณตภณ มะหะหมัด การศึกษาและวิเคราะห์ความปลอดภัยจากผลกระทบของสนามไฟฟ้าโดยรอบสายส่ง. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4

[3] นายวัชรินทร์ (2554). การศึกษาสนามไฟฟ้า ณ บริเวณจุดสัมผัสระหว่างสายเคเบิลอากาศและสเปเซอร์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[4] ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูง. การไฟฟ้านครหลวง

[5] สำเริง ฮินท่าไม้. การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุม (2550)

การศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กในประเทศไทย
Study on Efficiency Improvement of a Small-scale Biomass Power Plant in Thailand

ณัฐธนา สัจจาพิทักษ์[1] จุลละพงษ์ จุลละโพธิ[1] และมานะ อมรกิจบำรุง[2]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยี การจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาจุดอ่อนในเรื่องประสิทธิภาพและหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กในประเทศไทย ซึ่งดำเนินการทำวิจัยที่โรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการวิเคราะห์การจัดการระบบเชื้อเพลิงทะลายปาล์ม ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า การเตรียมทะลายปาล์มเปล่ามี 3 ขั้นตอน เริ่มจากทะลายปาล์มถูกลำเลียงเข้าเครื่องแกว่ง เพื่อกำจัดผลปาล์มหลงเหลือ ต่อจากนั้นทะลายปาล์มได้ถูกลำเลียงเข้าเครื่องสับทะลายปาล์ม และถูกลำเลียงเข้าเครื่องบีบอัดและลดความชื้นตามลำดับ จากกระบวนการข้างต้นทำให้ได้เส้นใยทะลายปาล์มที่พร้อมไปใช้ในการเผาไหม้ จากข้อมูลการออกแบบระบุอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ที่ 20 ตันต่อชั่วโมง ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งหมดประมาณ 9.95 เมกะวัตต์ ส่วนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลอยู่ที่ 24.64 ตันต่อชั่วโมง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดประมาณ 10.76 เมกะวัตต์ จากข้อมูลการทำงานของหม้อไอน้ำ กังหันไอน้ำ พบว่า โรงไฟฟ้าใช้หม้อไอน้ำจำนวน 1 ลูก ในการผลิตไอน้ำที่อัตรา 55 ตันต่อชั่วโมง ความดันไอน้ำเฉลี่ย 41.38 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำเฉลี่ย 431.85 องศาเซลเซียส โดยอัตราการป้อนน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำที่ 68 ตันต่อชั่วโมง อุณหภูมิน้ำป้อนเฉลี่ย 99.88 องศาเซลเซียส คำนวณค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำได้เท่ากับ 59.38% ซึ่งมีค่าต่ำ ส่วนข้อมูลการทำงานของกังหันไอน้ำมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 10.76 เมกะวัตต์ กังหันไอน้ำขาเข้ามีความดันไอน้ำเฉลี่ย 40.76 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำเฉลี่ย 433.64 องศาเซลเซียส ขาออกมีความดันไอน้ำเฉลี่ย 0.12 บาร์ และอุณหภูมิเฉลี่ย 49.67 องศาเซลเซียส คำนวณค่าประสิทธิภาพกังหัน ไอน้ำได้เท่ากับ 64.93% และคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าได้เท่ากับ 14.57% เป็นค่าที่ ค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้จึงหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น โดยพยายามลดการสูญเสียพลังงาน ของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงได้ดังนี้ การลดอุณหภูมิไอเสีย การลด ปริมาณอากาศส่วนเกิน การลดปริมาณการโบล์วดาวน์ การลดและควบคุมความชื้นเชื้อเพลิง การควบคุม ดูแลผิวถ่ายเทความร้อนให้สะอาด และการปรับปรุงซ่อมแซมอุปกรณ์มาตรวัดค่าต่างๆ ตามเครื่องจักร หากสามารถทำการปรับปรุงตามแนวทางที่กล่าวมาข้างต้นได้ จะส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพของหม้อไอ น้ำ และโดยรวมของโรงไฟฟ้า เพิ่มขึ้นเป็น 73.93% และ 18.14% ตามลำดับ

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าชีวมวล หม้อไอน้ำ ชีวมวล การเผาไหม้

บทนำ

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (AEDP2015) กำหนดให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศที่ 20% ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิ [1] โดยกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลจำนวน 5,570 เมกะวัตต์ เนื่องจากประเทศมีผลผลิตจากการทำเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากจึงเป็นเหตุผลที่ทางภาครัฐส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นในเรื่องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลโดยกำหนดวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมีขนาดการผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ในประเทศไทย จากงานวิทยานิพนธ์ [2] พบว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 1 เมกะวัตต์ มีประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าต่ำกว่า 14% และโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 5-10 เมกะวัตต์ ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าเท่ากับ 14-18% ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าที่มีการออกแบบที่ดีเช่นโรงไฟฟ้าชีวมวลของประเทศในทวีปตะวันตกที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 20-40% [2] ต้นเหตุความแตกต่างในค่าประสิทธิภาพประการหนึ่งอาจมาจากขนาดที่แตกต่างกัน นอกเหนือจากปัจจัยอื่น ซึ่งประกอบด้วย เทคโนโลยี เครื่องจักร อุปกรณ์ เชื้อเพลิง ผู้ควบคุมดำเนินงานและซ่อมบำรุงเป็นต้นการศึกษาพัฒนาประสิทธิภาพให้สูงขึ้นจำเป็นต้องลดหรือหาทางปรับปรุงแก้ไขจุดอ่อนเหล่านี้ให้ดีขึ้น ถ้าหากกระทำได้ก็จะทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น และลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ และได้เลือกโรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่เปิดดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2547 จนถึงปัจจุบัน และเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กที่ดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นระยะเวลาประมาณ 15 ปี โรงไฟฟ้ามีสภาพค่อนข้างทรุดโทรม จึงทำให้โรงไฟฟ้าแห่งนี้เหมาะสำหรับการตรวจสอบสมรรถนะและแนวทางการปรับปรุง

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของโรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ จำกัด ตั้งอยู่ที่ถนนเอเชีย ตำบลท่าสะท้อน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อศึกษาทำความเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และค่าประสิทธิภาพจากข้อมูลในการเดินเครื่องเพื่อตรวจดูความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์โรงไฟฟ้าข้างต้น โดยมุ่งเน้น 3 ระบบ คือ ระบบเชื้อเพลิง ระบบหม้อไอน้ำ และระบบกังหันไอน้ำ

1.การศึกษาข้อมูลรายละเอียดของโรงไฟฟ้า

1.1 การศึกษาข้อมูลการจัดการของระบบเชื้อเพลิง เพื่อทราบถึงขั้นตอนกระบวนการจัดการเชื้อเพลิง คุณภาพของเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

1.2 การศึกษาข้อมูลการทำงานของระบบหม้อไอน้ำ เพื่อทราบถึงระบบการทำงานของหม้อไอน้ำ ข้อมูลจำเพาะตามสเปคของหม้อไอน้ำ ข้อมูลการทำงานจริงของหม้อไอน้ำ ปริมาณอัตราน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ปริมาณอัตราไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

1.3 การศึกษาข้อมูลการทำงานของระบบกังหันไอน้ำ เพื่อทราบถึงระบบการทำงานของกังหันไอน้ำ ข้อมูลจำเพาะตามสเปคของกังหันไอน้ำ ข้อมูลการทำงานจริง และประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการศึกษา

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับข้องระบบเชื้อเพลิงจะวิเคราะห์กระบวนการการจัดการและคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยการพิจารณากระบวนการต่างๆ ในการจัดการเชื้อเพลิงว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การจัดหาการเตรียมเชื้อเพลิงเพื่อให้อยู่ในรูปแบบและสถานที่เหมาะสม การตรวจวัดปริมาณที่ส่งเข้าเตา รวมทั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับการดำเนินงานในแต่ละส่วนว่า มีความเหมาะสมมากน้อยอย่างไร และโอกาสในการปรับปรุง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบหม้อไอน้ำจะวิเคราะห์หลักการการทำงานและประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ ขั้นตอนการผลิตไอน้ำ เครื่องจักรอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำและค่าต่างๆของหม้อไอน้ำขณะเดินเครื่องทำงานที่นำไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.2.1 การคำนวณประสิทธิภาพโดยตรงของหม้อไอน้ำ คือ การเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างความร้อนที่น้ำได้จากหม้อไอน้ำในการกลายเป็นไอกับความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ให้กับหม้อไอน้ำ[3]โดยมีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ } (\eta_B) = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{\dot{m}_s \times (h_s - h_{fw})}{\dot{m}_f \times HHV} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ Q_{out} คือพลังงานความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ (kJ), Q_{in} คือพลังงานความร้อนที่ให้กับหม้อไอน้ำ (kJ), $\dot{m}_s$ คืออัตราการไหลไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำ (t/h), $\dot{m}_f$ คืออัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าหม้อไอน้ำ (t/h), h_s คือเอนทัลปีของไอน้ำที่ออกจากหม้อไอน้ำ (kJ/kg), h_{fw} คือเอนทัลปีของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (kJ/kg), HHV คือค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

2.2.2 การคำนวณประสิทธิภาพทางอ้อมของหม้อไอน้ำเป็นการประเมินค่าความร้อนสูญเสียต่างๆ ของหม้อไอน้ำใช้หลักการสมดุลพลังงานตามวิธีการของSorensen[4]ในการคำนวณโดยกำหนดขอบเขตหม้อไอน้ำให้เป็นปริมาตรควบคุมพลังงานที่เข้าระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบที่ถูกกำหนดขอบเขตไว้ โดยมีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ } (\eta_B) = 100 - \%\ \text{ความร้อนที่สูญเสียทั้งหมด} \qquad (2)$$

ซึ่งความร้อนสูญเสียต่างๆ ของหม้อไอน้ำ [5] มีดังนี้

1) ความร้อนสูญเสียจากก๊าซไอเสียแห้ง (e_1) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_1 = m_{dg} \times Cp_{dg} \times (T_g - T_a) \qquad (3)$$

เมื่อ m_{dg} คือมวลไอเสียแห้ง (kg/kg_{fuel}), Cp_{dg} คือค่าความร้อนจำเพาะของไอเสียแห้ง (kJ/kg-K), T_g คืออุณหภูมิไอเสีย (°C), T_a คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)

2) ความร้อนสูญเสียจากการทำให้ความชื้นในเชื้อเพลิงกลายเป็นไอน้ำ (e_2) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_2 = m_W \times (h_v - h_f) \qquad (4)$$

เมื่อ m_W คือมวลความชื้นในเชื้อเพลิง (kg/kg_{fuel}), h_v คือ เอนทัลปีของไอดงในไอเสียที่อุณหภูมิไอเสีย และความดันย่อยไอน้ำในไอเสีย (kJ/kg), h_f คือเอนทัลปีของน้ำในเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิเชื้อเพลิงทางเข้าระบบ (kJ/kg)

3) ความร้อนสูญเสียจากการทำให้น้ำจากปฏิกิริยาการเผา H_2 กลายเป็นไอน้ำ (e_3) มีสมการการ ค ำ น ว ณ ดังนี้

$$e_3 = 9 \times m_H \times (h_v - h_f) \qquad (5)$$

เมื่อ m_H คือมวลไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง (kg/kg_{fuel}), h_v คือเอนทัลปีของไอดงในไอเสียที่อุณหภูมิไอเสียทางออกและความดันย่อยไอน้ำในไอเสีย (kJ/kg), h_f คือเอนทัลปีของน้ำในเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิเชื้อเพลิงทางเข้าระบบ (kJ/kg)

4) ความร้อนสูญเสียจากการทำให้ความชื้นในอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น (e_4) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_4 = m_a \times w \times Cp_W \times (T_g - T_a) \qquad (6)$$

เมื่อ m_a คือมวลอากาศที่เข้าเผาไหม้ (kg/kg_{fuel}), w คือค่าความชื้นจำเพาะอากาศ ($kg/kg_{dry\,air}$), Cp_W คือค่าความร้อนจำเพาะของไอน้ำในอากาศ (kJ/kg-K), T_g คืออุณหภูมิไอเสียที่ทางออกหม้อไอน้ำ (°C), T_a คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)

5) ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้คาร์บอนไม่หมด (e_5) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_5 = 32{,}750 \times m_{ub} \tag{7}$$

เมื่อ m_{ub} คือมวลคาร์บอนในเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (kg/ kg_{fuel})

6) ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (e_6) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_6 = \frac{CO}{CO + CO_2} \times m_{cb} \times 23{,}560 \tag{8}$$

เมื่อ m_{cb} คือมวลคาร์บอนที่เผาไหม้ (kg/kg_{fuel}), CO คือเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียแห้ง (%), CO_2 คือเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ในไอเสียแห้ง (%)

7) ความร้อนสูญเสียจากการโบล์วดาวน์ (e_7) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$e_7 = m_{bd} \times (h_{bd} - h_{fw}) \tag{9}$$

เมื่อ m_{bd} คืออัตราการโบล์วดาวน์ (kg/s), h_{bd} คือเอนทัลปีของน้ำโบล์วดาวน์ซึ่งเป็นน้ำอิ่มตัวที่ความดันในหม้อไอน้ำ (kJ/kg), h_{fw} คือเอนทัลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิน้ำป้อน (kJ/kg)

8) ความร้อนสูญเสียจากการพาและการแผ่รังสีจากผิวผนังหม้อไอน้ำ (e_8) มีสมการการคำนวณ ดังนี้

การสูญเสียความร้อนจากการพาและการแผ่รังสีจากผิวผนังหม้อไอน้ำ เป็นค่าความร้อนสูญเสียที่คำนวณได้ยาก มีความซับซ้อน และตรวจวัดได้ละเอียดยาก จึงคำนวณหาได้จากสมการดุลพลังงาน ดังนี้

$$Q_{in} = Q_{out} + Q_{losses} \tag{10}$$

เมื่อ Q_{in} คือค่าความร้อนที่ให้กับหม้อไอน้ำ (kW), Q_{out} คือค่าความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ (kW), Q_{losses} คือค่าความร้อนสูญเสียทั้งหมด ($e_1+e_2+e_3+e_4+e_5+e_6+e_7+e_8$) (kW)

2.3 ค่าประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำขณะเดินเครื่องทำงานหาได้จากสมการ [6] ดังต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ } (\eta_T) = \frac{W_a}{W_s} = \frac{h_{in} - h_{out}}{h_{in} - h_{out'}} \times 100 \tag{11}$$

เมื่อ W_a คืองานที่ได้จากกังหันไอน้ำตามจริง (kJ), W_s คืองานที่ได้จากกังหันไอน้ำกรณีไอเซนโทรปิก (kJ), h_{in} คือเอนทัลปีของไอน้ำขาเข้ากังหันไอน้ำ (kJ/kg), h_{out} คือเอนทัลปีของไอน้ำขาออกกังหันไอน้ำตามจริง (kJ/kg), $h_{out'}$ คือเอนทัลปีของไอน้ำขาออกกังหันไอน้ำกรณีไอเซนโทรปิก (kJ/kg)

2.4 การประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าได้จากสมการการคานวณ [6] ดังต่อไปนี้

$$\eta_{Overall} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้}}{\text{ปริมาณความร้อนที่ให้กับระบบ}} \times 100 \tag{12}$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ระบบเชื้อเพลิง

จากการศึกษาระบบเชื้อเพลิงพบว่า โรงไฟฟ้ามีการจัดเตรียมทะลายปาล์มเปล่า 3 ขั้นตอน เริ่มจากทะลายปาล์มถูกลำเลียงเข้าเครื่องแกว่ง เพื่อแยกเศษหิน เศษดิน และเม็ดปาล์มที่หลงเหลือในทะลายปาล์มออกต่อมาทะลายปาล์มที่ได้ถูกลำเลียงเข้าเครื่องสับทะลายปาล์มเพื่อสับทะลายปาล์มให้เป็นเส้นใยเส้นใยทะลายปาล์มได้ถูกลำเลียงเข้าเครื่องบีบอัดและลดความชื้นเส้นใยทะลายปาล์ม จากกระบวนการข้างต้นทำให้ได้เส้นใยทะลายปาล์มที่พร้อมไปใช้ในการเผาไหม้จากข้อมูลการออกแบบระบุอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ที่ 20 ตันต่อชั่วโมง ถูกนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมดประมาณ 9.95 เมกะวัตต์ ส่วนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 24.64 ตันต่อชั่วโมง ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งหมด

ประมาณ 10.76 เมกะวัตต์ และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้จากข้อมูลของโรงไฟฟ้าที่ทำการวิเคราะห์ในห้องแล็บ ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้ตรวจวัดในช่วงเวลาหนึ่ง 3 ตัวอย่าง นำมาหาค่าเฉลี่ย ได้ค่าความร้อนสูงเท่ากับ 10,790 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเชื้อเพลิง ค่าความชื้นเท่ากับ 31.16% จากการสำรวจพบว่าในบางช่วงเวลาที่มีปริมาณเชื้อเพลิงจำนวนมากจะกองเชื้อเพลิงไว้ที่ลานกว้างไม่มีหลังคา ซึ่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีฝนตกบ่อยครั้งในหนึ่งปีทำให้ความชื้นของเชื้อเพลิงสูงจึงต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้นในการผลิตไอน้ำ ซึ่งการปรับปรุงอาจจะทำได้โดยก่อสร้างหรือต่อเติมอาคารเก็บเชื้อเพลิง จัดการการป้อนเชื้อเพลิงแบบมาก่อนใช้ก่อน (First In First Out)

2. ระบบหม้อไอน้ำ

จากการศึกษาระบบหม้อไอน้ำพบว่า โรงไฟฟ้าใช้หม้อไอน้ำจำนวน 1 ลูก ในการผลิตไอน้ำ โดยข้อมูลจำเพาะตามสเปคของหม้อไอน้ำมีอัตราการผลิตไอน้ำที่ 55 ตันต่อชั่วโมง ความดันไอน้ำ 43 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำ 420 องศาเซลเซียส และจากการเก็บข้อมูลการทำงานของหม้อไอน้ำ มีอัตราการผลิตไอน้ำที่ 55 ตันต่อชั่วโมง ความดันไอน้ำเฉลี่ย 41.38 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำเฉลี่ย 431.85 องศาเซลเซียส โดยอัตราการป้อนน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำที่ 68 ตันต่อชั่วโมง อุณหภูมิน้ำป้อนเฉลี่ย 99.88 องศาเซลเซียส เมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำตามสมการ (1) ได้เท่ากับ 59.38% และคำนวณค่าความร้อนสูญเสียต่างๆ ตามสมการที่ (3) ถึง (10) จะได้ค่าความร้อนสูญเสียทั้งหมดประมาณ 30,001.58 กิโลวัตต์ จึงหาแนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำได้แก่การลดอุณหภูมิไอเสีย การลดปริมาณอากาศส่วนเกิน และการลดปริมาณการโบล์วดาวน์ เป็นต้น จากแนวทางข้างต้นจะสามารถลดความร้อนสูญเสียลงได้ประมาณเท่ากับ 10,863.59 กิโลวัตต์ ทำให้อัตราการป้อนเชื้อเพลิงลดลงเหลือประมาณเท่ากับ 19.79 ตันต่อชั่วโมง จากเดิมมีอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ที่ 24.64 ตันต่อชั่วโมง และเมื่อคิดคำนวณค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้เท่ากับ 73.93% และค่าความร้อนสูญเสียต่างๆ หลังจากได้ทำการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังตาราง ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนสูญเสียต่างๆ ของหม้อไอน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

ความร้อนที่เข้าสู่หม้อไอน้ำ	ก่อน (kW)	หลัง (kW)	ก่อน (%)	หลัง (%)
ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้	73,851.56	59,315.03	100	100
ความร้อนที่ออกจากหม้อไอน้ำ				
ความร้อนสูญเสียจากก๊าซไอเสียแห้ง	9,428.62	1,722.61	12.77	2.90
ความร้อนสูญเสียจากการทำให้ความชื้นในเชื้อเพลิงกลายเป็นไอน้ำ	5,700.83	4,495.79	7.72	7.58
ความร้อนสูญเสียจากการทำให้น้ำจากปฏิกิริยาการเผา H_2 กลายเป็นไอน้ำ	7,216.15	5,690.80	9.77	9.59
ความร้อนสูญเสียจากการทำให้ความชื้นในอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น	350.57	126.13	0.47	0.21
ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้คาร์บอนไม่หมด	2,274.31	1,800.34	3.04	3.04
ความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	5.12	4.11	0.01	0.01
ความร้อนสูญเสียจากการโบล์วดาวน์	2,583.70	429.42	3.50	0.72
ความร้อนสูญเสียจากการพาและการแผ่รังสีความร้อนจากผิวผนังหม้อไอน้ำ	2,475.03	1,186.30	3.35	2.00
ความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ	43,849.97	43,849.97	59.38	73.93
รวม	73,851.56	59,305.48	100	99.98

3. ระบบกังหันไอน้ำ

จากการได้ศึกษาระบบหม้อไอน้ำพบว่าโรงไฟฟ้าใช้กังหันไอน้ำจำนวน 1 ตัวในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยข้อมูลจำเพาะตามสเปคของกังหันไอน้ำ ไอน้ำขาเข้าที่ความดันไอน้ำ 40 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำ 415 องศาเซลเซียส มีไอน้ำบางส่วนระบายออกที่ความดันไอน้ำ 6 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำ 227 องศาเซลเซียส และไอน้ำขาออกที่ความดัน0.098บาร์และอุณหภูมิ45.44องศาเซลเซียสแต่จากการเก็บข้อมูลการทำงานของกังหันไอน้ำมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 10.76 เมกะวัตต์ กังหันไอน้ำขาเข้ามีความดันไอน้ำเฉลี่ย 40.76 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำเฉลี่ย 433.64 องศาเซลเซียส ไอน้ำที่ระบายออกมีความดันไอน้ำเฉลี่ย 6.39 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำ 252.19 องศาเซลเซียส ส่วนไอน้ำขาออกมีความดันเฉลี่ย 0.12 บาร์ และอุณหภูมิเฉลี่ย 49.67 องศาเซลเซียส การคำนวณค่าประสิทธิภาพกังหันไอน้ำจะทำการคำนวณเป็น 2 ช่วง ช่วงแรก คือ ช่วงขาเข้าจนปล่อยระบายออก ช่วงที่สอง คือ ช่วงระบายออกจนปล่อยขาออกกังหันไอน้ำ ซึ่งคำนวณค่าประสิทธิภาพช่วงแรกและช่วงที่สองได้เท่ากับ 74.73% และ 55.12% ตามลำดับ เมื่อเฉลี่ยค่าประสิทธิภาพที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 64.93%

4. ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า

การประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าทำได้โดยการคำนวณตามสมการที่ (12) ซึ่งค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 10.76 เมกะวัตต์ ส่วนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ที่ 24.64 ตันต่อชั่วโมง และค่าความร้อนเท่ากับ 10,790 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อคิดคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าจะได้เท่ากับ 14.57% เป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ

$$\eta_{Overall} = \frac{10.76\ MW \times 3,600}{24.64\ t/h \times 10,790\ kJ/kg} \times 100$$

$$\eta_{Overall} = 14.57\%$$

ซึ่งมีแนวทางการเบื้องต้นในการปรับปรุงดังนี้ การลดอุณหภูมิไอเสีย การลดปริมาณอากาศส่วนเกินการลดปริมาณการโบล์วดาวน์การลดและควบคุมความชื้นเชื้อเพลิงการควบคุมดูแลผิวถ่ายเทความร้อนให้สะอาดและการปรับปรุงซ่อมแซมอุปกรณ์มาตรวัดค่าต่างๆตามเครื่องจักรจากแนวทางข้างต้นที่กล่าวมา จะส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 18.14%

$$\eta_{Overall} = \frac{10.76\ MW \times 3,600}{19.79\ t/h \times 10,790\ kJ/kg} \times 100$$

$$\eta_{Overall} = 18.14\%$$

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการทำงานของโรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ จำกัด ที่จัดตั้งอยู่ที่ถนนเอเชียตำบลท่าสะท้อนอำเภอพุนพินจังหวัดสุราษฎร์ธานีเพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพและหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า พบว่า โรงไฟฟ้าแห่งนี้ใช้ทะลายปาล์มเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีกระบวนการการจัดการเตรียมทะลายปาล์มเปล่า 3 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้ 1.กระบวนการแกว่งเอาสิ่งสกปรกออกจากทะลายปาล์ม 2.กระบวนการสับทะลายปาล์มเป็นชิ้นเล็กๆ 3.กระบวนการบีบอัดและลดความชื้นเส้นใยทะลายปาล์ม ซึ่งทำให้ได้เส้นใยทะลายปาล์มพร้อมที่จะนำไปใช้ในการเผาไหม้ และจากการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลของโรงไฟฟ้า

สามารถประเมินค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ กังหันไอน้ำ และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าได้เท่ากับ 59.38% 64.93% และ 14.57% ตามลำดับ ซึ่งค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและโรงไฟฟ้ามีค่าที่ต่ำ อาจมีสาเหตุมาจากการตรวจวัดปริมาณเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาเผาเกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากทางโรงไฟฟ้าไม่มีเครื่องมืออุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจึงทำการตรวจสอบจากการชั่งน้ำหนักรถตักเปรียบเทียบกับรถตักที่มีเชื้อเพลิงจำนวน 5 ครั้งเพื่อทำให้ทราบถึงน้ำหนักของเชื้อเพลิง 1 ตักจากนั้นทำการนับตักเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นจำนวนตักต่อชั่วโมง ซึ่งการนับจำนวนตักเป็นวิธีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาแผนสำรองและเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบการป้อนเชื้อเพลิงแผนหลักของโรงไฟฟ้าจึงทำการนับตักเพียง 2 ชั่วโมง เมื่อทราบถึงน้ำหนักของเชื้อเพลิงและจำนวนตักต่อชั่วโมงทำให้สามารถคิดเป็นอัตราการป้อนเชื้อเพลิงต่อชั่วโมงได้ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบหาอัตราการป้อนเชื้อเพลิง จากการชั่งหาน้ำหนักเชื้อเพลิงจำนวนน้อยครั้ง การนับจำนวนตักที่คลาดเคลื่อน และการนับจำนวนตักในช่วงระยะเวลาอันสั้น สำหรับแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น ได้ให้ความสำคัญกับการลดการสูญเสียพลังงานของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงได้ดังนี้การลดอุณหภูมิไอเสียการลดปริมาณอากาศส่วนเกินการลดปริมาณการโบล์วดาวน์การลดและควบคุมความชื้นเชื้อเพลิงการควบคุมดูแลผิวถ่ายเทความร้อนให้สะอาดและการปรับปรุงซ่อมแซมอุปกรณ์มาตรวัดค่าต่างๆตามเครื่องจักรหากสามารถทำการปรับปรุงตามแนวทางที่กล่าวมาข้างต้นได้จะส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจากเดิม 59.38% เพิ่มขึ้น 14.55% คิดเป็น 73.93% และค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าจากเดิม 14.57% เพิ่มขึ้น 3.57% คิดเป็น 18.14% และทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ประมาณ 4 ตันต่อชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเงินได้เท่ากับ 1,671,408 บาทต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ จำกัด ที่ได้ให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการศึกษาโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ประกอบการดำเนินงานวิจัยนี้อย่างต่อเนื่องจนงานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2560, จาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/aedp
[2] สุขวัฒก์ ธันธรา. (2556). การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากมวลชีวภาพในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
[3] ฐานิตย์ เมธิยานนท์. (2559). ทฤษฎีและเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งและชีวมวล. กรุงเทพฯ : หจก. มีนเซอร์วิส ซัพพลาย
[4] Sorensen, H.A. (1983). Energy Conversion Systems. UK : Pergamon Press Ltd.
[5] จุลละพงษ์ จุลละโพธิ. (2541). วิศวกรรมพลังไอน้ำ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
[6] สมชัย อัครทิวา และขวัญจิต วงษ์ชารี. (2554). เทอร์โมไดนามิกส์. กรุงเทพฯ : แมคกรอฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์ แอลแอลซี.

การก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริม เพื่อรองรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า
Construction of Duct Bank by Pipe Jacking with Intermediate Jack for Distribution Power Systems

ธวัชชัย มีชนะ[1] ฤทธิชัย ราชแป้น[1] นิรุตติ นิลแก้ว[1] รุ่งเพชร ก่องนอก[2]
ยุทธณา คงจีน[2] และบุญยัง ปลั่งกลาง[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาออกแบบสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริม สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งชุดแม่แรงเสริมต้นแบบจะนำมาใช้สำหรับเพื่อเพิ่มระยะทางระหว่างบ่อพักของท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าโดยการลดจุดต่อสาย (Splicing Kit) และลดปริมาณบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าก่อสร้างโดยทำการศึกษาและออกแบบพร้อมสร้างชุดแม่แรงเสริมต้นแบบและนำมาใช้งานจริงในโครงการสำหรับงานก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง ร่วมกับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า สายสีชมพู ช่วงแคราย – มีนบุรี ผลจากการติดตั้งและนำไปใช้งานจริงพบว่าที่ระยะ 108 ม. จะช่วยลดแรงจาก 214.90 Ton คงเหลือ 27.02 Ton ซึ่งจะทำให้ FS เพิ่มขึ้นเป็น 10.05 และ 1.31 ที่ระยะ 200 ม. ซึ่งมีค่า FS ไม่น้อยกว่า 1.20 ส่งผลให้สามารถเพิ่มระยะทางการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) ได้

คำสำคัญ: ท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน การดันท่อลอด ชุดแม่แรงเสริม

บทนำ

การเจริญเติบโตของชุมชนเมือง ทั้งในกรุงเทพฯและเมืองใหญ่ๆ ของประเทศไทยมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้หน่วยงานสาธารณูปโภคต้องมีขยายโครงข่ายการบริการประชาชน ทั้งระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบการสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งจะดำเนินการก่อสร้างระบบสาธาณูปโภคใต้ดินจะต้องลดผลกระทบการด้านการจราจรและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการก่อสร้างต้องใช้เทคนิคการก่อสร้าง ด้วยวิธีดันท่อลอด (Pipe Jacking) ซึ่งเป็นการก่อสร้างอุโมงค์ขนาดเล็ก ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 – 2.0 ม.ซึ่งในระยะแรกจะดันท่อได้ไกลไม่เกิน200ม.ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการติดตั้งแม่แรงเสริม(Intermediate Jacks) เป็นระยะๆ และมีระบบหล่อลื่นโดยใช้น้ำเบนโทไนต์ หรือ สารโพลิเมอร์ เพื่อลดแรงเสียดทานที่ผิวท่อ (Skin Friction) และแรงต้าน (End Bearing) ที่ปลายหัวเจาะ

การก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking)

การก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินด้วยวิธีดันท่อลอด (Pipe Jacking) [1-5] เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่นำมาใช้งานกับงานก่อสร้างของการไฟฟ้านครหลวงลักษณะการก่อสร้างจะอยู่ใต้ผิวจราจรซึ่งจะทำการดันท่อเชื่อมเข้าหากันระหว่างบ่อพักความยาวโดยประมาณ 150–200 ม. ซึ่งหากต้องการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าใต้ดินด้วยการลดชุดต่อสายไฟฟ้าใต้ดิน (Splicing Kit) และลดบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดิน มีความจำเป็นในการเพิ่มระยะทางระหว่างบ่อพักด้วยการนำชุดแม่แรงเสริมมาใช้งานการก่อสร้างโดยทั่วไป ความลึกของท่อร้อยสายใต้ดิน แบบดันท่อลอด จากผิวจราจรถึงระดับหลังท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน ประมาณ 4.00 – 12.00 ม. ซึ่งความลึกขึ้นอยู่กับการหลบหลีกสิ่งกีดขวางซึ่งเป็นสาธารณูปโภคเดิมของหน่วยอื่นๆ ซึ่งท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินดังกล่าวจะรองรับทั้งสายป้อน 24 kV และสายส่ง 69/115 kV ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงได้ตามภาพที่ 1 – 4

ภาพที่ 1 การก่อสร้างบ่อพักสายไฟฟ้า

การก่อสร้างบ่อพักสายไฟฟ้าดังแสดงตามภาพที่ 1 เพื่อวัตถุประสงค์ประกอบด้วยเพื่อรองรับการดันท่อลอด และเพื่อรองรับการต่อสายไฟฟ้า เนื่องจากสายไฟฟ้าใต้ดินจะข้อจำกัดทางด้านความยาวเนื่องจากการผลิตและการขนส่ง

ภาพที่ 2 หัวเจาะและการทำงานดันท่อลอด

การดันท่อลอด (Pipe Jacking) ดังแสดงตามภาพที่ 2 จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบของหัวเจาะ ประกอบด้วย ชุดแท่นรองรับหัวเจาะ ชุดแม่แรงหลัก ระบบน้ำและปั๊มสำหรับการลำเลียงดิน ระบบไฟฟ้า เป็นต้นหลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบแล้วเสร็จก็จะทำการติดตั้งหัวเจาะพร้อมเริ่มต้นการทำการและดันท่อคอนกรีตเข้าแทนที่ในลำดับถัดไป

ภาพที่ 3 การติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้า

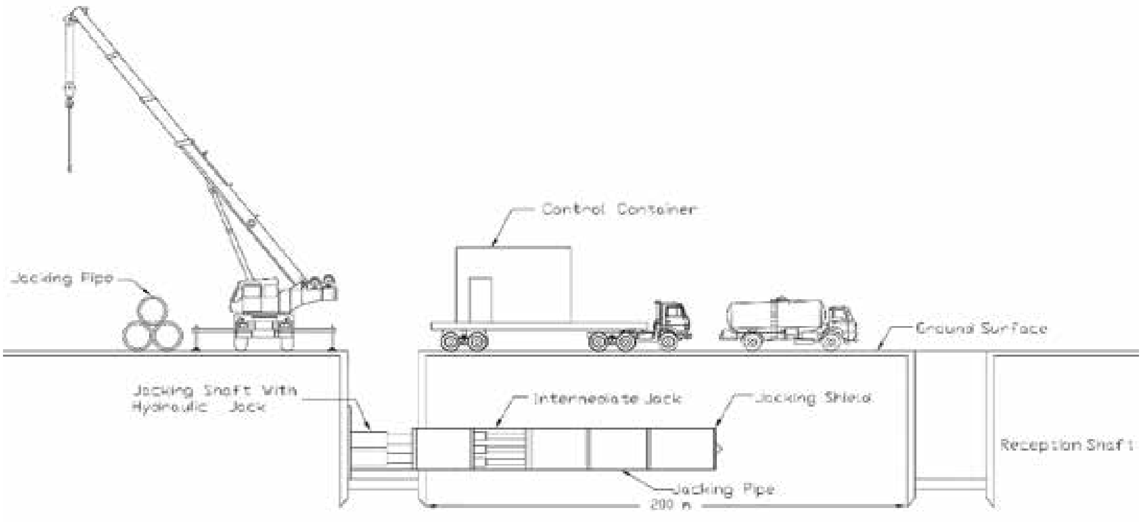
การติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้า ดังแสดงตามภาพที่ 3 ซึ่งจะทำการติดหวีรองรับท่อ RTRC ติดตั้งท่อ RTRC พร้อมเทมอร์ต้าคอนกรีตอุดช่องว่างระหว่างท่อ RTRC ซึ่งหลังดำเนินการตามขั้นตอนนี้แล้วเสร็จก็จะได้ท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินที่พร้อมใช้งาน

ภาพที่ 4 การติดตั้งชุดต่อสายไฟฟ้าใต้ดินภายในบ่อพัก

การติดตั้งสายไฟฟ้าใต้ดินภายในบ่อพัก ดังแสดงตามภาพที่ 4 เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินและความยาวของสายไฟฟ้าเนื่องจากการผลิตรวมถึงทางด้านการขนส่ง ดังนั้นต้องทำการต่อสายด้วยชุดต่อสายไฟฟ้าใต้ดิน (Splicing Kit)

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการศึกษาการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินด้วย แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) โดยใช้ชุดแม่แรงเสริม (Intermediate Jack) เพื่อก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินให้มีระยะทางมากขึ้นเพื่อลดชุดต่อสายไฟฟ้าใต้ดิน (Splicing Kit) ซึ่งเป็นจุดอ่อนต่ออายุการใช้งานของสายไฟฟ้าใต้ดิน และเพื่อลดบ่อพักที่ต้องใช้ในการต่อสายดังกล่าวซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้าง ซึ่งมี Schematic Diagram ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Schematic Diagram ของงานดันท่อลอด

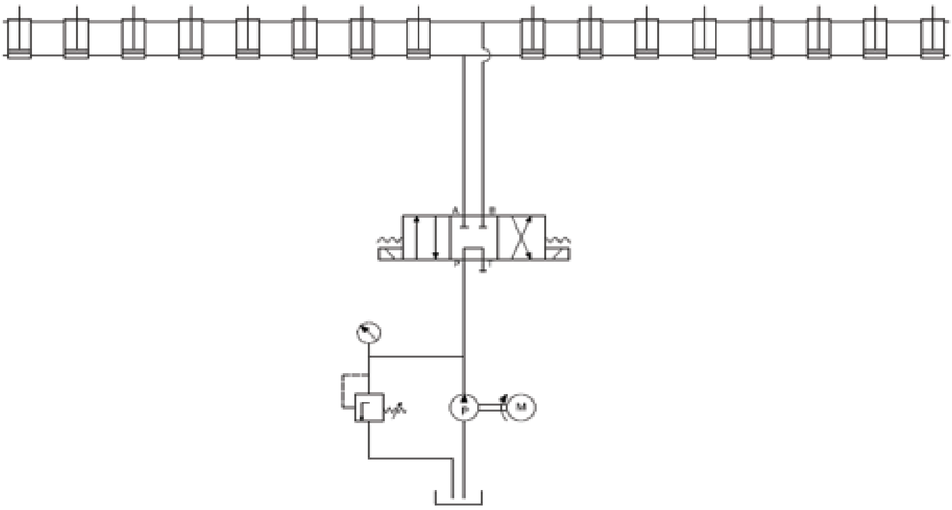
จากภาพที่ 5 ขั้นตอนออกแบบต้องคำนึงถึงการรับแรงของดินด้านหลังของบ่อพัก ซึ่งจะเป็นข้อจำกัดที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ระยะทางการดันท่อด้วยแม่แรงหลัก (MainJack) จึงถูกจำกัดด้วยแรงที่ดินด้านหลังบ่อพักจะรับได้หากต้องการเพิ่มระยะทางระหว่างบ่อพักให้มากขึ้นจึงมีความจำเป็นต้องใช้ชุดแม่แรงเสริม (Intermediate Jack) ซึ่งสามารถคำนวนจากสมการ และเขียน Schematic ของการทำงานด้วยวิธีดันท่อลอดดังนี้

$$FS = \frac{Rf}{Fj} \qquad (1)$$

โดยที่	FS	คือ	อัตราส่วนความปลอดภัย ≥ 1.20
	Rf	คือ	แรงต้านรอบบ่อขณะดันท่อ
	Fj	คือ	แรงที่ใช้ในการดันท่อ

จากการศึกษาการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินด้วย แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) โดยใช้ชุดแม่แรงเสริม (Intermediate Jack) ดังข้างต้น ก็สามารถออกแบบและสร้างชุดแม่แรงเสริม ได้ดังภาพที่ 6 และ 7

ภาพที่ 6 ชุดแม่แรงเสริมต้นแบบ (Intermediate Jack)

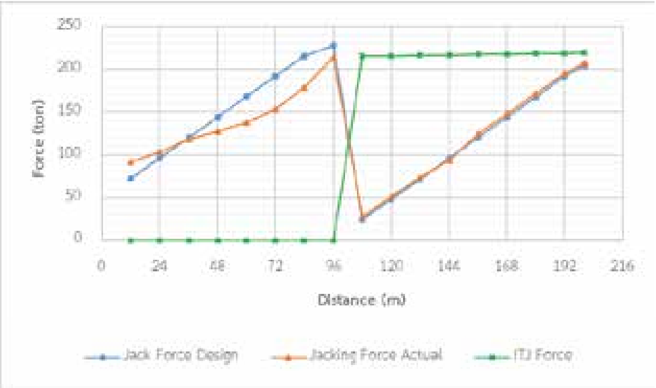


ภาพที่ 7 ชุดควบคุมแม่แรงเสริม

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ หลังจากทำการออกแบบและสร้างชุดแม่แรงเสริมต้นแบบแล้ว ได้ชุดแม่แรงเสริมไปใช้งานจริงพร้อมเก็บข้อมูลการจากการใช้งานจริงเปรียบเทียบกับการคำนวณช่วงระหว่างทำการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริมของโครงการก่อสร้างบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน ร่วมกับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า สายสีชมพู ช่วงแคราย – มีนบุรี ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 8 และผลการทดสอบดังภาพที่ 9

ภาพที่ 8 การติดตั้งใช้งานจริง



ภาพที่ 9 ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม พบว่าแรงที่กระทำต่อผนังบ่อพักตาม ภาพที่ 9 ช่วงระยะดันท่อตั้งแต่ 12 – 36 เมตร ค่าแรงที่วัดได้จากการทำงานจริงที่กระทำต่อผนังบ่อพักจะมีค่ามากกว่ารายการคำนวณ เนื่องมาจากไม่ได้สารหล่อลื่นรอบผนังท่อเพื่อต้องการให้แรงเสียดทานช่วยพยุงตัวท่อไม่ให้ไหลย้อนกลับขณะหดกระบอกชุดแม่แรงหลักเพื่อลงท่อคอนกรีตท่อนต่อไปและหลังจากนั้นจะเริ่มฉีดสารหล่อลื่นเบนโทไนท์เพื่อลดแรงเสียดทาน ซึ่งจะลดแรงกระทำต่อผนังบ่อพักได้ ช่วงระหว่าง 36 – 96 เมตร ซึ่งพบว่าสามารถลดแรงที่ใช้งานจริงได้น้อยกว่าแรงจากการคำนวณและเมื่อเพิ่มระยะดันท่อมากขึ้นแรงที่ใช้งานจริงก็จะเพิ่มมากขึ้นเกินค่าแรงที่ผนังบ่อพักจะทนได้ดังนั้นจึงใช้ชุดแม่แรงเสริมเพื่อลดแรงที่กระทำต่อผนังบ่อพัก โดยรับภาระแรงช่วง 96 เมตรแรก และชุดแม่แรงหลักจะเริ่มรับภาระแรงใหม่ ดังกราฟช่วงที่ 108 – 200 เมตรและจะพบว่าค่าแรงจากการคำนวณจะสอดคล้องกับแรงที่กระทำต่อผนังบ่อพักจริง

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินแบบดันท่อลอดด้วยแม่แรงเสริม จะสามารถลดจำนวนบ่อพักได้หนึ่งบ่อทุกระยะ 200 เมตร ซึ่งมูลค่าบ่อพัก ชนิด A6/J ที่ระดับหลังท่อ -4.00 เมตร ≈ 1,588,114.80 บาท ไม่รสมภาษีมูลค่าเพิ่ม

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ ออกแบบและสร้างชุดแม่แรงเสริม พร้อมทดสอบการใช้งานจริงของงานก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) ผลจากการติดตั้งและนำไปใช้งานจริงพบว่าที่ระยะ 108 เมตร จะช่วยลดแรงจาก 214.90 Ton คงเหลือ 27.02 Ton ซึ่งจะทำให้ FS เพิ่มขึ้นเป็น 10.05 และ 1.31 ที่ระยะ 200 เมตร ซึ่งมีค่า FS ไม่น้อยกว่า 1.20 ส่งผลให้ระยะทางการก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน แบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) สามารถเพิ่มระยะทางขึ้นได้ ซึ่งช่วยลดชุดต่อสายไฟฟ้าใต้ดิน (Splicing Kit) ทำให้เพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าและลดปริมาณบ่อพักสายไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าก่อสร้างได้

เอกสารอ้างอิง

[1] นพดล เพียรเวช, 2544, ความเป็นมาและพื้นฐานของวิธีการก่อสร้างแบบ Pipe Jacking, การสัมนาเรื่องเทคโนโลยี และประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, วสท. หน้า 1-7

[2] ภาณุ หงส์พงศ์, 2550, ให้คำปรึกษาเรื่อง Pipe Jacking, กรรมการผู้จัดการบริษัท กราวน์เทค และบริษัท คานโกะ เอ็นจิเนียริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด

[3] ประเสริฐ จันทวิบูลย์, 2550, ให้คำปรึกษาเรื่องEPB Shield , บริษัท ช.การช่าง (มหาชน) จำกัด และอดีตรองผู้จัดการ สนาม โครงการรถไฟใต้ดิน บริษัทกูมาไกกูมิ (ประเทศไทย) จำกัด

[4] ศราวุฒิ ก้องใจ, การเปรียบเทียบเทคนิคงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาค, วิทยานิพนธ์ มทร.ธัญบุรี 2554

[5] Harrey, S., 2544, Pipe Jacking and Microtunnelling,การสัมนาเรื่อง เทคโนโลยีและประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, วสท. หน้า 13-19

การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร

The investigation of the Grid-connected photovoltaic system performance on the accident building at Yuparat Taphan Hin Hospital in Phichit Province

ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด[1] ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ[1] วีระบูลย์กิตติ ชุมพลผ่อง[2] และอนุพล อัคพิน[2]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000
[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000

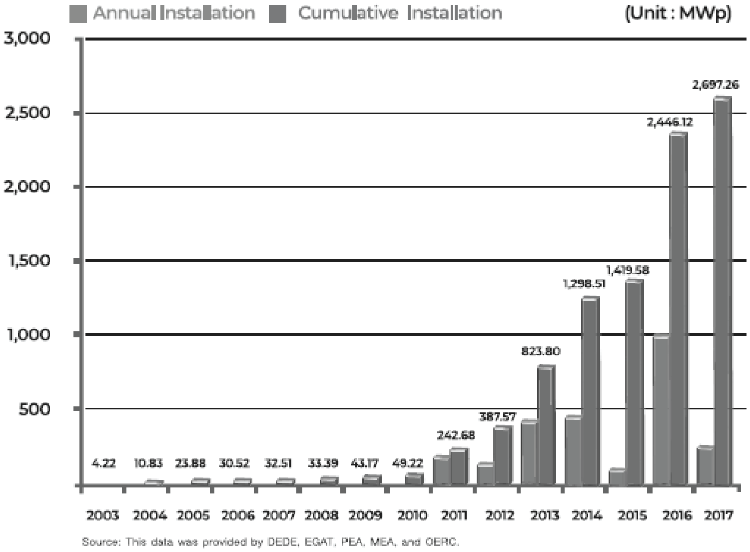
บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุโรงพยาบาลยุพราชตะพานหินจังหวัดพิจิตรเพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งติดใช้งานของอาคารอุบัติเหตุ โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร ซึ่งข้อมูลที่ทำการบันทึกได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความเข้มรังสีอาทิตย์ทุกๆ 15 วินาที โดยเครื่องบันทึกแบบอัตโนมัติตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 หลังจากนั้นนำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์หาและสมรรถนะของระบบ จากผลการวิเคราะห์และประเมินผลพบว่าสมรรถนะของระบบ มีค่าประมาณ 0.95 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield ; Ya) โดยเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 4.65 kWh/kWp·d พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield ;Yf) โดยเฉลี่ยประมาณ 4.43 kWh/kWp·d พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Capture Losses ; Lc) โดยเฉลี่ยประมาณ 0.07 kWh/kWp·d และพลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses ;Ls) มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.22 kWh/kWp·d

คำสำคัญ: สมรรถนะ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โรงพยาบาล

บทนำ

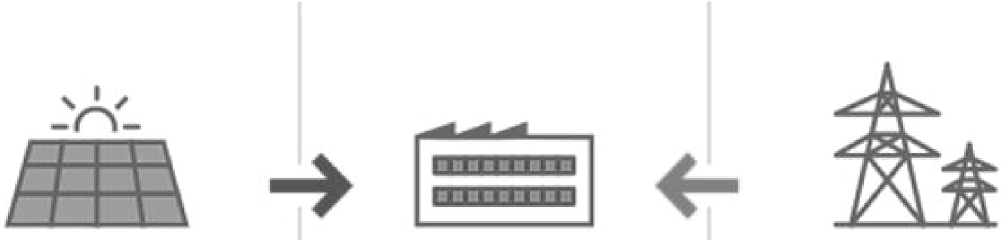
การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มอย่างต่อเนื่องโดย ณ สิ้นปี พ.ศ. 2562 ทั่วโลกมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์กว่า 600 GW ซึ่งเกิดจากความตื่นตัวเกี่ยวกับการนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานฟอสซิลซึ่งกำลังจะหมดไปและปัญหาจากสภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกปีอันเป็นผลจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล [1] ในประเทศไทยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2560 ในหน่วยงานทั้งในส่วนของภาครัฐสถาบันการศึกษาและเอกชนได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และรวมถึงระบบการสื่อสารด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นจำนวนถึง 2,697.26 MW [2] ซึ่งโรงพยาบาลยุพราชตะพานหินจังหวัดพิจิตรเป็นหนึ่งในหน่วยงานราชการที่มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งเพื่อช่วยในการส่งเสริมนโยบายพลังงานและประหยัดพลังงานดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร



รูปที่ 1 การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2560 [2]

วิธีการวิจัย

การประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิค โดยการศึกษาในครั้งนี้จะใช้วิธีการที่อ้างอิงจาก IEA PVPS Task 13 – Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems (Subtask 2: Performance of Photovoltaic Systems) [3] ซึ่งทำการตรวจวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งใช้งานตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 โดยการบันทึกแบบอัตโนมัติทุกๆ 15 วินาที ตลอด 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์หาค่า Ya Yf และ PR โดยจะทำการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้



$Y_r = H_i/G_{STC}$

$Y_a = E_a/P_O$

$L_c = Y_r - Y_a$

$Y_f = E_{PV}/P_O$

$L_s = Y_a - Y_f$

$PR = Y_f/Y_r$

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_a = E_a/P_O \qquad (1)$$

Y_a คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)

E_a คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_r = H_i/G_{STC} \qquad (2)$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)

H_i คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m^2)

G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC = 1 kW/m^2

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_f = E_{PV}/P_O \qquad (3)$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

E_{PV} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Capture Losses) หาได้จากสมการ

$$L_c = Y_r - Y_a \qquad (4)$$

L_c คือ พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses) หาได้จากสมการ

$$L_s = Y_a - Y_f \qquad (5)$$

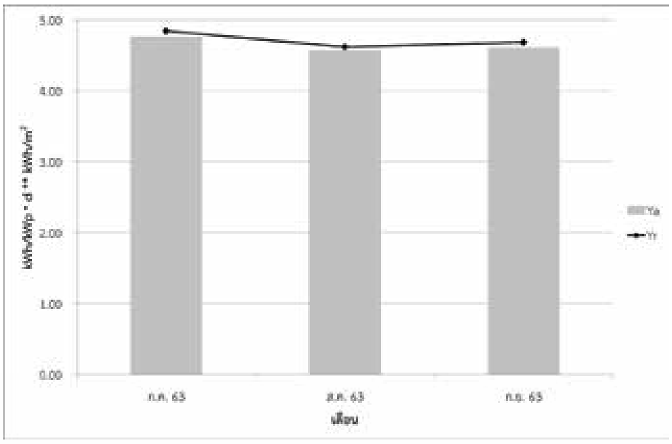
L_s คือ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) หาได้จากสมการ

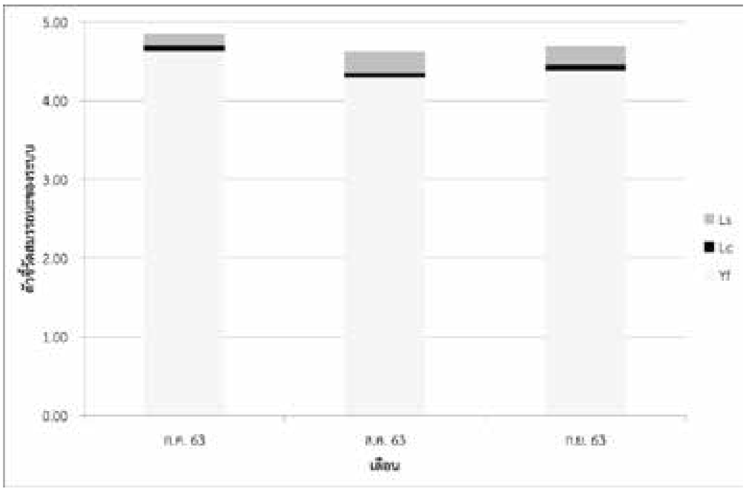
$$PR = Y_f/Y_r \qquad (6)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากรูปที่ 2 แสดงค่า Ya ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละเดือน เมื่อนำ Ya มาเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 4.65 kWh/kWp˙d ณ พลังงานแสงอาทิตย์ 4.72 kWh/m2˙d และจากรูปที่ 3 แสดงตัวชี้วัดสมรรถนะของระบบ ได้แก่ Yf Lc และ Ls ซึ่งจากระบบที่ได้ทำการศึกษา พบว่า Yf มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 4.43 kWh/kWp˙d Lc มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.07 kWh/kWp˙d และ Ls มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.22 kWh/kWp˙d

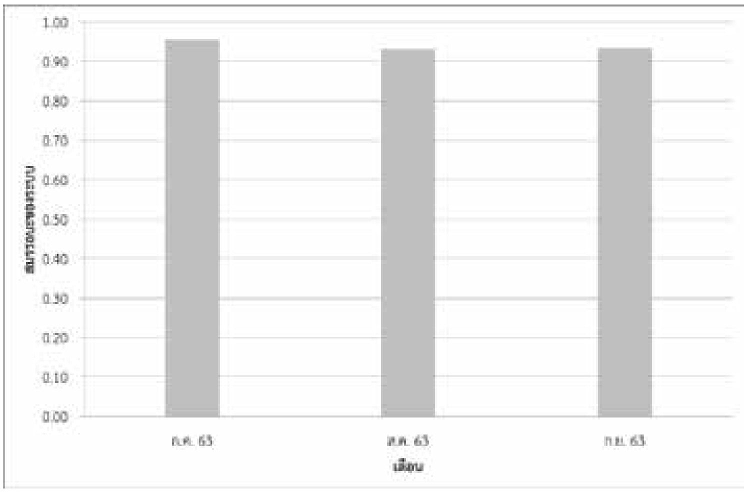


รูปที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp˙d)



รูปที่ 3 ตัวชี้วัดสมรรถนะของระบบ

จากรูปที่3แสดงให้เห็นสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนซึ่งสมรรถนะของระบบโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.95 %



รูปที่ 4 สมรรถนะของระบบ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบมีค่าประมาณ 6.25 และ 0.75 Ya ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ μc-Si: H มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 4.45 kWh/kWp·d Yf มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 3.79 kWh/kWp·d Lc มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.60 kWh/kWp·d และ Ls มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.66 kWh/kWp·d

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณงบประมาณสนับสนุนในการติดตั้งจากโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ และโรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร ที่ขออนุญาตให้ใช้ข้อมูลเพื่อเผยแพร่ในเป็นประโยชน์แก่ประชาชนทั่วไปและคณาจารย์นักวิจัยของวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Arnulf Jäger-WAldau. PV Status Report 2019: Research, Solar Cell Production and Market Imple mentation of Photovoltaic. EUR 29938 EN สืบเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563. จาก https://publications. jrc .ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118058/kjna29938enn_1.pdf

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). สถานะการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย. สรุปสถานะการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย. สืบเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563. จากhttp://pvgis. kmutt.ac.th/pvstatus2017/

[3] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2018). IEA PVPS Task 13 – Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems.

[4] Muhammad NaveedAkhter, Saad Mekhilef, HazlieMokhlis, LanreOlatomiwa, Munir Azam Muham-mad. Performance assessment of three grid-connected photovoltaic systems with combined capacity of 6.575 kWp in Malaysia. Journal of Cleaner Production Volume 277, 20 December 2020, 1232421

[6] เอกพันธ์ ผัดศรี , คณภรณ์ ก้อนแก้ว และ อัครินทร์ อินทนิเวศน์. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW. การประชุมวิชาการครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. วันที่ 30 สิงหาคมพ.ศ. 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี. หน้า 95 - 104

[7] ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด ฐิติพร เจาะจง และนิพนธ์ เกตุจ้อย.การศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้รายปีภายใต้สภาวะการใช้งานจริง. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เมษายน 2552 – กันยายน 2552. หน้าที่ 44 - 49

การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของห้องเย็นสหกรณ์การเกษตรแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

Performance and Economic Analysis on Rooftop PV System For Cold Storage of Maewang Agricultural Cooperatives, Chiangmai

ไตรรัตน์ ปะทิ[1] วิญญู เลิศคำ
[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 55000
[2]TDS Technology(Thailand) Co.Ltd

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารห้องเย็นเก็บผลิตผลทางการเกษตรเพื่อรอจำหน่ายนอกฤดูกาล เป็นตัวอย่างสำหรับสหกรณ์การเกษตรที่มีห้องเย็นใช้งานทั่วประเทศ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบแบบเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้า ใช้ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ระบบทำความเย็นโดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบรวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความมูลค่าด้านการเงินในด้านการระยะเวลาคืนทุนของระบบดังกล่าว ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงที่พิกัดกำลัง20kWนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับปรุงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สามารถลดค่าไฟฟ้าละค่าพีคไฟฟ้ากำลังระบบผลิตไฟฟ้าได้รวมเฉลี่ย 25,252 หน่วยต่อปี ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการเปลี่ยนพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 9.1 - 10.6%, ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการผลิตพลังงานของระบบมีค่าประมาณ 11.21% สัดส่วนของสมรรถนะ (Performance ratio : RP) มีค่าประมาณ 62.4- 78.6%, หากระบบผลิตมีการกำลังไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอจะใช้เวลา 10 ปี 1เดือน(นับตั้งแต่ติดตั้ง) ในการคืนทุนในโครงการนี้ (ชำระค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตามสัญญา) โดยทางสหกรณ์ไม่ได้เป็นผู้ลงทุนค่าใช้จ่าย แต่ทำสัญญาซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานทดแทน ซึ่งมีลักษณะคล้ายๆกับโครงการ Private PPA (Power Purchase Agreement) ซึ่งคิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบคงที่ (flat rate) โดยนี้คิดค่าไฟฟ้าคงที่ในอัตราหน่วยละ 5 บาทตามสัญญา

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้า เศรษฐศาสตร์

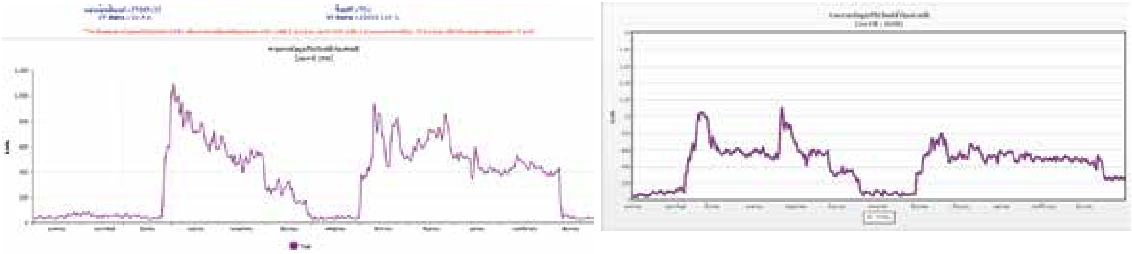
บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกมีการใช้พลังงานธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากยิ่งขึ้นเนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องการใช้น้ำมันถ่านหินและก๊าซ ธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า นั้นก่อให้เกิดผลเสียคือก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ นอกจากนี้เชื้อเพลิงเหล่านี้ยังเป็น เชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป จึงทำให้พลังงานหมุนเวียนเช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดต้นทุนการผลิตลงในหลายๆประเทศได้มีการสนับสนุนให้มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้ากันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับในประเทศไทยได้มีการสนับสนุนให้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยในปัจจุบันมีการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน(Rooftop PV System) ด้วยอัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่(Feed-in Tariff: FiT) ซึ่งบทความนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลกำลังการผลิตที่มาจากการใช้โปรแกรมคำนวณกับข้อมูลกำลังการผลิตจากการวัดของระบบจริงที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารที่ใช้ รวมถึงมีการนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินระยะเวลาคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

วิธีการวิจัย

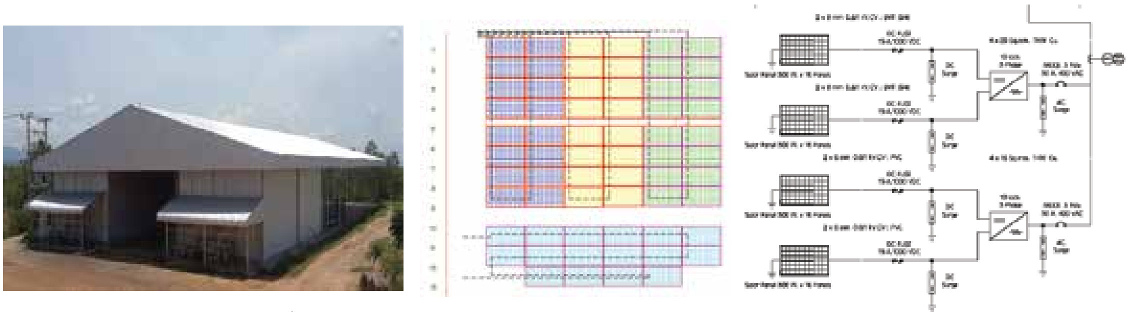
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่พอเพียงตลอดทั้งปีเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดไป การวิจัยนี้จะวิเคราะห์ถึงต้นทุนในการลงทุน ปัญหาและอุปสรรค เพื่อเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานสหกรณ์การเกษตรที่มีปัญหาด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในกิจการของสหกรณ์ เพื่อลดต้นทุนในประหยัดไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบต้นทุนในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะผลิตได้จากระบบรับซื้อไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และสามารถส่งเข้าระบบสายส่งของการไฟฟ้า(On grid system) บนหลังคาห้องเย็นเก็บสินค้า รวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนในระบบเชื่อมสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) บนหลังคาโกดังสินค้าห้องเย็น มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลการศึกษาและค้นคว้าต่างๆที่เกี่ยวข้องสหกรณ์การเกษตรห้วยมะนาว ตั้งอยู่เลขที่ 317 หมู่ 4, ตำบลดอนเปา อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พิกัดGPS 18.612772, 98.812583 เป็นอาคารห้องเย็นเก็บผลิตผลทางการเกษตรเพื่อรอจำหน่ายนอกฤดูกาล พื้นที่ใช้สอยโดยประมาณ 2,800 ตารางเมตร ซึ่งมีลักษณะตามภาพที่1 ซึ่งจากการตรวจสอบการใช้พลังงาน เมื่อเดือนมกราคม ถึงเดือนตุลาคม ปี 2560 พบว่ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4,880.55 หน่วยต่อเดือน โดยแยกเป็นช่วง On Peak มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 491.46 หน่วยต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 47,556 บาทต่อเดือน (อัตราหน่วยละ 4.2097 บาท) และช่วง Off Peak มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 57,349.17 หน่วยต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 24,115 บาทต่อเดือน (หน่วยละ 2.6295 บาท) ขณะที่เก็บข้อมูลค่าFt ตามประกาศของ กกพ. เท่ากับ -41.09 สตางค์/หน่วย โดยการคิดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ตามอัตราช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ ซึ่งพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของสหกรณ์ จะอยู่ในช่วงกลางวันและช่วง On Peak จึงส่งผลทำให้ต้องจ่ายอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนค่อนข้างสูง และนอกจากนั้นยังมีค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นค่า Power factor เพิ่มในแต่ละเดือน



ภาพที่ 1 ข้อมูลโหลดโปรไฟล์รายปี(ย้อนหลัง2ปี)

2. ดำเนินการออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 กิโลวัตต์ในระบบออนกริด(OnGrid)อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมโยงระบบจำหน่ายในระบบโซล่าเซลล์นั้นจะมีหลักการทำงานคือรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์และทำการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยมีลำดับเฟสความถี่และแรงดันเดียวกันกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าหรือเรียกว่าการSynchronization ใช้ระบบควบคุมการทำงานพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์แบบ Grid Reference โดยอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะใช้แรงดันของระบบจำหน่ายในการควบคุมสวิทช์เปิดและปิดของอุปกรณ์อิเล็กทรอรนิกส์กำลังแต่ละคู่ของอุปกรณ์สวิทซึ่งในวงจรที่ความถี่ของระบบจำหน่าย ซึ่งในประเทศไทยคือ 50Hz จึงเรียกอินเวอร์เตอร์ลักษณะนี้ว่า Grid Tie Invertor และในฟังก์ชั่นควบคุมด้านการป้องกันกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับ(Zero Export) เพื่อไม่ให้กำลังไฟฟ้าไหลย้อนไปในระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยที่หากระบบจำหน่ายไม่มีแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจ่ายเข้ามายังอินเวอร์เตอร์ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องหยุดทำงานทันที ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในงานนี้ใช้อินเวอร์เตอร์ของ Growatt 10000UE ชนิด3เฟส พิกัดกำลังขาออก 10Kw จำนวน2ชุด ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอนยี่ห้อSchuten ขนาด300W จำนวน 64 แผง

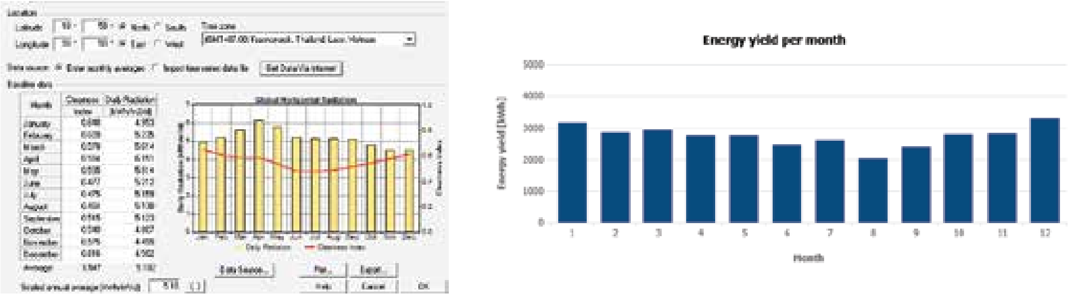


ภาพที่ 2 การวางสตริงแผงเซลล์แสงอาทิตย์และผังไดอะแกรมระบบไฟฟ้า

ภาพที่ 3 ข้อมูลกำลังไฟฟ้าย้อนหลังและการเปรียบเทียบช่วงการใช้พลังงานปกติและช่วงเวลาที่เครื่องทำความเย็นทำงาน

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับผลที่ได้จากการคำนวณนำข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ กำลังไฟฟ้ากระแสตรงและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับของระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบที่สภาพแวดล้อมของการทำงานต่างๆ

4.วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับผลที่ได้จากการคำนวณออกแบบระบบใช้ข้อมูลผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการโดยคำนวณจากหน่วยไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้และค่าพลังงานไฟฟ้าของอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้(TOU)ในระยะเวลาของโครงการตามจำนวนค่าใช้จ่ายในส่วนที่ผลิตไฟฟ้าได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จนครบตามมูลค่าการลงทุนติดตั้งระบบ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นแบบติดตั้งบนหลังคาพื้นที่ห้องเย็นซึ่งเป็นกิจการของสหกรณ์ที่รับฝากสินค้าและให้เช่าห้องเย็น โดยรูปแบบของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นแบบเชื่อมต่อสายไฟฟ้าเข้ากับระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อในกรณีที่ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถใช้งานได้หรือสภาพอากาศไม่ปกติจนความสามารถในผลิตไฟฟ้าลดลงจะใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเย็น



ภาพที่ 4 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่และกราฟพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โปรแกรมจำลองค่าที่ได้ในแต่ละเดือน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

วิธีการประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นจะอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 61724 ในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยหาค่าความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายวันการสูญเสียในระบบประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของระบบเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพรวมของระบบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2561

เดือน	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์			การไฟฟ้า PEA			รวมทั้งสิ้น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์และการไฟฟ้า		
	จำนวนหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย	จำนวนหน่วย (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย	จำนวนหน่วย (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย (บาท)
มกราคม	1,842.70	9,213.50	5.00	1,500.00	6,008.90	4.01	3,342.70	15,222.40	4.55
กุมภาพันธ์	2,285.40	11,427.00	5.00	1,596.00	6,372.09	3.99	3,881.40	17,799.09	4.59
มีนาคม	2,585.10	12,925.50	5.00	4,568.00	26,283.65	5.75	7,153.10	39,209.15	5.48
เมษายน	2,357.20	11,786.00	5.00	23,444.00	85,047.14	3.63	25,801.20	96,833.14	3.75
พฤษภาคม	2,166.60	10,833.00	5.00	16,272.00	64,256.80	3.95	18,438.60	75,089.80	4.07
มิถุนายน	2,164.20	10,821.00	5.00	6,576.00	28,296.62	4.30	8,740.20	39,117.62	4.48
กรกฎาคม	1,965.30	9,826.50	5.00	1,172.00	9,951.87	8.49	3,137.30	19,778.37	6.30
สิงหาคม	2,013.90	10,069.50	5.00	18,332.00	70,096.41	3.82	20,345.90	80,165.91	3.94
กันยายน	2,050.10	10,250.50	5.00	19,652.00	75,939.53	3.86	21,702.10	86,190.03	3.97
ตุลาคม	1,994.20	9,971.00	5.00	14,300.00	56,653.54	3.96	16,294.20	66,624.54	4.09
พฤศจิกายน	1,896.90	9,484.50	5.00	13,220.00	53,862.79	4.07	15,116.90	63,347.29	4.19
ธันวาคม	2,073.60	10,368.00	5.00	4,212.00	23,709.11	5.63	6,285.60	34,077.11	5.42
เฉลี่ยรวม	25,395.20	126,976.00	5.00	124,844.00	506,478.45	4.62	150,239.20	633,454.45	4.22

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2562

เดือน	ระบบโซล่าเซลล์			การไฟฟ้า PEA			ระบบเซลล์โซล่าเซลล์และการไฟฟ้า		
	จำนวน หน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย (บาท)	จำนวนหน่วย (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย (บาท)	จำนวนหน่วย (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)	เฉลี่ย/หน่วย (บาท)
มกราคม	1,905.30	9,526.50	5.00	1,488.00	6,304.07	4.24	3,393.30	15,830.57	4.67
กุมภาพันธ์	2,037.00	10,185.00	5.00	1,672.00	6,517.27	3.90	3,709.00	16,702.27	4.50
มีนาคม	2,177.90	10,889.50	5.00	15,232.00	62,967.16	4.13	17,409.90	73,856.66	4.24
เมษายน	2,322.30	11,611.50	5.00	19,796.00	77,013.50	3.89	22,118.30	88,625.00	4.01
พฤษภาคม	-	-	-	11,896.00	48,801.95	4.10	11,896.00	48,801.95	4.10
มิถุนายน	-	-	-	10,240.00	41,072.69	4.01	10,240.00	41,072.69	4.01
กรกฎาคม	-	-	-	9,712.00	41,325.93	4.26	9,712.00	41,325.93	4.26
สิงหาคม	-	-	-	19,284.00	74,966.35	3.89	19,284.00	74,966.35	3.89
กันยายน	4,296.50	21,482.50	5.00	14,904.00	60,841.50	4.08	19,200.50	82,324.00	4.29
ตุลาคม	3,572.20	17,861.00	5.00	17,400.00	68,062.70	3.91	20,972.20	85,923.70	4.10
พฤศจิกายน	3,239.20	16,196.00	5.00	10,108.00	42,679.14	4.22	13,347.20	58,875.14	4.41
ธันวาคม	3,045.10	15,225.00	5.00	948.00	4,137.54	4.36	3993.00	19,363.54	4.36
เฉลี่ยรวม	19,550.40	97,752.00	5.00	132,680.00	534,689.80	4.08	152,230.40	632,441.80	4.24

หมายเหตุ: ในช่องระบบโซล่าเซลล์ที่ไม่ระบุค่าเกิดจากปัญหาระบบสื่อสารของ Energy Meter แต่คาดการว่าไม่ต่ำกว่า 2,000 หน่วยต่อเดือน

ค่ารังสีอาทิตย์ของวันที่มีสภาพอากาศแตกต่างกัน 3 ลักษณะคือวันที่ท้องฟ้าโปร่งค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดประมาณ 790 W/m^2 และค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าอยู่ในระดับประมาณ 715 W/m^2 สำหรับช่วงเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆมากจะพบว่าค่ารังสีอาทิตย์มีค่าลงลงเป็นอย่างมากโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 416 W/m^2 และต่ำสุดเท่ากับ 66 W/m^2 ในช่วงท้องฟ้ามืดครึ้ม ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 วันของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kW ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบประเมินสมรรถนะ พบว่าวันที่ฟ้าโปร่งระบบจะผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 70.15 kWh/day วันที่มีเมฆมากได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 42.82 kWh ส่วนวันที่ฟ้าครึ้มและฝนตกเป็นวันที่ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศอื่นๆ เมื่อพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์

การสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Array capture losses : LC) เป็นค่าที่แสดงถึงการสูญเสียที่เกิดขึ้นในการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 10 kWh/kW d, การสูญเสียของอุปกรณ์ในระบบ (BOS losses : LBOS) เป็นค่าที่แสดงการสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบมีค่าประมาณ 2 kWh/kW d, สัดส่วนของสมรรถนะ (Performance ratio : RP) มีค่าประมาณ 62.4-78.6%, ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Mean array efficiency : η_{Amean}) แสดงถึงประสิทธิภาพเฉลี่ยในการเปลี่ยนพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 9.1 - 10.6%, ประสิทธิภาพรวมของระบบ (Overall PV plant efficiency : η_{tot}) แสดงถึงประสิทธิภาพเฉลี่ยในการผลิตพลังงานของระบบมีค่าประมาณ 11.21%

จากมูลค่าการลงทุนในโครงการนี้ใช้งบประมาณในการลงทุน 1,284,000 บาทโดยทางสหกรณ์ไม่ได้เป็นผู้ลงทุนค่าใช้จ่ายแต่ทำสัญญาซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานทดแทนซึ่งมีลักษณะคล้ายๆกับโครงการ Private PPA (Power Purchase Agreement) กับเอกชนในการลงทุนซึ่งคิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบคงที่ (flat rate) โดยในโครงการนี้คิดค่าไฟฟ้าคงที่ในอัตราหน่วยละ 5 บาทตามสัญญาซึ่งจะเป็นต้นแบบงานจริงเพื่อนำร่องให้กับสหกรณ์การเกษตรทั่วประเทศที่มีกิจการเป็นของตัวเองที่มีค่าใช้จ่ายด้านค่าพลังงานไฟฟ้าสูง โดยนับระยะเวลาที่ทางสหกรณ์ห้วยมะนาวจ่ายเงินค่าไฟฟ้าในส่วนที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง วันที่ 30 สิงหาคม 2563 ระบบผลิตไฟฟ้าได้รวม 75,757.70 หน่วย หรือเฉลี่ย 25,252 หน่วยต่อปี ซึ่งทางสหกรณ์ห้วยมะนาวได้ชำระค่าพลังงานไฟฟ้าไปแล้ว 378,778.80 บาทยังคงค้างชำระประมาณ 853,307 บาท หากระบบผลิตมีการกำลังไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอจะใช้เวลา 10ปี 1 เดือน (นับตั้งแต่ติดตั้ง) ในการคืนทุนในโครงการนี้ (ชำระค่าใช้จ่ายตามสัญญา)

สรุปผลการวิจัย

กำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมจะสามารถทำให้การผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว ยังจะทำให้การคืนทุน (payback)นั้นไวขึ้น โดยวิธีการเลือกขนาดกำลังติดตั้งที่เหมาะสมนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยการใช้ไฟฟ้าเป็นหลักเนื่องจากระบบโซล่าเซลล์ที่ไม่มีระบบกักเก็บพลังงาน (energy storage) ผลิตไฟฟ้าได้ในเวลากลางวันเท่านั้น ดังนั้นหากมีการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันมากจะทำให้เกิดความคุ้มค่าสูงและต้องให้มีการกระจายของกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้เท่าๆกัน(Balance Phase) อินเวอร์เตอร์จะผลิตไฟฟ้าแต่ละเฟสเท่าๆกัน ถ้าในระบบมีค่ากำลังไฟฟ้าต่างกันมากในแต่ละเฟสจะทำให้อินเวอร์เตอร์ทำงานได้อย่างไม่เต็มที่ซึ่งจะทำให้การผลิตไฟฟ้านั้นจะได้กำลังไฟฟ้าออกมาไม่เต็มประสิทธิภาพ ผลดีอีกประการหนึ่งของระบบนี้คือลดค่าพีคไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak จะอยู่ในช่วงระหว่างเวลา 09.00 – 22.00 น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ การคิดค่าไฟฟ้าในช่วงเวลา On Peak ค่าไฟจะมีราคาสูง เพราะเป็นช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก เนื่องจากการไฟฟ้าต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงทุกชนิดทั้งที่มีราคาถูกและแพงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการสมรรถนะของระบบจะได้เฉลี่ย70.15%ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ค่ารังสีอาทิตย์สูงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามส่งผลให้มีการสูญเสียพลังงานด้านต้นกำลังจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมไปถึงสภาพอากาศในแต่ละวันก็จะเป็นตัวแปรให้กำลังการผลิตลดลงตามด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสหกรณ์การเกษตรห้วยมะนาวอำเภอแม่วางจังหวัดเชียงใหม่ที่อนุเคราะห์ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในการใช้วิเคราะห์ผลงานวิจัยครั้งนี้, บริษัท ทีดีเอส เทคโนโลยี(ประเทศไทย) จำกัด ในการให้ข้อมูลด้านเทคนิคและงานติดตั้งระบบ และหน่วยวิจัยไฟฟ้าและพลังงาน(PER LAB) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาน่านที่สนับสนุนเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] ดิศรณ์ ชัยช่วงโชค ,โสภิตสุดา ทองโสภิต และแนบบุญ หุนเจริญ. (2556). รูปแบบมาตรการทางการเงินที่เหมาะสมสำหรับการสนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่10 ฉบับที่3, 1-14.

[2] ปฐมธิติ์ชัย เศรษฐพงศ์ และคณะ.(2560). “สมรรถนะตาม IEC 61724 ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซล่าเซลล์เครื่องยนต์ดีเซล ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง”. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 11, วันที่ 7-8 ธ.ค. 2560 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

[3] พีระวุฒิ ชินวรรังสี, และคณะ (2558). การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย. วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 32 ฉบับที่ 2

[4] สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เง่าพิทักษ์กุล.(2651). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 10 ฉบับที่ 19, 1-13.

[5] เอกพันธ์ ผัดศรี, คณกรณ์ ก้อนแก้วและ อัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2561). “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW”, ใน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, วันที่ 30 สิงหาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำ แบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก
Computational Fluid Dynamic Analysis Flow Through Kaplan Turbine for Small-Hydro Power Plant

มูฮำมัดคอยรี หะยีบากา[1] อาหมัด แวบือราเฮง[2] อีลีหยํะ สนิโซ[2]
บุญธิดา จิรรัตนโสภา[3] และจักราวุธ เตโช[4]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[4]สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 60000

CE ไฟฟ้าชุมชน (Community Electricity) | 006

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้า สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน เพื่อทำนายรูปแบบของกังหันน้ำที่ให้ประสิทธิภาพสูงและนำไปใช้จริงในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กโดยทำการออกแบบและสร้างแบบกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวน 3 แบบ ประกอบด้วย 3 4 และ 5 ใบ ขนาดรัศมีกังหัน 180 mm และวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลด้วยโปรมแกรม Solid Works Simulation โดยการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำ กำหนดเป้าหมายหรือผลเฉลยที่ต้องการ และดูผลเฉลยต่าง ๆ ที่ต้องการ จากการวิเคราะห์พบว่า ความปั่นป่วนของน้ำเมื่อไหลผ่านกังหันพบว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 5 ใบ จะมีความปั่นป่วนมากที่สุด และเมื่อจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น ค่าแรงบิดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ที่จำนวนใบพัด 5 ใบ ทั้งนี้เมื่อจำนวนใบพัดสูงขึ้นความเร็วรอบและประสิทธิภาพของกังหันลดลง โดยที่ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 54.6% ที่ใบพัด 4 ใบ และพบว่าที่จำนวนใบพัดมากจะให้ค่าแรงบิดที่สูงแต่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังที่เพลาไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด หากต้องการใช้งานที่แรงบิดสูงๆก็ต้องทำการออกแบบกังหันให้ทำงานที่รอบต่ำหรือหากต้องการทำงานที่ความเร็วรอบสูงก็ต้องยอมรับในข้อด้อยเรื่องของแรงบิดที่ต่ำ

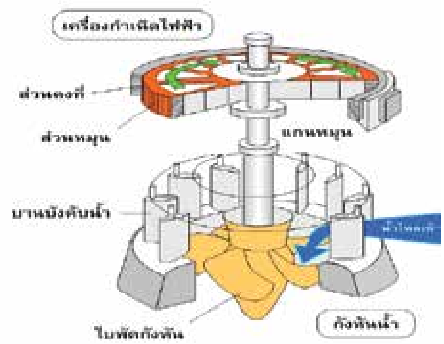
คำสำคัญ: พลศาสตร์ของไหล กังหันน้ำแบบคาปลาน โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์รวมถึงการประกอบกิจการธุรกิจต่างๆหลายประเทศทั่วโลกจึงให้ความสนใจในการคิดค้นพลังงานทางเลือกต่าง ๆ เพื่อนำมาทดแทนพลังงานที่ใช้ในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทยที่ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาในด้านของพลังงานมาอย่างต่อเนื่องแต่ในปัจจุบันประเทศไทยส่วนใหญ่มีการนำเข้าพลังงานประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่นน้ำมันถ่านหินก๊าซธรรมชาติเป็นต้นเชื้อเพลิงเหล่านี้เมื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะส่งผลกระทบต่อสภาวะบรรยากาศในรูปของมลพิษทางอากาศ ซึ่งจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในไตรมาสแรกของปี 2563 มีปริมาณ 22,355 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 1.8 คิดเป็นมูลค่ากว่า 267,553 ล้านบาท การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45.5 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน ถ่านหิน /ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 19.1 11.7 12.4 6.1 และ 5.2 ตามลำดับ [1] ทั้งนี้กระทรวงพลังงานจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล โดยที่หนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงาน คือพลังงานน้ำขนาดเล็ก

การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลพิษและมลภาวะ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน จึงมีการสนับสนุนเพื่อให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าหรือผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำให้มากขึ้นเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น[2]ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบน้ำไหลผ่านตลอดจะใช้ความแตกต่างของระดับน้ำบนพื้นที่ที่ต่างกันในการผลิตกระแสไฟฟ้าและปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าได้แก่ความสูงของระดับน้ำปริมาณการไหลของน้ำ รวมถึงชนิดของกังหันน้ำ

กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพราะส่งผลต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้า ดังนั้นการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงเพื่อผลิตใช้เองในชุมชน ตลอดจนอุตสาหกรรมด้านไฟฟ้าของประเทศจึงมีความสำคัญมากในทางปฏิบัติการทำนายประสิทธิภาพของกังหันน้ำด้วยการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อทำนายค่าประสิทธิภาพนั้นจะได้เพียงค่าประสิทธิภาพ และไม่สามารถระบุถึงสาเหตุของประสิทธิภาพที่ไม่ดี และการทดสอบโมเดลต้องใช้งบประมาณและเวลาในการทำสูง วิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการทำนายสมรรถนะของกังหันน้ำ คือวิธีการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล CFD จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เพื่อทำนายรูปแบบของกังหันน้ำที่ให้ประสิทธิภาพสูง และนำไปใช้จริงในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำต่อไป โดยกังหันน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นกังหันน้ำแบบคาปลาน มีลักษณะใบพัดดังแสดงในภาพที่ 1 เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำตั้งแต่ 1-70 m และมีหลักการทำงานโดยให้น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศขนานกับแกนของกังหันน้ำ โดยใบพัดของกังหันน้ำแบบคาปลานสามารถปรับมุมเพื่อรับแรงฉีดของน้ำโดยอัตโนมัติทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำได้ [3]



ภาพที่ 1 ลักษณะการทำงานของกังหันน้ำแบบคาปลาน [4]

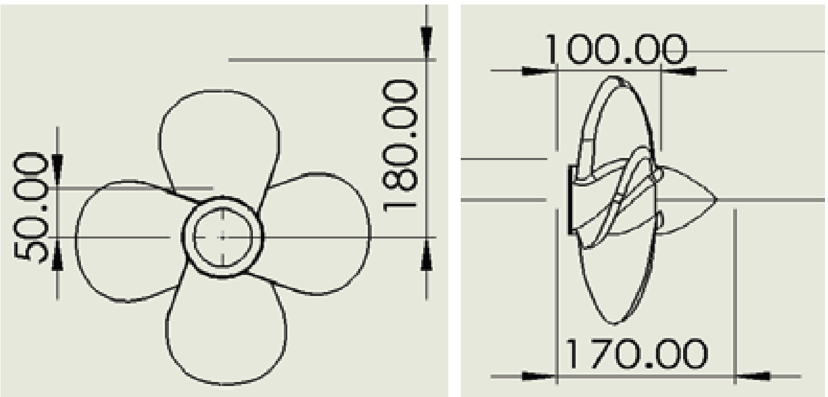
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น

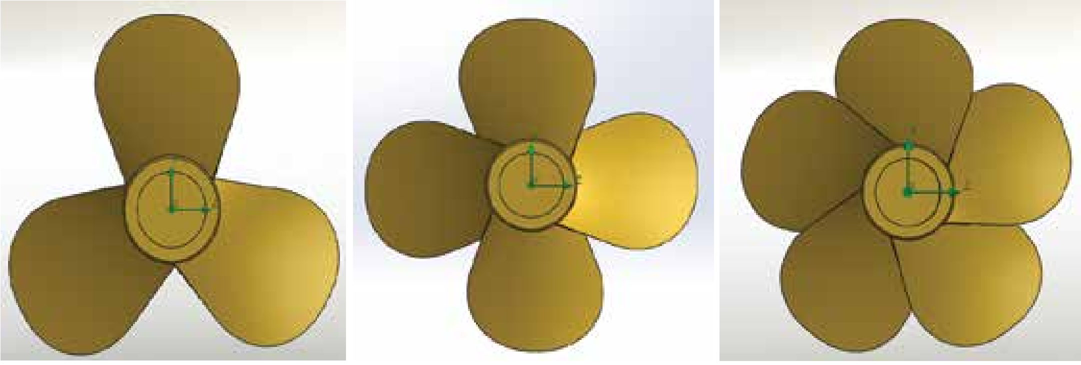
ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาการออกแบบกังหันน้ำ การเขียนแบบสามมิติโดยใช้โปรแกรมในคอมพิวเตอร์ และการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

2. การออกแบบกังหันน้ำแบบคาปลาน

- ออกแบบ และสร้างแบบจำลองกังหันน้ำแบบคาปลาน ขนาดรัศมีกังหัน 180 mm ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยการเขียนแบบสามมิติ ใช้โปรมแกรม Solid Works V.2016
- สร้างโมเดลกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวน 3 แบบ ประกอบด้วย 3 4 และ 5 ใบ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ขนาดของกังหันน้ำแบบคาปลานที่ออกแบบ



(ก) 3 ใบ (ข) 4 ใบ (ค) 5 ใบ

ภาพที่ 3 ลักษณะจำนวนใบต่าง ๆ (ก) 3 ใบ (ข) 4 ใบ (ค) 5 ใบ

3. การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

-ขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานซึ่งใช้คำสั่งWizard ในโปรแกรมSolidWorksSimulationV.2016โดยเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำแบบคาปลานทั้ง 3 ค่า ใช้ตัวแปรควบคุมที่เหมือนกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำแบบคาปลาน

ตารางที่ 1 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำแบบคาปลาน

ระบบหน่วย	SI
ประเภทการวิเคราะห์	ภายนอก
ชนิดของของไหล	ของเหลว (น้ำ)
ความดันของของไหล	10^5 Pa
อุณหภูมิของของไหล	293.2 K
ความเร็วของของไหล	0.5 m/s

-ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเป้าหมายหรือผลเฉลยที่ต้องการ การคำนวณด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation มีลักษณะการวนลูบเพื่อหาคำตอบ หยุดคำนวณเมื่อค่าต่าง ๆ โดยภาพรวมมีการเปลี่ยนน้อยมาก ดังนั้นต้องมีเงื่อนไขให้หยุด วิเคราะห์ด้วยการใช้เป้าหมาย (Goal) [5] ที่กำหนดคือ แรง (Force) และแรงบิด (Torque)

-ขั้นตอนที่ 3 การดูผลเฉลยต่าง ๆ เป็นการดูผลเฉลยที่ต้องการตรวจสอบหรือเพื่อนำเสนอ รวมทั้งตรวจสอบเป้าหมายที่ต้องการ

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำ (ηT) ซึ่งเป็นอัตราส่วนกำลังงานของกังหันน้ำ (POut) กับพลังงานจลน์ของน้ำ (Pin) [6] ดังแสดงในสมการที่ (3) โดยในการคำนวณวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ จะกำหนดค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

$$P_{in} = \frac{1}{2}\rho A v^3 \qquad (1)$$

$$P_{out} = 2\pi N\tau \qquad (2)$$

$$\eta_T = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \qquad (3)$$

เมื่อ η_T คือ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ (%) P_{Out} คือ กำลังงานของกังหันน้ำ (W) P_{in} คือ พลังงานจลน์ของน้ำ (W) ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3) A คือ พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (m^2) v คือ ความเร็วน้ำ (m/s) N คือ ความเร็วรอบ (RPS) และ τ คือ แรงบิด (N-m)

ตารางที่ 2 ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

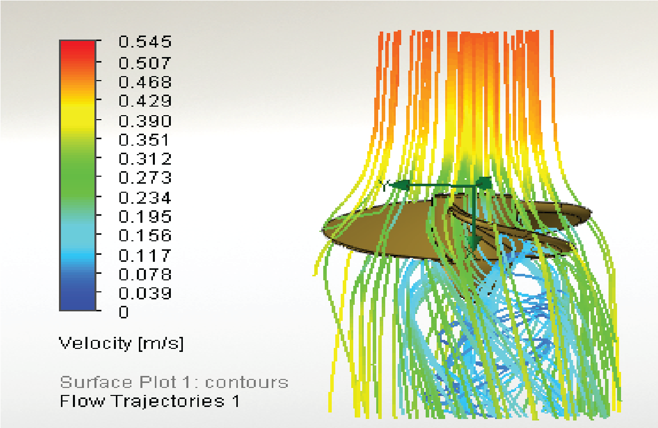
ความหนาแน่นของน้ำ		998 kg/m^3
พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน		0.35 m^2
ความเร็วน้ำ		0.5 m/s
ความเร็วรอบของกังหัน	3 ใบ	2.5 RPS
	4 ใบ	8.6 RPS
	5 ใบ	5.8 RPS

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

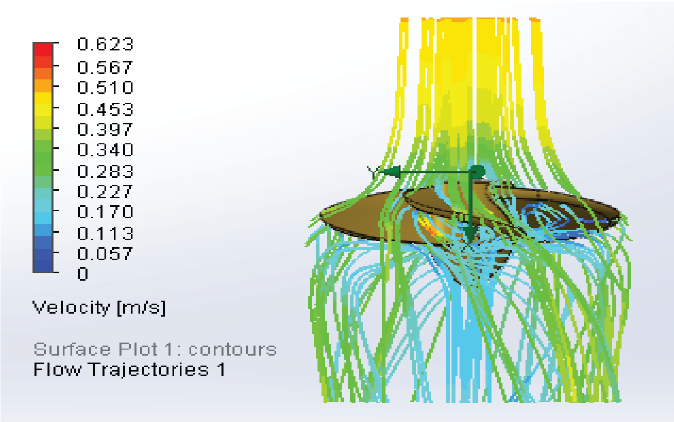
จากผลการจำลองการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก สามารถวิเคราะห์ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านกังหันแรงบิดของแบบจำลองกังหันน้ำแบบคาปลานและประสิทธิภาพของกังหันได้ดังต่อไปนี้

1. ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน

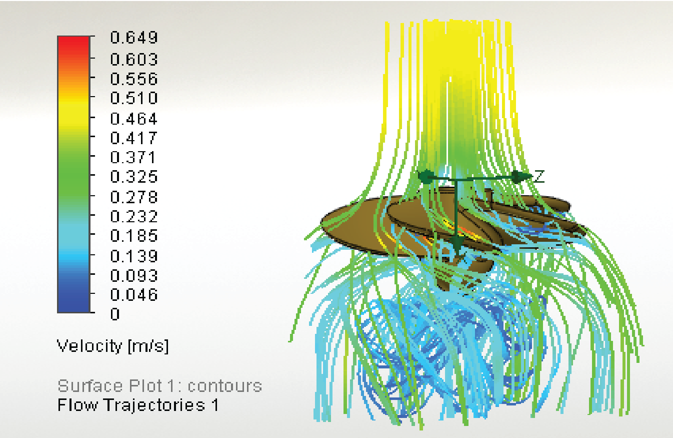
จากผลการจำลองการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานทั้ง 3 แบบ พบว่าอัตราเร็วของน้ำที่ไหลมาปะทะใบพัดลดลงประมาณ 0.25 m/s จากเดิมก่อนที่น้ำจะไหลมาปะทะกังหันมีความเร็ว 0.5 m/s และเมื่อวิเคราะห์ความปั่นป่วนของน้ำ (Turbulence Flow) เมื่อไหลผ่านกังหันพบว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 5 ใบจะมีความปั่นป่วนมากที่สุดเนื่องจากจำนวนใบพัดมากขึ้นพื้นที่รับแรงน้ำของใบพัดมีค่ามากกว่าทำให้เกิดความปั่นป่วนจากการหมุนของกังหันมากกว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 3 ใบ และ 4 ใบ ดังแสดงจำลองการไหลของน้ำผ่านกังหันในภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 3 ใบ



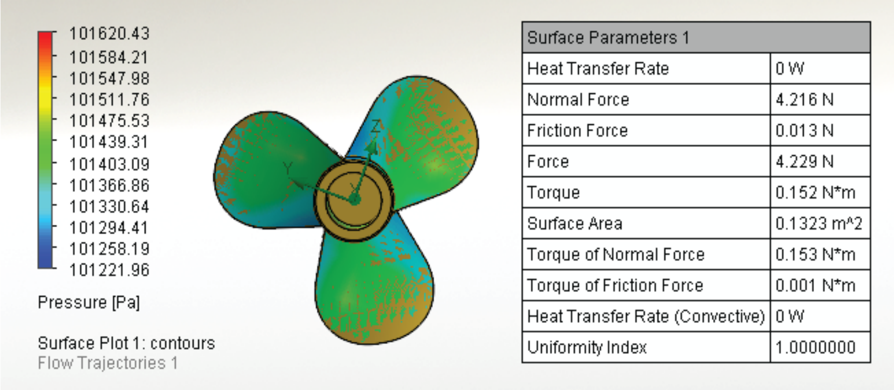
ภาพที่ 5 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 4 ใบ



ภาพที่ 6 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 5 ใบ

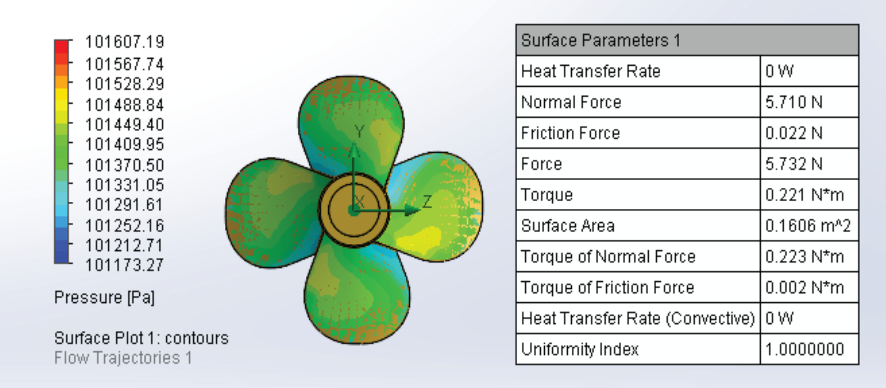
2. แรงบิดของกังหันน้ำ

จากผลการวิเคราะห์แรงบิดของกังหันน้ำ พบว่าจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนใบพัดมากขึ้นพื้นที่รับแรงน้ำของใบพัดมีค่ามากกว่า ทำให้ต้องใช้แรงบิดที่สูงในการหมุนกังหัน ทั้งนี้ค่าแรงบิดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ที่จำนวนใบพัด 5 ใบ รองลงมาที่จำนวนใบพัด 4 ใบ และ 3 ใบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.221 N-m และ 0.152 N-m ตามลำดับ ดังแสดงการทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำในภาพที่ 7-9



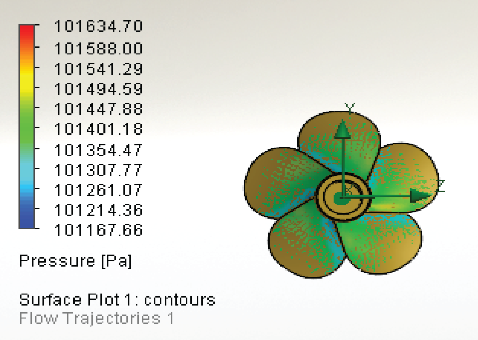
Surface Parameters 1	
Heat Transfer Rate	0 W
Normal Force	4.216 N
Friction Force	0.013 N
Force	4.229 N
Torque	0.152 N*m
Surface Area	0.1323 m^2
Torque of Normal Force	0.153 N*m
Torque of Friction Force	0.001 N*m
Heat Transfer Rate (Convective)	0 W
Uniformity Index	1.0000000

ภาพที่ 7 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 3 ใบ



Surface Parameters 1	
Heat Transfer Rate	0 W
Normal Force	5.710 N
Friction Force	0.022 N
Force	5.732 N
Torque	0.221 N*m
Surface Area	0.1606 m^2
Torque of Normal Force	0.223 N*m
Torque of Friction Force	0.002 N*m
Heat Transfer Rate (Convective)	0 W
Uniformity Index	1.0000000

ภาพที่ 8 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 4 ใบ

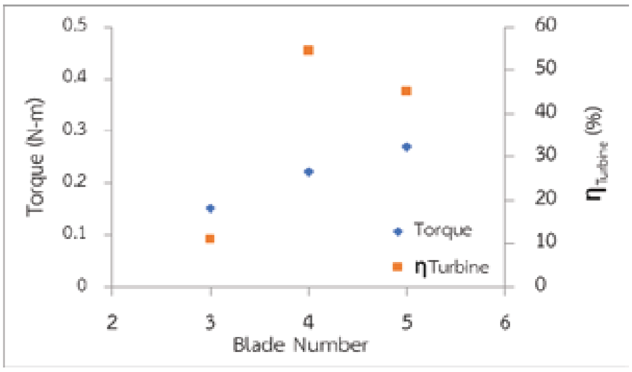


Surface Parameters 1	
Heat Transfer Rate	0 W
Normal Force	6.825 N
Friction Force	0.030 N
Force	6.855 N
Torque	0.270 N*m
Surface Area	0.1877 m^2
Torque of Normal Force	0.274 N*m
Torque of Friction Force	0.004 N*m
Heat Transfer Rate (Convective)	0 W
Uniformity Index	1.0000000

ภาพที่ 9 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 5 ใบ

3. ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันโดยพิจารณาที่เพลากังหันพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 36.88% โดยประสิทธิภาพสูงสุดมีค่า 54.6% ที่ใบพัด 4 ใบ จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนใบพัดมากขึ้นจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่เมื่อถึงจุดที่ค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ใบพัด 4 ใบ ค่าประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อจำนวนใบพัดสูงขึ้นความเร็วรอบของกังหันลดลง ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบพัดกับแรงบิดและประสิทธิภาพของกังหันน้ำในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบพัดกับแรงบิดและประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

จากข้อมูลในภาพที่7-10พบว่าที่จำนวนใบพัดมากจะให้ค่าแรงบิดที่สูงแต่ความเร็วรอบต่ำดังนั้นขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังที่เพลาไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด หากต้องการใช้งานที่แรงบิดสูงๆ ก็ต้องทำการออกแบบกังหันให้ทำงานที่รอบต่ำหรือหากต้องการทำงานที่ความเร็วรอบสูงก็ต้องยอมรับในข้อด้อยเรื่องของแรงบิดที่ต่ำ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก สามารถสรุปได้ดังนี้

1.ความปั่นป่วนของน้ำเมื่อไหลผ่านกังหันพบว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด5ใบจะมีความปั่นป่วนมากที่สุด

2. เมื่อจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น ค่าแรงบิดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ที่จำนวนใบพัด 5 ใบ

3.เมื่อจำนวนใบพัดสูงขึ้นความเร็วรอบและประสิทธิภาพของกังหันลดลงโดยที่ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 54.6% ที่ใบพัด 4 ใบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และสาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณที่ใช้เพื่อการศึกษางานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). สถานการณ์พลังงานของประเทศ ไตรมาส 1/2563. กระทรวงพลังงาน.

[2] Green Network. (2563). โรงไฟฟ้าชุมชน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.greennetwork thailand.com (25 กันยายน 2563).

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). ไฟฟ้าพลังน้ำ. สารานุกรมพลังงานทดแทน. กรุงเทพฯ : มีเดีย เอกซ์เพอร์ทีส อินเตอร์เนชั่นแนล.

[4] Y.P. Consultants Co., Ltd. (ม.ป.ป.). hydroelectricity [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.yp.co.th/2010-10-03-06-35-34/88--hydroelectricity.pdf (29 กันยายน 2563).

[5] วสันต์ จันทร์หยวก (2559). “เทคนิคการใช้งานวิเคราะห์การไหลด้วย Solid works Flow Simulation”. หนังสือ Solid works Flow Simulation, กรุงเทพฯ: บริษัท แอพลิเคด จำกัด.

[6] เสาวลักษณ์ ทองดี, ชูรัตน์ ธารารักษ์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี, Rameshprabu Ramaraj และธเนศ ไชยชนะ. (2561). “อิทธิพลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส”. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561.

[7] มูฮำหมัดนูร ยูนิ, อิสมาแอล เจ๊ะเต๊ะ, รอมซี มาหะ, ลุตฟี สือนิ และอีลีหยัะ สนิโซ. (2555). “เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋วอย่างง่าย : นวัตกรรมสำหรับชนบท”.วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 3 (1), 30-36.

[8] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. (2561). “แบบจำลองความปั่นป่วน K-epsilon (k -ε) และ K-omega (k -ω) สำหรับการวิเคราะห์รอบการหมุนของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนสำหรับชุมชน”.วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1, 95-104.

[9] กิตติพร โป๊ชิ้ว และจิราภรณ์ อนันตชัยพัทธนา. (2555). “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน โดยการใช้เทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 11-18.

[10] Ardalan Javadi and Hakan Nilsson. (2017). Detailed numerical investigation of a Kaplan turbine with rotor-stator interaction using turbulence-resolving simulations. International Journal of Heat and Fluid Flow 63, 1–13.

[11] Ming Zhanga, David Valentina, Carme Valero, Alexandre Presas, Mònica Egusquiza and Eduard Egusquiza. (2020). Experimental and numerical investigation on the influence of a large crack on the modal behaviour of a Kaplan turbine blade. Engineering Failure Analysis 109, 104389.

[12] Ajaz Bashir Janjua, M. Shahid Khalil, Muhammad Saeed, Fahad Sarfraz Butt and Abdul Waheed Badar. (2020). Static and dynamic computational analysis of Kaplan turbine runner by varying blade profile. Energy for Sustainable Development 58, 90–99.

การเปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน
Community power plant success factor comparison

สัณหณัฐ ไพศาลบูรพากุล[1] และ วรจิตต์ เศรษฐพรรค์*[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000
[2]วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300
*worajit@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทาง ปัจจัยความสำเร็จของการสร้างโรงไฟฟ้าต่าง ๆ วิเคราะห์เปรียบเทียบกับแนวทางของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก เพื่อหาปัจจัยความสำเร็จของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในมุมมองบุคคลที่สามที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงการรัฐและคนในพื้นที่ เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบโครงการโรงไฟฟ้าในพื้นที่ต่าง ๆ โดยศึกษาจาก บทความ วารสาร งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ทั้งหมด 33 กรณีจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนไม่ว่าจะเป็นปัจจัยสู่ความสำเร็จปัจจัยสู่ความล้มเหลวหรือแนวทางการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน โดยมีปัจจัยหลักคือ รูปแบบการบริหาร นโยบาย ปัญหาสิ่งแวดล้อม และเชื้อเพลิง ผลการวิจัยระบุว่าโรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จได้นั้น จะให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านรูปแบบการบริหารและปัจจัยด้านนโยบายเพื่อชุมชนมาก่อนเสมอเพราะว่าการมีส่วนร่วมจากชุมชน โดยการชี้แจงให้ชุมชนได้เห็นถึงข้อดีข้อเสียของโรงไฟฟ้าหรือประโยชน์ที่จะได้รับจากโรงไฟฟ้ามีกิจกรรมที่สามารถดึงชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมได้ทำให้ไม่เกิดความขัดแย้งและไม่เกิดปัญหากับคนในชุมชนแล้วทั้งยังสามารถขอความช่วยเหลือจากชุมชนได้อีกด้วยเมื่อทั้งชุมชนและโรงไฟฟ้าชุมชนเกิดความเข้าใจในบริบทหรือมุมมองของกันและกันจะทำให้ทั้งสองฝ่ายสามารถร่วมมือกันได้ง่ายยิ่งขึ้นในทางกลับกันผลการศึกษาโรงไฟฟ้าฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จจะให้ความสำคัญกับปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นน้อยทำให้เกิดปัญหาการต่อต้านจากชุมชนเนื่องจากการไม่มีส่วนร่วมของคนในชุมชนตั้งแต่ขั้นตอนริเริ่มโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชุมชน ไม่มีการถามความคิดเห็นของชุมชน ทำให้ชุมชนรู้สึกเสียผลประโยชน์ไม่พอใจดังนั้นถ้าต้องการให้โรงไฟฟ้าชุมชนประสบความสำเร็จได้นั้นสิ่งแรงที่ต้องให้ความสำคัญคือปัจจัยด้านรูปแบบการบริหารโดยมีชุมชนให้ความร่วมมือในทุก ๆ ขั้นตอนการจัดการ จะทำให้ขั้นตอนอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าชุมชนมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้น

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าชุมชน โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก ชุมชน โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

บทนำ

การใช้พลังงานรวมของประเทศไทยในปัจจุบัน (2562) มีการผลิตพลังงานขั้นต้น 942 บาร์เรลต่อวัน แต่กลับมีการใช้พลังงานขั้นต้น 2,156 พันบาร์เรลต่อวัน ทำให้ปัจจุบันมีการนำเข้าพลังงานขั้นต้น 1,410 พันบาร์เรลต่อวัน ต่อมาพลังงานขั้นต้นจะถูกแปรรูปให้เป็นพลังงานขั้นสุดท้าย 1,535 พันบาร์เรลต่อวัน โดยที่ภาคการขนส่งมีการใช้พลังงานมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาคือภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 36 และ ร้อยละ 13 ตามลำดับ โดยการใช้ไฟฟ้านั้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 จากปีก่อนและเพิ่มขึ้นเกือบทุกสาขา โดยที่ภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดคือร้อยละ 47 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภาคธุรกิจและภาคครัวเรือนอยู่ที่ร้อยละ24-25 บวกกับจำนวนประชากรในประเทศไทยที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ภาวะเศรษฐกิจไทยที่กำลังหดตัว ประกอบกับพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยไม่มีการประหยัดพลังงานไม่ลดการใช้พลังงานหรือไม่ตระหนักถึงการใช้พลังงานเท่าที่จำเป็นจึงส่งผลให้ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้โดยรวมของประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1]

จากปัญหาสถานการณ์พลังงานนี้ รัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น โดยแผนอนุรักษ์พลังงานนี้เริ่มต้นในปี 2554 มีระยะเวลาดำเนินการจนถึงปี 2573 รวมทั้งสิ้น 20 ปี ในปี 2562 มีการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนถึงร้อยละ 8.8 และคิดเป็นร้อยละ16.49 ของพลังงานทั้งหมด พลังงานทดแทนแบ่งเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล ขยะ ก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตไฟฟ้า ร้อยละ 3.17 พลังน้ำขนาดเล็ก ร้อยละ 0.04 พลังน้ำขนาดใหญ่ ร้อยละ 0.56 เชื้อเพลิงชีวภาพ 2.77 และ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล ขยะ ก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตความร้อน ร้อยละ 9.95 นอกจากนี้รัฐบาลได้เริ่มโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากเป็นหนึ่งในนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตั้งขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาพลังงานในปัจจุบันเพิ่มศักยภาพด้านพลังงานภายในประเทศลดค่าใช้จ่ายจากการนำเข้าพลังงานและยังเป็นต้นแบบของการบริหารจัดการสมัยใหม่ที่ประชาชนจะมีโอกาสมีส่วนร่วมกับโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนอย่างเต็มที่ทำให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตใช้และจำหน่ายไฟฟ้าอย่างยั่งยืนส่งเสริมการมีส่วนร่วมเป็นเจ้าของโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนสร้างความมั่นคงระบบไฟฟ้าในพื้นที่ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากให้มีรายได้จากการจำหน่ายเชื้อเพลิงและสร้างการยอมรับของชุมชน แต่ว่าโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากได้ถูกชะลอการดำเนินการในปี 2563 เพื่อทบทวนรายละเอียดในการสนับสนุนภาครัฐและการมีส่วนร่วมของเอกชนและชุมชน [2-4] ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทาง ปัจจัยความสำเร็จของการสร้างโรงไฟฟ้าชุมชนโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแนวทางของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านนโยบายการบริหารปัจจัยด้านทรัพยากรธรรมชาติวัตถุดิบเชื้อเพลิงหรือปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยโดยการศึกษา บทความ วารสาร งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าชุมชนและวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อหาแนวทางและปัจจัยความสำเร็จในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชน โดยมีปัจจัยที่สนใจทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ รูปแบบการบริหาร นโยบาย ปัญหาสิ่งแวดล้อม และเชื้อเพลิง ในงานวิจัยนี้จะใช้กรณีศึกษาทั้งหมด 33 กรณี (ตารางที่ 1) มาเปรียบเทียบกัน โดยจะแบ่งรูปแบบของกรณีศึกษาได้ทั้งหมด 3 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จ รูปแบบที่ 2 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จ และรูปแบบที่ 3 กรณีศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน เช่น มาตรการทางกฎหมายในการควบคุมมลพิษทางอากาศจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางความสำเร็จในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนว่าโรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จควรมีปัจจัยสำคัญด้านใด [8-42] และเปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จกับนโยบายและแนวทางการดำเนินการของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก

ตารางที่ 1 รายชื่อกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชน

กรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จ
1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ชุมชนบ้านคลองเรือ ตำบลปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร [8]
2. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำแผนแม่บทการจัดการขยะมูล ฝอยและของเสียอันตราย จังหวัดปทุมธานี [9]
3. การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานขยะ[10]
4. การพัฒนากฎหมายและการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการปัญหาพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศญี่ปุ่น : บทเรียนต่อประเทศไทย[11]
5. โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดเกาหลีใต้ (YeongheungและDangjin) [12]
6. โรงไฟฟ้าขยะชุมชนขอนแก่น [13]
กรณีศึกษาที่ไม่ประสบความสำเร็จ (มีปัญหา)
7. ความสัมพันธ์ระหว่างโรงไฟฟ้ากับชุมชน [14]
8. การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างเขื่อน/โรงไฟฟ้า กฟผ. กับชุมชนที่อยู่โดยรอบ [15]
9. ขบวนการเคลื่อนไหวเพื่อคัดค้านการสร้างโรงไฟฟ้าขยะ: กรณีศึกษา เครือข่ายลุ่มน้ำแม่ทา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน [16]
10. จริยธรรมการพัฒนา : บทเรียนของโรงไฟฟ้าขยะ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ [17]
11. การประเมินวัฏจักรชีวิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก [18]
12. ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเชียงรากใหญ่ จังหวัดปทุมธานี [19]
13. การจัดการความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับองค์การของรัฐโดยการอนุมัติโครงการ ด้านพลังงานชีวมวล ตำบลสีคิ้ว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา [20]
14. การสร้างอิทธิพลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการนโยบายสาธารณะของไทย: กรณีโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (ถ่านหิน) กระบี่ [21]
15. โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหิน กระบี่ [22 23 24]
กรณีศึกษาอื่น ๆ
16. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ในอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี [25]
17. นวัตกรรมการจัดการไผ่เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในประเทศไทย [26]
18. โรงไฟฟ้ากับการพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืน ศึกษากรณี พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร [27]
19. โอกาสและอุปสรรคในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน [28]
20. แนวทางสร้างการยอมรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช [29]
21. โครงการศึกษาผลต่อชุมชนจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล: กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าชีวมวลรากไม้ยางพารา อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง[30]
22. ปัจจัยการยอมรับของชุมชนที่มีต่อโรงไฟฟ้า: กรณีศึกษาเปรียบเทียบในจังหวัดสุพรรณบุรี[31]
23. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล[32]
24. ผลกระทบและมาตรการทางสิ่งแวดล้อมของกิจการผลิตไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก[33]
25. โรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดเล็กสำหรับชุมชน[34]
26. อิทธิพลการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากขยะ[35]
27. การใช้ระบบความปลอดภัยสมัยใหม่กับโรงไฟฟ้า : กรณีศึกษาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [36]
28. ทิศทางการส่งเสริมพลังงานถ่านหินสะอาดในประเทศไทย [37]
29. เงื่อนไขสำคัญในการจัดการร่วมด้านการจัดการขยะ : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าขยะเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต [38]
30. กระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย [39]
31. มาตรการทางกฎหมายในการควบคุมมลพิษทางอากาศ จากโรงไฟฟ้าขยะที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะ [40]
32. โอกาสทางการตลาดและปัจจัยแห่งความสำเร็จของธุรกิจผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล[41]
33. ขบวนการต่อต้านโครงการรัฐในภาคใต้: วิกฤติหรือโอกาส ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของชุมชน[42]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การดำเนินโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก

โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก มีหลักการคือให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิต ใช้และจำหน่ายไฟฟ้า อย่างยั่งยืน ส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมเป็นเจ้าของโรงไฟฟ้า ส่งเสริมโรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียน ตามศักยภาพเชื้อเพลิงและสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ สร้างความมั่นคงระบบไฟฟ้าในพื้นที่ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากให้มีรายได้จากการจำหน่ายเชื้อเพลงสร้างการยอมรับของชุมชน โดยโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเป็นโครงการที่รัฐบาลจะรับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชุมชนปริมาณทั้งสิ้น 700 เมกะวัตต์ โดยแบ่งเป็น 2 โครงการย่อย คือ โครงการ quick win และ โครงการทั่วไป โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากจะเปิดรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT (Feed-in Tariff) แบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิงได้ 4 รูปแบบได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ(น้ำเสีย/ของเสีย) ก๊าซชีวภาพ(พืชพลังงาน) เชื้อเพลิงไฮบริด โดยที่โรงไฟฟ้าสามารถใช้ระบบกักเก็บพลังงาน (ESS : energy storage system) ร่วมด้วยได้และโรงไฟฟ้าต้องมีขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ รัฐบาลเปิดโอกาสให้วิสาหกิจชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมโดยการเป็นหุ้นส่วนกับโรงไฟฟ้าได้ รูปแบบการซื้อขายเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก ขั้นตอนแรก วิสาหกิจชุมชนขายเชื้อเพลิงให้กับโรงไฟฟ้าชุมชน แล้วโรงไฟฟ้าชุมชนจะจ่ายเงินค่าเชื้อเพลิงให้กับวิสาหกิจชุมชน ขั้นตอนต่อมา โรงไฟฟ้าชุมชนขายไฟฟ้าให้กับรัฐบาล (กฟภ. กฟน.) และรัฐบาล (กฟภ. กฟน.) จะจ่ายเงินให้กับโรงไฟฟ้าชุมชนในอัตรา FiT (Feed-in Tariff) โดยการจ่ายเงินนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือจ่ายให้กับโรงไฟฟ้าชุมชนโดยตรงและเงินส่วนแบ่งรายได้จากการขายไฟฟ้าจะต้องจ่ายให้กองทุนโรงไฟฟ้าชุมชนโดยมีสัดส่วนการแบ่งรายได้จากการขายไฟฟ้าดังนี้ ชีวมวลและก๊าซชีวภาพทุกรูปแบบ ได้รับรับส่วนแบ่งรายได้จากการขายไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 0.25 บาทต่อหน่วย ส่วนระบบไฮบริด ไม่ต่ำกว่า 0.5 บาทต่อหน่วย กองทุนโรงไฟฟ้าชุมชน (กรช.) นำเงินส่วนแบ่งรายจากการขายไฟฟ้าที่ได้จากรัฐบาล(กฟภ.กฟน.)ไปพัฒนาฟื้นฟูชุมชนรอบโรงไฟฟ้าหรือชุมชนท้องถิ่นที่ได้รับผลประโยชน์ตามเงื่อนไขของกองทุนหมู่บ้าน ซึ่งผู้วิจัยได้รวมรวมและนำเสนอสถานการณ์และเรียบเรียงการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก และได้เรียบเรียงเหตุการณ์ที่สำคัญดังนี้

โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากเริ่มต้นโดยการผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ในวันที่ 11 กันยายน พ.ศ.2562 ให้มีการรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT แล้วให้คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) จัดทำหลักเกณฑ์การรับซื้อไฟฟ้าเพื่อเตรียมที่จะประกาศเชิญชวนผู้ที่สนใจจะเข้าร่วมโครงการได้รับทราบและจะมีการเปิดรับฟังความคิดเห็นของผู้ที่สนใจผ่านเว็บไซต์ของ กกพ. ตั้งแต่วันที่ 13 มีนาคม 2563 จนถึงวันที่ 27 มีนาคม 2563 แต่ก็เกิดความล่าช้าเนื่องจากได้รับผลกระทบจาก COVID-19

นายสนธิรัตน์ สนธิจิรวงศ์ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานยื่นใบลาออกจากตำแหน่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานในวันที่ 16 กรกฎาคม ทำให้โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากต้องหยุดชะงักลง ก่อนจะมีการแต่งตั้งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานคนใหม่ คือ นายสุพัฒนพงษ์ พันธ์มีเชาว์และได้ประกาศเตรียมยกเลิกใช้แผน PDP2018 แต่สามารถใช้ได้จนกว่าจะมีแผน PDP2021 ทำให้เหลือแค่โครงการ Quick Win 100 MW ก่อนจะเปลี่ยนชื่อโครงการเป็นโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนนำร่อง 200 MW โครงการนี้มีแผนจะทดลองใช้ที่ อำเภอแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ ซึ่งใช้ซังข้าวโพด เป็นเชื้อเพลิง และที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ ที่ใช้หญ้าเนเปียร์ เป็นเชื้อเพลิง

ดังนั้นสรุปได้ว่าสถานการณ์โรงไฟฟ้าชุมชนในปัจจุบันเกิดความล่าช้าและถูกปรับลดขนาดของโครงการลงจาก 700 MW เหลือ 200 MW เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ไม่ได้ช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ไม่สามารถหาวัตถุดิบเชื้อเพลิงในพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนมาได้ตามความความต้องการ การเปลี่ยนแปลงของนโยบายโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนที่มีสาเหตุมาจากการปรับเปลี่ยนรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน [5-7]

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 4 รูปแบบ ของกรณีศึกษาทั้ง 33 กรณี

กรณีศึกษาทั้ง 33 กรณี		ความถี่	รูปแบบที่ 1 (6กรณี) โรงไฟฟ้าที่ประสบความสำเร็จ		รูปแบบที่ 2 (10กรณี) โรงไฟฟ้าที่ไม่ประสบความสำเร็จ		รูปแบบที่ 3 (17กรณี) กรณีศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	
ปัจจัย	หัวข้อ		ครั้ง	เปอร์เซ็นต์	ครั้ง	เปอร์เซ็นต์	ครั้ง	เปอร์เซ็นต์
ด้านรูปแบบการบริหาร	- มีการทำแบบสอบถามพูดคุยทำความเข้าใจและเปิดรับฟังความคิดเห็น มีชุมชนมามีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจในด้านต่าง ๆ	21	5	83 %	2	20 %	14	82 %
	- ไม่การการทำความเข้าใจกับชุมชน หรือ ไม่กล่าวถึงการร่วมมือของชุมชน	12	1	17 %	8	80 %	3	18 %
	รวม	33	6	100 %	10	100 %	17	100 %
ด้านนโยบาย	- ส่งเสริมด้านผลตอบแทนกลับคืนสู่ชุมชน	19	6	50 %	1	17 %	12	36 %
	- ส่งเสริมด้านความปลอดภัยและการป้องกันอุบัติเหตุ	17	5	42 %	2	33 %	10	29 %
	- ส่งเสริมด้านราคาวัตถุดิบเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ	11	1	8 %	1	17 %	9	26 %
	- ส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ	5	0	0 %	2	33 %	3	9 %
	รวม	52	12	100 %	6	100 %	34	100 %
ด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม	- ไม่มีการเตรียมแผนการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน	15	1	13 %	9	43 %	5	36 %
	- มลพิษทางอากาศ ฝุ่นละออง กลิ่น น้ำและเสียง	12	2	67 %	7	33 %	3	21 %
	- การจัดการขยะ	6	0	0 %	2	10 %	4	29 %
	- บุกรุกธรรมชาติ ป่าหรือพื้นที่หาของป่าของชุมชน	3	0	0 %	2	10 %	1	7 %
	- เทคโนโลยีการเผาที่ไม่มีประสิทธิภาพ	2	0	0 %	1	4 %	1	7 %
	รวม	38	3	100 %	21	100 %	14	100 %
ด้านเชื้อเพลิง	- การใช้เชื้อเพลิงที่ก่อมลพิษได้ง่าย เช่น ขยะหรือถ่านหิน	12	3	100 %	6	75 %	3	38 %
	- ราคาวัตถุดิบเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นธรรม	3	0	0 %	1	12.5%	2	25 %
	- การขนส่งวัตถุดิบเชื้อเพลิงทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและระยะขนส่งที่ไกล	2	0	0 %	0	0 %	2	25 %
	- วัตถุดิบเชื้อเพลิงในพื้นที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชุมชน	2	0	0 %	1	12.5 %	1	12 %
	รวม	19	3	100 %	8	100 %	8	100%

การวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 4 รูปแบบ ของกรณีศึกษา

ปัจจัยด้านรูปแบบการบริหาร กล่าวถึงการมีส่วนร่วมกับชุมชนในระดับต่าง ๆ เน้นเรื่องการพูดคุย การทำประชาพิจารณ์แบบสอบถามและการเปิดเวทีรับฟังความคิดเห็นของชุมชนเป็นส่วนใหญ่มีการสร้างข้อตกลงร่วมกันในเรื่องต่าง ๆ เช่น ร่วมกันออกแบบนโยบายหรือราคาค่าวัตถุดิบเชื้อเพลิง เป็นต้น ทำให้ชุมชนเปิดใจรับฟังมากขึ้นการสนับสนุนและแรงผลักดันจากชุมชนจะทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างชุมชนและโรงไฟฟ้าชุมชน หัวข้อการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนกับโรงไฟฟ้าชุมชนถูกกล่าวถึงมากที่สุดถึง 21 ครั้งโดยในกรณีศึกษารูปแบบที่ 1 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จเห็นได้ว่ามีผลมาจากการมีส่วนของชุมชนถึง 83% สูงมากเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ 2 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จนั้นการมีส่วนร่วมของชุมชนอยู่ที่ 20% เท่านั้นแทบไม่ได้รับการมีส่วนร่วมจากชุมชนเลย นอกจากนี้รูปแบบที่ 3 กรณีศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ยังกล่าวสนับสนุนความสำเร็จของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนที่เกิดจากความร่วมมือกันระหว่างชุมชนและโรงไฟฟ้าชุมชนอีก 82%

ปัจจัยด้านนโยบาย กล่าวถึงเรื่องระบบขนส่งเสริมในด้านต่างๆไม่ว่าจะเป็นนโยบายการส่งเสริมด้านผลตอบแทนกลับคืนสู่ชุมชนด้านราคาวัตถุดิบเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงหรือมีการประกันราคาหรือด้านความปลอดภัยและการป้องกันอุบัติเหตุ จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า รูปแบบที่ 1 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จทั้ง 6 กรณีนั้น มีการพูดถึงนโยบายด้านผลตอบแทนสู่ชุมชนทั้งหมด และพูดถึงนโยบายด้านความปลอดภัยอีก 5 กรณี ตรงกันข้ามกับรูปแบบที่ 2โรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จ มีการพูดถึงกรณีดังกล่าวแค่ 1 และ 2 กรณีตามลำดับ ส่วนกรณีศึกษาอื่น ๆ ผลวิเคราะห์ได้สนับสนุนความสำคัญของนโยบายด้านส่งเสริมด้านผลตอบแทนกลับคืนสู่ชุมชน และส่งเสริมด้านความปลอดภัยและการป้องกันอุบัติเหตุ อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับหัวข้อนโยบายในการส่งเสริมด้านราคาวัตถุดิบเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

ปัจจัยด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม หัวข้อหลักที่พบคือ เทคโนโลยีการเผาไหม้ที่ไม่ช่วยลดฝุ่นควัน การบุกรุกพื้นที่ป่าของชุมชนมลพิษทั้งทางน้ำเสียงและอากาศและปัญหาด้านการขาดแผนหรือแนวทางการป้องกัน แก้ไขผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม แต่หัวข้อที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดคือ ปัญหาด้านการขาดแผนหรือแนวทางการป้องกันและปัญหามลพิษในรูปแบบต่าง ๆ จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า รูปแบบที่ 1 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จ มีการกล่าวถึงปัญหาด้านการขาดแผนหรือแนวทางการป้องกัน 1 ครั้งและปัญหามลพิษในรูปแบบต่าง ๆ แค่ 2 ครั้ง ซึ่งน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 2 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จที่มีการกล่าวถึงปัญหาด้านการขาดแผนหรือแนวทางการป้องกันถึง 9 ครั้งและปัญหามลพิษในรูปแบบต่าง ๆ อีก 7 ครั้ง ส่วนในกรณีอื่น ๆ กล่าวถึงปัญหาด้านต่าง ๆ ไว้พอ ๆ กันเพื่อชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมในหัวข้อต่างๆว่ามีความสำคัญแนวทางการป้องกันและแก้ไขอย่างไร

ปัจจัยด้านเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านอื่น ๆ แล้วถูกกล่าวถึงน้อยมาก แค่ 19 ครั้งเท่านั้น โดยมีเรื่องที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดคือเรื่องการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อมลพิษได้ง่าย เช่น ขยะหรือถ่านหิน 12 ครั้ง รูปแบบที่ 1 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จกล่าวถึงเรื่องการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อมลพิษได้ง่าย 3 ครั้ง รูปแบบที่ 2 โรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จ 6 ครั้ง และรูปแบบที่ 3 กรณีศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอีก 3 ครั้ง จะเห็นได้ว่าเป็นรูปแบบที่ 2 กล่าวถึงเรื่องนี้มากที่สุด

การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก

นโยบายของโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากมีหลักการอยู่ 6 ข้อ คือ 1) ให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตใช้และจำหน่ายไฟฟ้าอย่างยั่งยืน 2) ส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมเป็นเจ้าของโรงไฟฟ้า 3)ส่งเสริมโรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนตามศักยภาพเชื้อเพลิงและสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ 4) สร้างความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในพื้นที่ 5) ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากให้มีรายได้จากการจำหน่ายเชื้อเพลิงและ 6)สร้างการยอมรับของชุมชนจากหลักการข้างต้นจะเห็นว่าโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากให้ความสำคัญกับความร่วมมือของคนในชุมชนและประโยชน์ของคนในพื้นที่เป็นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยด้านปัจจัยด้านรูปแบบการบริหารที่ว่าโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนที่เกิดการยอมรับจากชุมชนและไม่เกิดความขัดแย้งกับคนในชุมชนนั้นจะทำให้ไม่เกิดปัญหาเรื่องการต่อต้านจากคนในชุมชนและยังสามารถร่วมมือกับคนในชุมชนแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ง่ายกว่าอีกด้วย เป็นผลทำให้มีโอกาสที่โรงไฟฟ้าชุมชนจะประสบความสำเร็จสูง ปัจจัยด้านนโยบายโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากยังกล่าวถึงนโยบายที่จะเปิดโอกาสให้ชุมชนเป็นผู้ถือหุ้นถึง 40% มีการกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้า

แบบ FiT ที่เป็นธรรมมากขึ้น นอกจากนี้นโยบายเรื่องเงินส่วนแบ่งรายได้จากการขายไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายให้กองทุนโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อใช้พัฒนาชุมชนพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะเป็นการส่งเสริมการพัฒนาชุมชนโดยตรง โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนยังมีปัจจัยด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ให้ความสำคัญอยู่เช่น ผู้ที่จะเข้าร่วมโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนต้องทำ Mini CoP ทั้งหมด และกฎการคัดเลือกและเกณฑ์การประเมินผู้ที่จะเข้าร่วมโครงการนั้นจะให้สิทธิ์ของผู้ที่ให้ผลประโยชน์กับชุมชนและสิ่งแวดล้อมมากที่สุดก่อน

สรุปผลการวิจัย

กรณีศึกษารูปแบบโรงไฟฟ้าชุมชนที่ประสบความสำเร็จจะมีสัดส่วนปัจจัยความสำเร็จสูงในด้านรูปแบบการบริหารที่ชุมชนมีส่วนร่วมในการบริหารและปัจจัยด้านนโยบายเพื่อชุมชน ส่วนปัจจัยที่ค่อนข้างไปในทางที่ต่ำคือด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีแนวทางการป้องกันแก้ไขและปัจจัยด้านเชื้อเพลิงที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงสะอาด ซึ่งผลตรงกันข้ามกับกรณีศึกษารูปแบบโรงไฟฟ้าชุมชนที่ไม่ประสบความสำเร็จที่มีปัจจัยความสำเร็จในสัดส่วนที่ต่ำด้านรูปแบบการบริหารและปัจจัยด้านนโยบายเพื่อชุมชน ส่วนปัจจัยด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อชุมชนและปัจจัยด้านเชื้อเพลิงเป็นสัดส่วนที่สูง ทั้งนี้ปัจจัยด้านรูปแบบการบริหารมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชุมชนเนื่องจากการทำความเข้าใจและได้รับความร่วมมือจากชุมชนจะส่งผลให้ปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ไม่เกิดปัญหาการต่อต้านจากชุมชนและเมื่อได้รับความร่วมมือจากชุมชน จะทำให้ปัจจัยด้านนโยบายมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จได้มากขึ้น เนื่องจากนโยบายไม่ได้ถูกเขียนขึ้นจากโรงไฟฟ้าฝ่ายเดียวแต่เป็นการตกลงกันระหว่างโรงไฟฟ้าและชุมชน เมื่อปัจจัยด้านนโยบายประสบความสำเร็จจะส่งผลให้ปัจจัยอีกสองด้านคือด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมและด้านเชื้อเพลิงถูกแก้ไขตามไปด้วยเมื่อมีนโยบายที่ดีมีประสิทธิภาพโอกาสเกิดปัญหาจะน้อยลงแต่แนวทางในการแก้ปัญหาและการป้องกันปัญหาจะทำได้ดีขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการให้โรงไฟฟ้าชุมชนประสบความสำเร็จได้นั้นสิ่งแรกที่ต้องให้ความสำคัญคือปัจจัยด้านรูปแบบการบริหารโดยมีชุมชนให้ความร่วมมือในทุกๆ ขั้นตอนการจัดการจะทำให้ขั้นตอนอื่นๆ ที่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าชุมชนมีโอกาสประสบความสำเร็จได้ง่ายมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นอย่างสูง ที่ให้การสนับสนุนแนวคิด ข้อมูล สถานที่ทำงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดคณะอาจารย์และนักศึกษาปริญญาเอกและปริญญาโท ทุกคนที่ช่วยชี้แนะและให้คำปรึกษาในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพิตร คำกลัดและคณะ. (2562). “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2562”. สำนักพิมพ์กระทรวงพลังงาน. กระทรวงพลังงาน.

[2] กระทรวงพลังงาน. (2562). “โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://energy.go.th/2015/

[3] กระทรวงพลังงาน. (2562). “โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.dede.go.th/main.php?filename=index

[4] กระทรวงพลังงาน. (2562). “การประชุมรับฟังความเห็น กฎข้อบังคับ และหลักเกณฑ์การพิจารณาโครงการโรงไฟฟ้า ชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.dede.go.th /main.php?filename=index

[5] กระทรวงพลังงาน. (2562). “ลำดับเหตุการณ์โครงการโรงไฟฟ้าชุมชน” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.dede.go.th/main.php?filename=index

[6] ศูนย์ข่าวพลังงาน. (2562). “ลำดับเหตุการณ์โครงการโรงไฟฟ้าชุมชน” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.energynewscenter.com/

[7] สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2562). “ลำดับเหตุการณ์โครงการโรงไฟฟ้า ชุมชน” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://iie.fti.or.th/

[8] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2561). ” โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ชุมชนบ้านคลองเรือ ตำบลปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.egat.co.th/index.php?option =com_content&view=article&id=1046&Itemid=170

[9] ปัณณพัฒน์ ฤทธิ์เรืองเดช, จำลอง โพธิ์บุญและจุฑารัตน์ ชมพันธุ์. (2560). “การมีส่วนร่วมของประชาชนในการ จัดทำแผนแม่บทการจัดการขยะมูล ฝอยและของเสียอันตราย จังหวัดปทุมธานี”. วารสารดุษฎีบัณฑิตทาง สังคมศาสตร์. 7 (1), 85-99.

[10] จิตรา รู้กิจการพานิชและนุชนาถ สุขสมัย. (2563). “การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานขยะ”. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา. 31 (1), 155-173.

[11] ชาญวิทย์ ชัยกันย์. (2553).“การพัฒนากฎหมายและการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการปัญหาพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศญี่ปุ่น: บทเรียนต่อประเทศไทย”. JSN Journal. 1 (1), 1-18.

[12] ฝ่านสิ่งแวดล้อมโครงการ กฟผ. (2558). “โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดเกาหลีใต้ (YeongheungและDangjin)” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : www.facebook.com/env.egat/posts/1668145616796594/ .

[13] Techsauce. (2562). “โรงไฟฟ้าขยะชุมชนขอนแก่น” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : www.tecsauce.co/tech-and-biz/waste-to-energy-ace-electricity

[14] มานิต เลพล. (2557). “ความสัมพันธ์ระหว่างโรงไฟฟ้ากับชุมชน”. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยปทุมธานี. 6 (3), 50-58.

[15] สุรพงษ์ โสธนะเสถียร. (2558). “การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างเขื่อน/โรงไฟฟ้า กฟผ. กับชุมชนที่อยู่โดยรอบ”. วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจกับบัณฑิตย์. 9 (2), 11-32.

[16] รังรอง ทาบุญเมือง. (2559). “ขบวนการเคลื่อนไหวเพื่อคัดค้านการสร้างโรงไฟฟ้าขยะ: กรณีศึกษาเครือข่ายลุ่มน้ำแม่ทา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน”. วิทยานิพนธ์ วิทยาลัยพัฒนศาสตร์ ป๋วย อึ๊งภากรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[17] เรมวล นันท์ศุภวัฒน์. (2543). “จริยธรรมการพัฒนา: บทเรียนของโรงไฟฟ้าขยะ อ.หางดง จ.เชียงใหม่”. วารสาร สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 18 (1), 72-86.

[18] ชูรีรัตน์ คงเรือง, ปราณี หนูทองแก้ว, จอมภพ แววศักดิ์และสุภวรรณ ฎีระวณิชย์กุล. (2554). “การประเมินวัฏจักรชีวิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก”. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 14 (2), 85-93.

[19] ราเชนทร์ นพณัฐวงศกร. (2561). “ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเชียงรากใหญ่ จังหวัดปทุมธานี”. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน. 24 (2), 183-194.

[20] อนันต์ ไกรบำรุงและศรุตำ สมพอง. (2560). “การจัดการความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับองค์การของรัฐโดยการอนุมัติโครงการ ด้านพลังงานชีวมวล ตำบลสีคิ้ว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา”. วารสาร มจร สังคมศาสตร์ ปริทรรศน์. 6 (2), 883-890.

[21] เขมภัฏ ห้วยลึก. (2563). “การสร้างอิทธิพลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการนโยบายสาธารณะของไทย: กรณี โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (ถ่านหิน) กระบี่”. วารสารการเมืองการปกครอง. 10 (2), 21-44.

[22] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2560). “โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหิน กระบี่” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1882&Itemid=317
[23] The Momentum. (2560). “นานาทัศนะต่อโรงไฟฟ้าถ่านหิน จ.กระบี่: วิกฤตหรือโอกาสที่ชาวกระบี่จะต้องเผชิญไปอีกหลายสิบปี” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา :https://themomentum.co/momentum-feature-coal-fired-plant-in-krabi/
[24] TCIJ. (2561). “ฟังเสียงผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โรงไฟฟ้าถ่านหินกระบี่” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.tcijthai.com/news/2018/27/scoop/8188
[25] ดวงใจ จีนานุรักษ์และพิษณุวัฒน์ ทวีวัฒน์. (2557). “การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ในอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี”. วารสารเศรษฐศาสตร์และกลยุทธ์การจัดการ. 1 (2), 43-50.
[26] ชาคริต ศรีทอง. (2556). “นวัตกรรมการจัดการไผ่เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในประเทศไทย”. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
[27] โชติ ชูสุวรรณ. (2560). “โรงไฟฟ้ากับการพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืน ศึกษากรณี พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร”. วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร.
[28] กฤตภาส มงคลธารงกุลและประพิธารี ธนารักษ์. (2558). “โอกาสและอุปสรรคในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน”. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2558 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
[29] อัฐวุฒิ สืบประดิษฐ์. (2560). “แนวทางสร้างการยอมรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช”. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ 4. วันที่ 4 สิงหาคม 2560 ณ วิทยาลัยการ ปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
[30] อณวัชร์ ชำนาญโชติและณัฐชยา เครือหงส์. (2560). “โครงการศึกษาผลต่อชุมชนจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล: กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าชีวมวลรากไม้ยางพารา อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง”. ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา อาคารรัฐประศาสนภักดี. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนา สถาบันพระปกเกล้า.
[31] ศิริลักษณ์ ปันทะนันท์. (2559). “ปัจจัยการยอมรับของชุมชนที่มีต่อโรงไฟฟ้า: กรณีศึกษาเปรียบเทียบในจังหวัดสุพรรณบุรี”. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
[32] นายพีรภพ จอมทอง. (2559). “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.
[33] วิสาขา ภู่จินดา. (2555). “ผลกระทบและมาตรการทางสิ่งแวดล้อมของกิจการผลิตไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 22 (1), 118-129.
[34] ฐกฤต ปานขลบ. (2557). “โรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดเล็กสำหรับชุมชน”. วารสารนเรศวรพะเยา. 7 (3), 252-259.
[35] คุณานันท์ ทยายุทธ, นรพล จินันท์เดช, จงจิตร์ หิรัญลาภและศุภสิทธิ์ จารุพัฒน์หิรัญ. (2559). “อิทธิพลการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากขยะ”. วารสารดุษฎี บัณฑิตทางสังคมศาสตร์. 6 (3), 138-154.
[36] สมโภชน์ แพงบุปผาและวิฑูรย์ ศาสนนันทน์. (2540). “การใช้ระบบความปลอดภัยสมัยใหม่กับโรงไฟฟ้า: กรณีศึกษาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย”. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
[37] จงจิตร์ หิรัญลาภ. (2562). “ทิศทางการส่งเสริมพลังงานถ่านหินสะอาดในประเทศไทย”. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 29 (2), 185-188.
[38] พสุวดี พลพิชัยและวิยุทธ์ จำรัสพันธ. (2562). “เงื่อนไขสำคัญในการจัดการร่วมด้านการจัดการขยะ: กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าขยะเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต”. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 12 (1), 157-186.
[39] ลัคนา คำเจริญและบัณฑิต เอื้ออาภรณ์. (2555). “กระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย”. วารสารวิจัยพลังงาน. 9 (1), 1-15.
[40] ศิโรรัตน์งูตูล. (2562). “มาตรการทางกฎหมายในการควบคุมมลพิษทางอากาศ จากโรงไฟฟ้าขยะที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะ”. วารสารบัณฑิตศึกษานิติศาสตร์. 12 (3), 528-540.
[41] ปิติพีร์ รวมเมฆ. (2560). “โอกาสทางการตลาดและปัจจัยแห่งความสำเร็จของธุรกิจผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล”. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 11 (3), 259-272.
[42] เบญจวรรณ อุปัชฌาย์. (2563). “ขบวนการต่อต้านโครงการรัฐในภาคใต้: วิกฤติหรือโอกาสด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของชุมชน”. วารสารพัฒนาสังคม. 22 (1), 123-141.

การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน ในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา
Study of Garbage Power Plant in Nakhon Ratchasima Province

ยุทธณา คงจีน[1] ธีรภัทร ดำรงธรรม[1] รุ่งเพชร ก่องนอก[1] ฤทธิชัย ราชแป้น[2]
กฤติเดช บัวใหญ่[1] และกาณฑ์ เกิดชื่น[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการนำขยะมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อสร้างเป็นพลังงานในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในพื้นที่การศึกษาจังหวัดนครราชสีมาทำการศึกษาการประมาณค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากขยะเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าตามสมมุติฐานได้ทำการจำลองเพื่อทดสอบติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในระบบทดสอบมาตรฐานIEEE33โนดโดยทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น2กรณีศึกษาคือทำการทดสอบติดตั้งที่โนด6และโนด18ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาสามารถที่จะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีปริมาณมากกว่าปริมาณความต้องการของโหลดของระบบจำลองที่ศึกษาจึงพิจารณาที่พิกัดประมาณร้อยละ30เพื่อแทนขนาดพิกัดของโรงไฟฟ้าขยะผลการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าพบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลงได้ในขณะที่มีจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับขยะชุมชนเพื่อทำการออกแบบและหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าจริงในอนาคต

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าขยะชุมชน ขยะชุมชน ขยะเชื้อเพลิง แรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

บทนำ

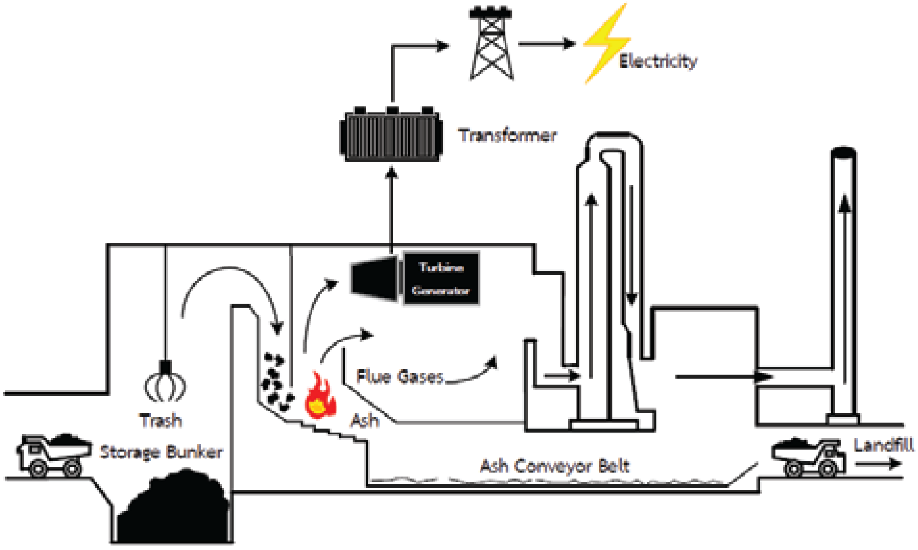
ปัจจุบันปัญหาด้านขยะในเป็นสิ่งที่ประเทศไทยและทั่วโลกกำลังเผชิญและต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากที่ต้องบริหารจัดการอย่างเหมาะสมปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ขยะมีปริมาณมากขึ้นเช่นการเพิ่มขึ้นของประชากรในแต่ละปี การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ รวมถึงพฤติกรรมการใช้ชีวิตของคนในปัจจุบัน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในแต่ละปีหากปัญหาที่กล่าวมาไม่ถูกรีบแก้ไขจะส่งผลต่อสภาพความเป็นอยู่ของคนและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมด้วยขยะบางประเภทไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ[1]

การจัดการปัญหาด้านขยะในจังหวัดนครราชสีมามีการจัดการหลายรูปแบบทั้งนำกลับมาใช้ใหม่ฝังกลบหรือ ได้มีการนำขยะเหล่านี้มาแปรรูปเป็นพลังงานในลักษณะของขยะเชื้อเพลิง(Refuse Derived Fuel ,RDF) คือ ขยะที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยผ่านกระบวนการคัดแยกแล้ว ขยะเชื้อเพลิงนั้นจะมีค่าความร้อนสูง ความชื้นที่ต่ำเหมาะที่จะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โรงไฟฟ้าขยะชุมชนจึงเป็นทางออกหนึ่งในการช่วยลดปัญหาด้านขยะ และจะช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่บ้านเรือนได้

ในงานวิจัยนี้จะทำการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟฟ้าขยะที่ใช้ข้อมูลจากขยะในจังหวัดนครราชสีมา ด้วยระบบทดสอบ IEEE 33 โนด เพื่อทดสอบว่าปริมาณและประเภทขยะที่ได้ทำมาทดสอบนั้นสามารถที่จะปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบได้ซึ่งจะเป็นผลดีในการเลือกใช้เชื้อเพลิงประเภทนี้

วิธีการวิจัย

ขยะมูลฝอยในเขตเทศบาล (Municipal solid waste, MSW) หรือเรียกอีกชื่อว่าขยะชุมชน ถูกนำมาแปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าขยะชุนชนโดยรูปแบบของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองโรงไฟฟ้าขยะชุมชน

การประมาณค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะสามารถคำนวณได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

การกำหนดองค์ประกอบค่าความร้อนของขยะ (Determination of the heating value of the waste components) [2 3]

$$LHV^1 = \sum_{1}^{9} W_j \times HV_j \qquad (1)$$

$$HV = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 H + \beta_3 N + \beta_4 S \qquad (2)$$

โดย LHV^1 คือค่าความพลังงานความร้อนต่ำ HV_j คือองค์ประกอบค่าความร้อนของขยะ W_j คือเศษส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ) สมการของ HV แสดงด้วยสมการที่ (2) โดย β_0 $\beta_1 ... \beta_4$ คือค่าสัมประสิทธิ์ C คือร้อยละปริมาณคาร์บอน H คือร้อยละปริมาณไฮโดรเจน N คือร้อยละปริมาณไนโตรเจน และ S คือร้อยละปริมาณซัลเฟอร์ LHV^2 ทำการคำนวณด้วยสมการของ Dulong แสดงได้ดังสมการที่ (3) และ LHV^3 ทำการคำนวณด้วยสมการของ Steuer แสดงได้ดังสมการที่ (4)

$$LHV^2 = 81C + 342.5\left(H - \frac{O}{8}\right) + 22.5S - 6(W + 9H) \qquad (3)$$

$$LHV^3 = 81\left(C - \frac{3}{8}O\right) + 57\frac{3}{8}O + 345\left(H - \frac{O}{16}\right) + 25S - 6(W + 9H) \qquad (4)$$

การประเมินศักยภาพกำลังไฟฟ้าของ MSW (Estimation of electrical power potemtial of theMSW, EPP_{MSW}) แสดงด้วยสมการที่ (5)

$$EPP_{MSW} = \frac{1000}{3.6} \times LHV_{MSW} \times \frac{W_{MSW}}{24} \times \eta \quad (5)$$

EPP_{MSW} คือศักยภาพกำลังไฟฟ้า (kW) W_{MSW} คือน้ำหนักของ MSW (ตัน) LHV_{MSW} คือค่าความร้อนต่ำของ MSW η คือประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานในโรงไฟฟ้า (ร้อยละ20-ร้อยละ40) ในการคำนวณนี้จะคิดที่ร้อยละ 30 และศักยภาพเครื่องกำเนิดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ์ แสดงด้วยสมการที่ (6)

$$GP = EPP_{MSW} \times \eta_g \times \eta_p \times \frac{1}{1000}(MW) \quad (6)$$

โดย η_g คือศักยภาพของเครื่องกำเนิด (กำหนดที่ร้อยละ 90) η_p คือประสิทธิภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (กำหนดที่ร้อยละ 75)

การวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้า (Power flow analysis)

การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า วิธีการของนิวตันราฟสัน[4] จะใช้ค่าที่กำหนดให้ในบัสเป็นตัวเปรียบเทียบ เพื่อไปคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแต่ละบัส เริ่มต้นพิจารณาจากสมการกระแสไหลเข้าบัส i ในเทอมของเมทริกซ์ของแอตมิตแตนซ์บัส Y_{BUS} แสดงได้ดังสมการที่ (7) และ (8) และคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่างบัสได้จากสมการที่ (9) และ (10)

$$[I_{BUS}] = [Y_{BUS}][V_{BUS}] \quad (7)$$

$$I_i = \sum_{j=1}^{N} Y_{ij} V_j \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \quad (8)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (9)$$

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (10)$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียหาได้จากสมาการที่ (11) และ (12)

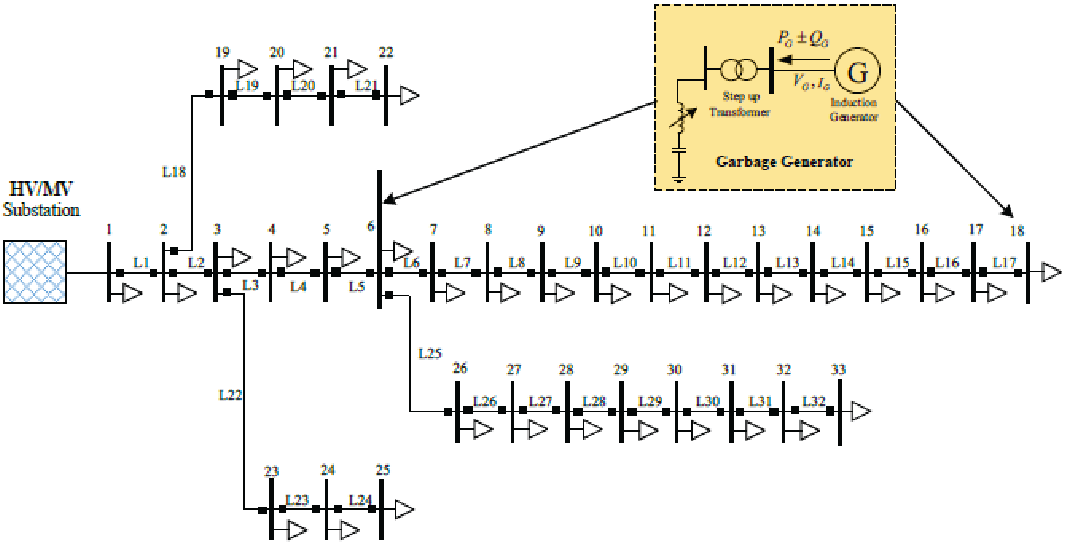
$$S_{lossij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (11)$$

$$P_{Loss} = \text{Real}(S_{ij}) \quad (12)$$

และพิจารณาแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด (Load Voltage deviation : LVD) ได้จากสมการที่ (13)[5 6]

$$LVD = \sum_{k=2...n}^{n} \left(\frac{V^{ref} - V_{(k)}}{V^{ref}} \right)^2 \quad (13)$$

เมื่อกำหนดให้ LVD คือแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด V^{ref} คือแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิง, $V_{(k)}$ คือแรงดันไฟฟ้าที่บัสใดๆ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โนด จำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนด้วยโปรแกรม DIgSILENT® ไว้ที่โนด 6 เป็นตำแหน่งศูนย์กลางของโหลดในระบบและโนด 18 เป็นตำแหน่งที่มีแรงดันตกมากที่สุดในระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โนด เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนด 6 และโนด 18

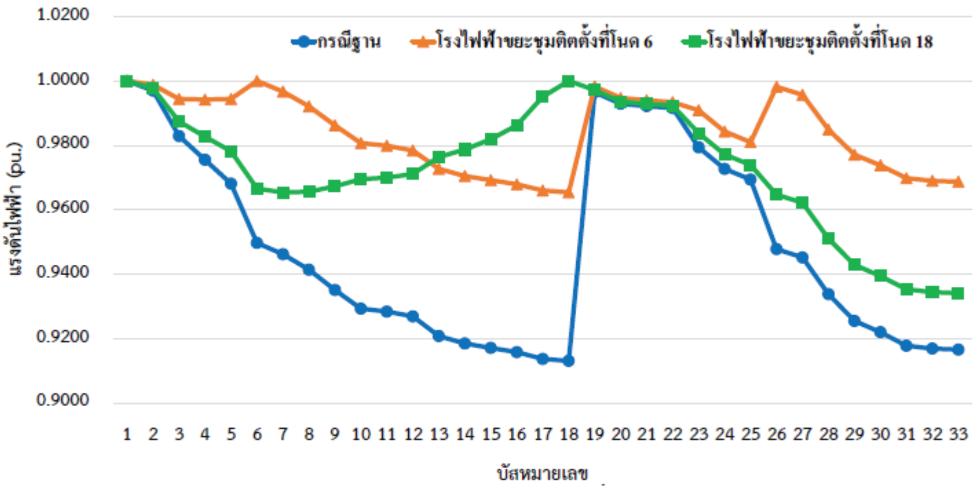
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ษาปริมาณขยะในจังหวัดนครราชสีมาพบว่ามีปริมาณขยะประมาณ 464.35 ตันต่อวัน [7] และจำแนกประเภทของขยะชุมชน แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทขยะชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา

ประเภทขยะ	ร้อยละ
เศษอาหาร	39.74
ไม้	0.87
กระดาษ	8.46
ผ้า	0.54
พลาสติก/ถุง	33.51

จากสมการที่ (1) (2) และ (3) คำนวณค่า LHV^1, LHV^2 และ LHV^3 ได้ 22.23, 25.29 และ 25.08 MJ/kg ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 24.22 MJ/kg จากสมการที่ (4) ได้ศักยภาพกำลังไฟฟ้าที่ 39.05 MW และจากสมการที่ (6) ได้ค่าศักยภาพเครื่องกำเนิดกำลังไฟฟ้าที่ 26.36 MW แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะชุมชนในจังหวัดนครราชสีมาสามารถที่จะนำมาผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟภายในจังหวัดได้แต่ด้วยพิกัดโหลดของระบบทดสอบมีขนาดประมาณ 3.72 MW คิดเป็นร้อยละ 1 จึงกำหนดค่าการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนไว้ที่ 1 MW และทำการจำลองและเปรียบเทียบกรณีฐานและกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนด 6 และโนด 18 ผลจากการจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบรูปแบบแรงดันไฟฟ้าที่บัส กรณีฐาน
และกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนด 6 และโนด 18

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

กรณีศึกษา	LVD		กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Ploss)	
	LVD	ร้อยละ	kW	ร้อยละ
กรณีฐาน	0.12	0	202.51	0
โรงไฟฟ้าขยะชุมชนติดตั้งที่โนด 6	0.01	-89.17	169.11	-16.49
โรงไฟฟ้าขยะชุมชนติดตั้งที่โนด 18	0.04	-69.07	130.09	-35.76

จากรูปที่ 3 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนด 6 และโนด 18 ทำให้แรงดันไฟฟ้าในระบบทดสอบมีค่าที่ดีขึ้นกรณีฐานมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 0.12 และ 202.51 kW เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียระหว่างกรณีฐานและติดตั้งที่โนด 6 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.01 และ 169.11 kW มีค่าลดลงจากกรณีฐานคิดเป็นร้อยละ 89.17 และ 16.49 กรณีติดตั้งที่โนด 18 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.04 และ 130.09 kW เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐานมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.07 และ 35.76

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำขยะชุมชนมาใช้เป็นพลังงานจากขยะเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนพบว่าปริมาณขยะที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากข้อมูลที่นำเสนอพบว่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 26.36 MW และจากการศึกษาการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โนด เนื่องด้วยพิกัดโหลดของระบบทดสอบมีขนาดไม่สูงมาก คิดเป็นร้อยละ 1 จึงพิจารณาขนาดติดตั้งโรงไฟฟ้าที่ 1 MW โดยทำการทดสอบติดตั้งในตำแหน่งที่โนด 6 และโนด 18 พบว่าในกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนด 6 ซึ่งเป็นศูนย์กลางโหลดในระบบมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.01 และ 169.11 kW มีค่าลดลงจากกรณีฐานคิดเป็นร้อยละ 89.17 และ 16.49 กรณีติดตั้ง

ที่โนด 18 เป็นตำแหน่งที่มีแรงดันตกมากที่สุดในระบบมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.04 และ 130.09 kW เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐานมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.07 และ 35.76 การจัดติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในระบบทดสอบสามารถที่จะปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบได้ จากการศึกษาในเบื้องต้นโรงไฟฟ้าขยะชุมชนสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้น ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนกับพื้นที่จริงควรคำนึงถึงการคัดแยกประเภทขยะเพื่อให้ไม่ต้องเสียเวลาคัดแยกในขั้นตอนสุดท้าย สามารถนำขยะไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับขบวนผลิตของโรงไฟฟ้าขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

[1] ณิชชา บูรสิงห์. (2562) “โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ : ทางแก้ปัญหาขยะล้นเมือง หรือเพิ่มมลพิษให้ชุมชน”, จาก https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2562/jan2562-2.pdf

[2] Ibikunle, R.A., Titiladunayo, I.F., Akinnuli, B.O., Lukman, A.F., Ikubanni, P.P., Agboola, O.O., 2018. Modelling the energy content of municipal solid waste and determination of its physiochemical correlation using multiple regression analysis. Int. J. Mech. Eng. Technol. 9 (10), 1–14.

[3] Kumar, J.S., Subbaiah, K.V., Rao, P.P., 2010. Waste to energy-a case study of eluru city, andhara pradesh. Int. J. Env. Sci. 2, 151–162.

[4] H. Saadat, "Power System Analysis," McGraw-Hill: New York, 1999.

[5] Y. Kongjeen and K. Bhumkittipich, "Modeling of electric vehicle loads for power flow analysis based on PSAT," in 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2016, pp. 1-6.

[6] Y. Kongjeen and K. Bhumkittipich, "Modeling of electric vehicle loads for power flow analysis based on PSAT," in 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2016, pp. 1-6. รายงานการสำรวจและประเมินระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนและระบบกำจัดขยะมูลฝอย, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1

การแยกกลีเซอรีนจากไบโอดีเซลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้พัลส์สนามไฟฟ้า
Glycerin Separation from Biodiesel Transesterification Process by Pulsed Electric Field

ธนดล หินเธาว์[1] , ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร[2] และ อำนาจ สุขศรี[2]*
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

น้ำมันปาล์มเป็นผลผลิตที่มีปริมาณมากในประเทศไทย ซึ่งสามารถแปรรูปเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อเพิ่มมูลค่าในท้องตลาดและลดปัญหาผลผลิตล้นตลาดและการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลให้ได้ผลผลิตที่รวดเร็วสามารถทำได้โดยการแยกกลีเซอรีนออกจาน้ำมันไบโอดีเซลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันให้เร็วขึ้นโดยพัลส์สนามไฟฟ้าสามารถเร่งกระบวนการตกตะกอนได้ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเกิดขึ้นจากการนำน้ำมันปาล์มทำปฏิกิริยากับเมทานอลด้วยอัตราส่วน 1:6 โมลโดยมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักพัลส์สนามไฟฟ้าถูกจ่ายผ่านอิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 6 เซนติเมตรและวงใน 1 เซนติเมตร โดยอิเล็กโทรดทั้งสองถูกบรรจุในหลอดแก้วทดลองแรงดันที่ป้อนสร้างจากวงจร Pulse forming network โดยจะมีหน้าที่ควบคุมให้รูปทรงของแรงดันมีค่าเป็นสี่เหลี่ยมคงที่ในขณะที่ค่าความต้านทางของสารเปลี่ยนไปแรงดันสูงสุดในการทดลองมีค่า 500 โวลต์ที่มีความถี่ 1000 , 5000 และ 10000 Hz เปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 58-60 องศาเซลเซียส ผลที่ได้พบว่ากลีเซอรีนเกิดการตกตะกอนได้รวดเร็วที่สุดที่ความถี่ 5000 Hz โดยได้ปริมาณกลีเซอรีนสูงสุดที่ 150 มิลลิลิตร โดยใช้เวลา 20 นาที

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล กลีเซอรีน พัลส์สนามไฟฟ้า การตกตะกอน

บทนำ

ปาล์มเป็นหนึ่งในผลผลิตที่มีปริมาณมากเป็นอันดับต้นๆของประเทศไทย โดยปัจจุบันประสบปัญหาราคาปาล์มตกต่ำดังนั้นการแปรรูปผลผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลจึงเป็นทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าของปาล์มโดยการผลิตต้องอาศัยปฏิกิริยายาที่เรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิในช่วง 40 – 60 °C [1] โดยผลิตที่ได้คือน้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอรีนโดยเมื่อสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันการแยกชั้นของไบโอดีเซลและกลีเซอรีนด้วยการแรงโน้มถ่วงใช้เวลานานกว่า 2-4 ชั่วโมง[2] จึงจะสิ้นสุดกระบวนการตกตะกอน อีกทั้งยังต้องผ่านกระบวนการล้างเพื่อน้ำน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ [3]

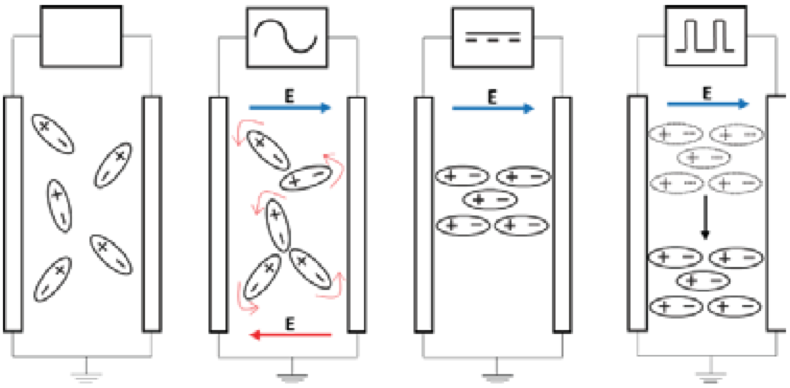
ในการแยกชั้นของสารทั้งสองที่ได้กล่าวมามีการศึกษากระบวนการที่ต่างออกไปเช่นการใช้ปฏิกิริยาเคมีอื่นเข้าช่วยโดยการเติมสาร deep eutectic solvent (DES)[4] แต่ด้วยกรรมวิธีนี้อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนได้หรือการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงสามารถเร่งการตกตะกอนได้รวดเร็วแต่ด้วยการใช้ราคาและพลังงานที่สูง จึงยากต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

มีการศึกษาการใช้กระบวนการทางไฟฟ้าช่วยในการตกตะกอนพบว่าการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคสามารถลดเวลาในการตกตะกอนได้เช่นกันแต่การสั่นของคลื่นส่งผลให้โมเลกุลชนกันและมีโอกาสทำให้เกิดอุณหภูมิสูงเกิน 60 °C [5,6]ซึ่งอุณหภูมิที่สูงจะส่งผลให้แอลกอฮอล์ระเหย ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง[7] การใช้สนามไฟฟ้าเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถทำให้ตกตะกอนได้เนื่องจากการส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของสาร ซึ่งส่งผลต่อการรวมตัวของโมเลกุล

สนามไฟฟ้าและโมเลกุลมีขั้วของกลีเซอรีน

สนามไฟฟ้ามีผลในการจัดเรียงตัวของโมเลกุลมีขั้วอย่างกลีเซอรีน โดยทิศทางของสนามไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะส่งผลให้เกิดการจัดเรียงที่แตกต่างกันไปซึ่งจะจับตัวกันได้ด้วยแรง ไดโพล์ ระหว่างโมเลกุล สนามไฟฟ้าแบบกระแสสลับ (AC electric field) จะส่งผลให้โมเลกุลมีขั้วเกินการหมุนสลับขั้วตามความถี่ของคลื่น โมเลกุลที่หมุนจะมีโอกาสชนกันก่อให้เกิดการถ่ายโอนพลังงานระหว่างโมเลกุล[8] สนามไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC electric field) จะทำให้เกิดการจัดเรียงโมเลกุลเกิดพันธะไดโพล์[9] และมีลักษณะเป็นลักษณะรวมกันแบบผลึกยาวเป็นเส้นเดียวกันและเกิดการตรึงในสนามไฟฟ้าเนื่องจากการจ่ายสนามไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียวทำให้โมเลกุลที่ตกตะกอนถูกลดความเร็วในการเคลื่อนที่ลงส่งผลให้การตกตะกอนช้าลงไปด้วย[10]

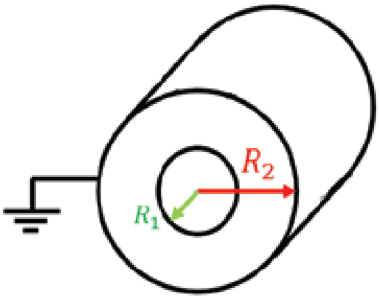
พัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed electric field) เป็นสนามไฟฟ้าที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากขนาดการป้อนคลื่นที่ไม่ต่อเนื่อง จะไม่ทำให้เกิดความร้อน และสามารถส่งผลต่อโมเลกุลที่เล็กระดับเซลล์ ซึ่งเมื่อทำการป้อนPEFให้กับโมเลกุลมีขั้วแล้วจะมีลักษณะคล้ายการป้อนสนามไฟฟ้ากระแสตรงโดยโมเลกุลจะจับตัวเป็นผลึก และในช่วงที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็น 0 เนื่องจากแรงดันที่หยุดจ่าย โมเลกุลที่จับตัวกันจะมีมวลที่มากขึ้นด้วยพันธะและส่งผลให้เกิดการตกตะกอนในช่วงที่ไม่มีสนามไฟฟ้าและตกตะกอนด้วยน้ำหนักที่มากขึ้นตามแรงโน้มถ่วง โดยลักษณะที่กล่าวมาอธิบายด้วยภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลมีขั้วในสนามไฟฟ้า
(1) ไม่มีสนามไฟฟ้า (2) AC E-field (3) DC E-field (4) PEF

อิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม

อิเล็กโทรดแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมมีการกระจายของสนามไฟฟ้ารอบทิศทางโดยประกอบด้วยอิเล็กโทรดภายในที่มีการป้อนแรงดันเพื่อกระจายสนามไฟฟ้าออกสู่อิเล็กโทรดภายนอกที่มีศักย์เท่ากับ 0 ดังแสดงใน ภาพที่ 2 ซึ่งความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดขึ้นอยู่ขนาดของอิเล็กโทรดภายนอก และภายในซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 [11]



ภาพที่ 2 อิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม

$$E = \frac{V}{R \ln \frac{R_2}{R_1}} \qquad (1)$$

โดยที่

E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า (โวลต์/เซนติเมตร)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

R คือ รัศมีจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่ใดๆ (เซนติเมตร)

R_1 คือ รัศมีของอิเล็กโทรดภายใน (เซนติเมตร)

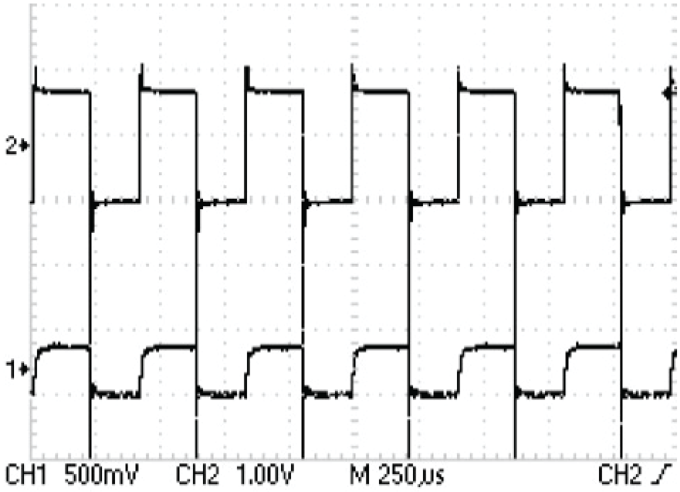
R_2 คือ รัศมีของอิเล็กโทรดภายใน (เซนติเมตร)

จากสมการจะเห็นว่ารัศมีภายในและภายนอกส่งผลต่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันคงที่โดยการเพิ่มรัศมีจองอิเล็กโทรดภายในจะส่งผลให้ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้น แต่จะทำให้ปริมาตรสารที่บรรจุลดลง

พัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed electric field)

พัลส์สนามไฟฟ้าเป็นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันที่ไม่ต่อเนื่องโดยนิยมใช้ในอุตสาหกรรมของอาหารเหลวโดยใช้เพื่อกำจัดจุลินทรีย์แทนการพาสเจอร์ไรซ์ เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดความร้อน และขนาดที่สั้นของคลื่นสนามไฟฟ้า สามารถส่งผลเซลล์ที่มีขนาดเล็กได้[12] อีกทั้งยังสามารถลดความหนืดของสารบางประเภทได้อีกด้วย[13]

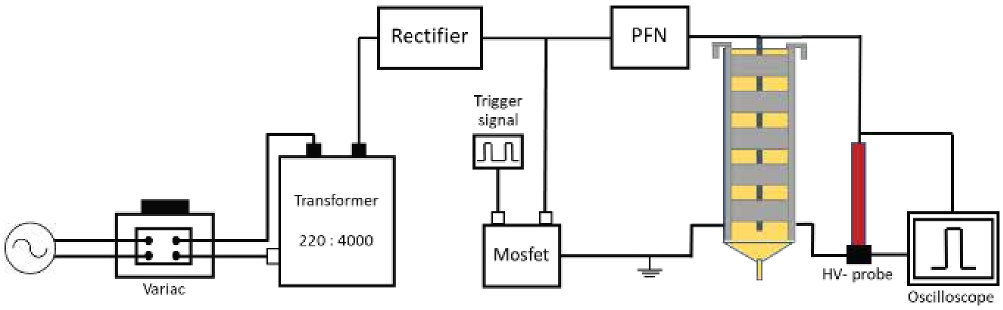
โดยเมื่อสนามไฟฟ้ามีช่วงเวลาการป้อนที่ไม่ต่อเนื่องจะไม่ทำให้เกิดความร้อนในระหว่างการทดลอง ซึ่งในการทดลองการใช้พัลส์สนามไฟฟ้าช่วงตกตะกอนกลีเซอรีนนั้นไม่ต้องการให้เกิดความร้อนเนื่องจากจะทำให้แอลกอฮอล์ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มเกิดการระเหย จะทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง



ภาพที่ 3 แรงดันที่ก่อให้เกิดพัลส์สนาไฟฟ้า

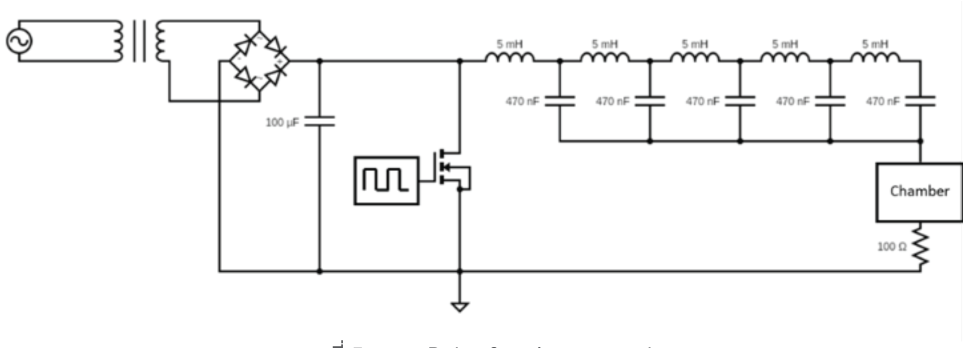
วงจรที่ใช้ในการทดลอง

แรงดัน 220 V 50 Hz ถูกยกระดับด้วยหม้อแปลงอัตราส่วน 220:4000 และปรับให้เป็นแรงดันกระแสตรง(DC voltage) ก่อนเข้าสู่การสวิตช์ให้เกิดเป็นแรงดันพัลส์ และทำการวัดรูปคลื่นแรงดัน ด้วย High voltage probe และ oscilloscope นอกจากนี้ยังทำการวัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานภายนอก (Ro) เพื่อวัดกระแสและนำมาหาความต้านทานของน้ำมันที่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

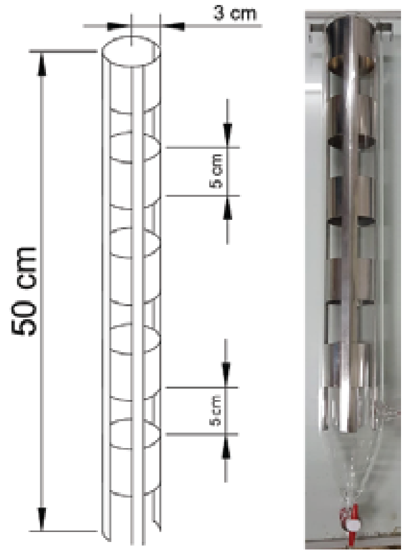
วงจรที่ใช้ในการสร้างแรงดันพัลส์ เป็นวงจรที่ตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งคอยทำหน้าที่ควบคุมลักษณะแรงดันให้เป็นสี่เหลี่ยมในขณะที่โหลดมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยตัวเก็บประจุขนาด 0.47 μF และขดลวดเหนี่ยวนำ 5 mH ถูกต่อเป็นชั้น วงจรนี้เรียกว่า Pulse forming network (PFN) ในขณะที่สวิตช์เปิดการทำงาน แรงดันจะถูกชาร์จผ่านวงจร PFN และเมื่อสวิตช์ปิดการทำงานลง แรงดันที่อยู่ในวงจรจะถูกปลดปล่อยผ่านโหลดซึ่งคือภาชนะที่บรรจุอิเล็กโทรดและน้ำมันภายในทำให้เกิดเป็นสนามไฟฟ้าผ่านน้ำมันระหว่างที่ทำปฏิกิริยา



ภาพที่ 5 วงจร Pulse forming network

การออกแบบอิเล็กโทรด

เนื่องจากการอยู่ในสนามไฟฟ้าจะทำให้ความเร็วของโมเลกุลลดลง เพื่อให้มีช่องว่างให้เกิดการตกตะกอนโดยไม่มีสนามไฟฟ้าอิเล็กโทรดจึงถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมมีขนาดสูง 50 cm เส้นผ่านศูนย์กลางวงในมีค่า 1 cm และภายนอกมีค่า 6 cm วัสดุเป็นสแตนเลส 304 สลับกับพื้นที่ว่าง โดยบรรจุในหลอดทดลองที่มีวาล์วด้านล่างที่สามารถนำกลีเซอรีนด้านล่างของหลอดทดลองออกดังแสดงในรูปที่5เพื่อป้องกันการเกิดการลัดวงจรเนื่องจากปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้นหากเกิดการสัมผัสกับตัวอิเล็กโทรดจะเกิดการลัดวงจรและทำให้ไม่มีสนามไฟฟ้าตกคร่อม ซึ่งแรงดันสูงสุดที่สามารถป้อนให้โดยไม่เกิดโคโรน่า ดิสชาร์จด้วยการออกแบบหลอดแก้วมีค่า 500 V ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าสูงสุดคำนวณตามสมการที่ 1 มีค่า 558.11 V/cm



ภาพที่ 6 อิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม

ผลการวิจัย

การตกตะกอนด้วยสนามไฟฟ้าที่ความถี่ต่างกันเมื่อเทียบกับการตกตะกอนด้วยการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียวพบว่า ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่าอย่างเห็นได้ชัด โดยทำการวัดปริมาตร กลีเซอรีนทุก ๆ 5 นาทีด้วยการนำออกจากวาล์วด้านล่าง พบว่าผลเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาตรของกลีเซอรีนที่ตกตะกอน

เวลาที่สังเกตุ (min)	ปริมาตรของกลีเซอรีน (mL)			
	60 °C	1 kHz	5 kHz	10 kHz
5	15	120	130	100
10	23	135	145	125
15	30	145	150	133
20	37	148	155	138

จากผลพบว่าการตกตะกอนด้วยความถี่ที่สูงขึ้นส่งผลต่อปริมาตรที่ได้รับในการตกตะกอน แต่เมื่อความถี่ที่มากขึ้นจนมีลักษณะคล้ายแรงดันกระแสตรงจะทำให้การตกตะกอนช้าลงจากความถี่ที่ต่ำกว่าและเมื่อวัดค่าความต้านทานจะแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการแยกชั้นของกลีเซอรีนผลการวัดความต้านทานเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความต้านทานของสารในขณะทดลอง

เวลาที่สังเกตุ (min)	ความต้านทานของสาร [Ω]		
	1 kHz	5 kHz	10 kHz
5	666.67	571.43	416.67
10	1666.67	4375	1666.67
15	2500	4375	2222.22
20	3333.33	4375	2500

จากผลของความต้านทางแสดงให้เห็นว่าที่ความถี่5kHzการตกตะกอนเกิดขึ้นในช่วงแรกได้รวดเร็วที่สุดโดยสังเกตุได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานและเมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยการให้ความร้อนพบว่า อัตราการตกตะกอนของที่อุณหภูมิ 60 °C ต่ำกว่าการใช้สนามไฟฟ้าในช่วง 5 นาทีแรกอย่างเห็นได้ชัด

สรุปผลการวิจัย

การใช้พัลส์สนามไฟฟ้าช่วยในการตกตะกอนของกลีเซอรีนโดยผ่านวงจรPFNสามารถเร่งระยะเวลาในช่วงเริ่มต้นไปจนถึง 10 นาที จากนั้นกลีเซอรีนจะตกตะกอนเป็นปริมาณน้อยลงเนื่องจาก ปริมาณกลีเซอรีนที่ถูกรวมเป็นมวลเดียวกันน้อยลง ทำให้โอกาสที่กลีเซอรีนจะจับตัวกันน้อยลงไปด้วย

ที่ความถี่ 5 kHz กลีเซอรีนเกิดการตกตะกอนในปริมาณมากที่สุด เมื่อเทียบกับที่ความถี่ต่าง ๆ ณ เวลาเดียวกันเนื่องจากที่ความถี่ที่สูงเกินทำให้ลักษณะของสนามไฟฟ้าคล้ายแบบDCจะทำให้เกิดการตรึงโมเลกุลของกลีเซอรีนให้อยู่กับที่และตกตะกอนช้าลง อีกทั้งความต้านทานที่วัดได้ยังแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนไปของสารทั้งสองโดยหากเกิดการแยกชั้นที่รวดเร็วความต้านทานของสารจะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการเกิดเป็นไบโอดีเซลของปฏิกิริยา ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากศูนย์วิจัย และพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

[1] A. A. Mayvan et al., “Current Biodiesel Production Technologies: a Comparative Review,” Most, vol. 63, pp. 4–7, 2011.
[2] G. Anastopoulos, Y. Zannikou, S. Stournas, and S. Kalligeros, “Transesterification of vegetable oils with ethanol and characterization of the key fuel properties of ethyl esters,” Energies, vol. 2, no. 2, pp. 362–376, 2009.
[3] S. B. G. Ć and D. U. Skala, “DESIGN AND OPTIMISATION OF PURIFI- CATION PROCEDURE FOR BIODIESEL WASHING *,” vol. 15, no. 3, pp. 159–168, 2009.
[4] M. Hayyan, F. S. Mjalli, M. A. Hashim, and I. M. AlNashef, “A novel technique for separating glycerine from palm oil-based biodiesel using ionic liquids,” Fuel Process. Technol., vol. 91, no. 1, pp. 116–120, 2010.
[5] I. Istadi, A. D. Yudhistira, D. D. Anggoro, and L. Buchori, “Electro-catalysis system for biodiesel synthesis from palm oil over Dielectric-Barrier Discharge plasma reactor,” Bull. Chem. React. Eng. Catal., vol. 9, no. 2, pp. 111–120, 2014.
[6] A. B. Koc and E. H. McKenzie, “Effects of ultrasonication on glycerin separation during transesterification of soybean oil,” Fuel Process. Technol., vol. 91, no. 7, pp. 743–748, 2010.
[7] N. Sirirat, Biodiesel Production From Transesterification Process Using Electric Field. Chiang Mai: Graduate School , Chiang Mai University, 2011.
[8] T. Ratanabuntha, K. Tonmitr, and A. Suksri, “Acceleration in biodiesel production from palm oil process by high voltage electric field,” pp. 225–230, 2018.
[9] E. Abedi, M. A. Sahari, M. Barzegar, and M. H. Azizi, “Designing of high voltage electric field for soybean and sunflower oil bleaching,” Innov. Food Sci. Emerg. Technol., vol. 36, pp. 173–180, 2016.
[10] H. L. Bethlem, F. M. H. Crompvoets, R. T. Jongma, S. Y. T. van de Meerakker, and G. Meijer, Deceleration and trapping of ammonia using time-varying electric fields, vol. 65, no. 5. 2002.
[11] S. Sangsa-ard, High-Voltage Engineering, 3rd ed. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House, 2006.
[12] L. Galván-D’Alessandro and R. A. Carciochi, “Fermentation assisted by pulsed electric field and ultrasound: A review,” Fermentation, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2018.
[13] A. Abbaszadeh, B. Ghobadian, and G. Najafi, “Electrostatic coagulation for separation of crude glycerin from biodiesel,” Adv. Environ. Biol., vol. 8, no. 1, pp. 321–324, 2014.

การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนจากน้ำมันทอดไก่
“The community scale system for producing biodiesel from deep fried chicken oil”

พรนภา เพ็ชรอำไพ[1] บัณฑูร เวียงมูล[1] ชนากานต์ เพิ่มฉลาด[2] และ ศิรินุช จินดารักษ์[1]*

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอ เมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
อำเภอ คลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลมีสมบัติเหมือนน้ำมันดีเซลไบโอดีเซลเกิดจากการนำน้ำมันมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเป็นไบโอดีเซลและมีผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอล ในงานวิจัยนี้มีการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดไก่ที่มีค่ากรดไขมันอิสระเป็น0.66%wtโดยมีการใช้แอลกอฮอลล์เป็นเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาคือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคืออัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1, ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ 1.25 %wt และระยะเวลา 120 นาที ที่มีกำลังการผลิตเป็น 100 ลิตร/วัน ซึ่งจากสภาวะดังกล่าวให้ผลผลิตไบโอดีเซลเป็น 85.96% เมื่อทดสอบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพด้วยเครื่องมือที่ได้มาตรฐานพบว่ามีค่าเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนเมื่อพิจารณาดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในกระบวนการผลิตพบว่าในขั้นตอนการอุ่นน้ำมันการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันและการทำให้บริสุทธิ์ มีค่าเป็น 0.20 0.05 และ 0.17 MJ/l ตามลำดับ และพิจารณาค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนมีค่าเป็น 11.09 2.71 และ 9.71 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล น้ำมันพืชใช้แล้ว ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

Abstract

Biodiesel is alternative energy that has properties similar as diesel and used to replace diesel oil. Biodiesel production was derived from the fats of animals and plants through chemical process for change into biodiesel and glycerol. This research studies the feasibility of biodiesel production from deep fried chicken oil, It has free fatty acid (FFA) 0.66 %wt with methanol (MeOH) and potassium hydroxide (KOH) were used material. The optimum condition for Transesterification reaction, Molar ratio at 6:1 1.25 %wt of KOH and 120 minutes for reaction time. The results show that the maximum yield were 85.96% for capacity 100 l/day. The properties of biodiesel was meet to community biodiesel standards. The specific energy consumption of 100 l/day from electricity in preheating step, Transesterification step and purification step were 0.20, 0.05 and 0.17 MJ/l respectively. When considering the cost of electricity were 11.09, 2.71 and 9.71 baht respectively.

บทนำ

น้ำมันเชื้อเพลิงมีความสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวันอย่างมากโดยการเดินทางและการขนส่งในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงโดยในช่วงต้นปี 2563 ประเทศไทยมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ที่ 66.19 ล้านลิตรต่อวัน ในขณะที่ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน 29.70 ล้านลิตรต่อวัน [1] รัฐบาลจึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาพลังงานทดแทนภายในประเทศเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดการนำเข้า โดยแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจคือไบโอดีเซล ไบโอดีเซล คือ การนำน้ำมันพืช ไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชใช้แล้วมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนให้เป็นสารเอสเทอร์ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ปฏิกิริยาที่ได้รับความนิยมในการผลิตไบโอดีเซลนี้ คือกระบวนการปฏิกิริยา ทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification process) เป็นกระบวนการเติมแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยาลงในน้ำมันกระบวนการนี้เป็นการทำปฏิกิริยาที่ทำค่อนข้างง่ายและไม่ซับซ้อนและมีผลพลอยได้ในการทำปฏิกิริยาคือกลีเซอรอลสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้คือตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสเช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แต่ข้อจำกัดของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเบสคือค่ากรดไขมันอิสระจะต้องมีค่าน้อยกว่า 2 %wt [2]

วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันพืช ไขสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยประเทศไทยมีปริมาณน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการปรุงอาหารแล้วมากถึง 74 ล้านลิตรต่อปี [3] การนำน้ำมันพืชกลับมาใช้ซ้ำในการบริโภค จะส่งผลกระทบและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค หากนำไปจำกัดโดยไม่ถูกสุขลักษณะก็จะก่อปัญหาในการกำจัด

จากงานวิจัยที่ผ่านมา Jose´ M. Encinar [4] ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการศึกษาพบว่า Molar ratio ที่ 6:1 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณความเข้มข้น 1 %wt อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 65 oC ควบคุมระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 120 นาทีให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่สูงที่สุดจากการวิจัยพบว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดจึงได้มีการศึกษางานวิจัยของศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ [5] ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.83 %wt จากการศึกษาพบว่าที่ปริมาณเมทานอล 6 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำมัน 10 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.75 %wt ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 60 นาทีที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีให้ผลผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด 91.03% และเมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ A. A. Refaat และคณะ [6] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและวิเคราะห์คุณภาพของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วที่อยู่ในประเทศอียิปต์ผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1 โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ปริมาณความเข้มข้นที่ 1 %wt ที่อุณหภูมิ 65 oC และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 60 นาที ซึ่งจะใช้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุดเป็น 96.15% และเมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

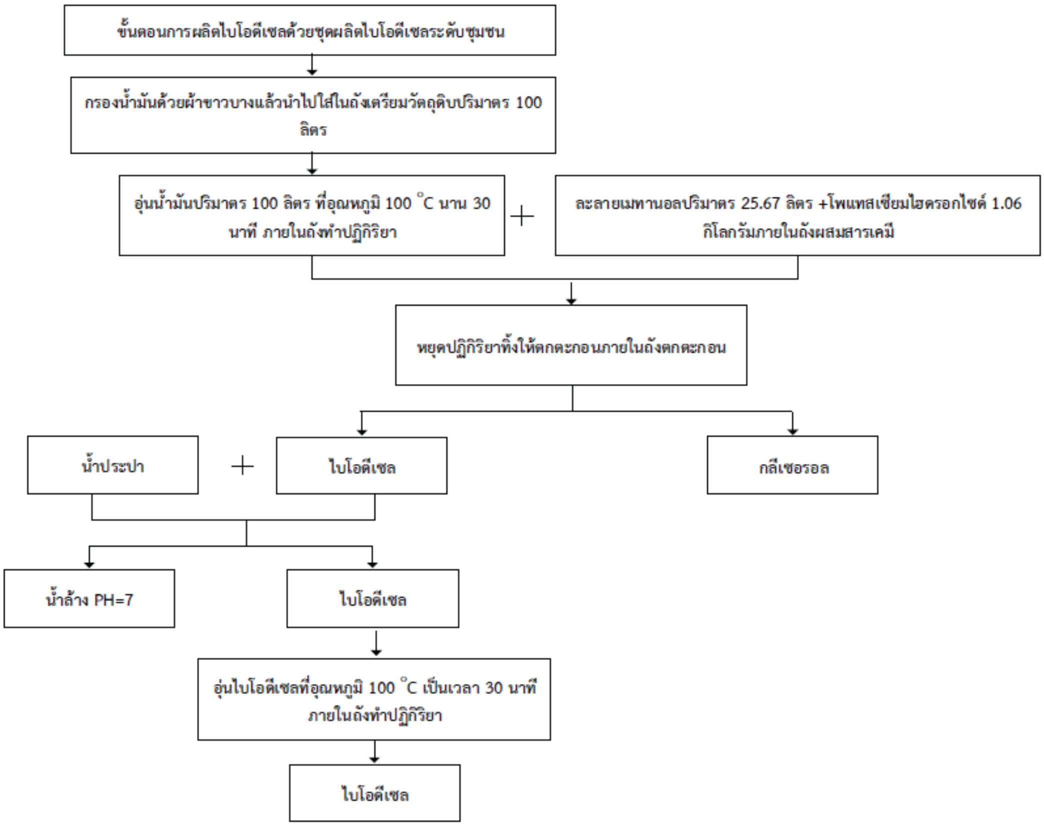
ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้มีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดไก่ที่มีกำลังการเป็น 100 ลิตร/วันเพื่อให้ได้ผลผลิตไบโอดีเซลที่มีปริมาณที่สูงและมีค่าสมบัติทางเคมีและทางทางกายภาพเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) และมีการศึกษาดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

วิธีการวิจัย

ในการผลิตไบโอดีเซลที่มีกำลังการผลิต 100 ลิตร/วัน จะเป็นการผลิตไบโอดีเซลด้วยชุดผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน ซึ่งประกอบด้วย 5 ถัง คือ ถังเตรียมวัตถุดิบที่มีปริมาตร 100 ลิตร เพื่อใช้ในการเตรียมวัตถุดิบถังผสมสารเคมีที่มีปริมาตร25ลิตรเพื่อใช้ในการละลายเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาถังปฏิกิริยาที่มีปริมาตร 206 ลิตร ซึ่งภายในถังจะมีใบกวนและขดลวดความร้อนที่มีกำลังไฟฟ้าเป็น 4,500 วัตต์ เพื่อใช้ในการอุ่นน้ำมันทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันและทำให้บริสุทธิ์ถังตกตะกอนที่มีปริมาตร250ลิตรเพื่อใช้ในการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลและกลีเซอรอลและถังล้างที่มีปริมาตร100ลิตรเพื่อใช้ในการล้างไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ นอกจากนี้จะมีปั้มจำนวน 4 ตัว เพื่อใช้ในการถ่ายเทในแต่ละถัง และจะมีตู้ควบคุมจำนวน 1 หลัง เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของปั้มและขดลวดความร้อนของชุดผลิตไบโอดีเซล การจัดวางและติดตั้งในแต่ละถัง แสดงได้ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ชุดผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน

ในการผลิตไบโอดีเซลที่มีวัตถุดิบคือน้ำมันทอดไก่ที่มีค่ากรดไขมันอิสระมีค่าเป็น0.66wt%ค่าความเป็นกรดมีค่าเป็น 1.32 mgKOH/g ปริมาณน้ำมีค่าเป็น 0.07% ค่าความหนาแน่นที่ 15 oC มีค่าเป็น 0.91 g/cm3และน้ำหนักมวลโมเลกุลของน้ำมันมีค่าเป็น 803.64 g/mole สภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชนนี้จะได้จากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและทำการเพิ่มกำลังการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันทอดไก่โดยที่แอลกอฮอลล์คือเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาคือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการคืออัตราส่วนโดยมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 3:1, 6:1, 9:1, 12:1 และ 15:1 ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 0.75, 1.00, 1.25, 1.50 และ 1.75 โดยน้ำหนัก และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที มีการควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 65 oC และความเร็วใบกวน 600 รอบต่อนาที ตลอดการทำปฏิกิริยา ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลในระดับห้องปฏิบัติการคือ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zahoor และคณะ [7] ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภุมรินทร์ สุภาวาสน์และคณะ [8] และระยะเวลาที่ 120 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุดาพร สุขจินดา [9] จากสภาวะดังกล่าวจะให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่สูงที่สุดเมื่อทราบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดไก่ในระดับห้องปฏิบัติการแล้วจึงทำการขยายกำลังการผลิตเป็น 100 ลิตร/วัน ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลและการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยผลการทดลองในแต่ละส่วนสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน

ในการศึกษานี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนโดยสภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชนนี้จะได้จากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและทำการเพิ่มกำลังการผลิตโดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1 ซึ่งเป็นสภาวะที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ K.kara และคณะ [11] ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ 120 นาที มีการควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 65°C ตามงานวิจัยของ A.A. Refaat และคณะ [6] และ Berchamans และคณะ [12] และความเร็วใบกวน 600 รอบต่อนาที ตลอดการทำปฏิกิริยา ซึ่งจากการผลิตไบโอดีเซลที่สภาวะดังกล่าว จะให้ผลผลิตไบโอดีเซลเป็น 85.96 ลิตร หรือคิดเป็น 85.96 % ซึ่งจะมีผลผลิตที่น้อยกว่างานวิจัยอื่นๆ เนื่องจากมีการสูญเสียในระหว่างการเคลื่อนย้ายถังในกระบวนการผลิต

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล

หลังจากทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะดังกล่าวแล้วจึงนำไบโอดีเซลที่ได้มาทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ได้แก่ ค่าเมทิลเอสเทอร์ ความหนาแน่น 15°C จุดวาบไฟ ค่าความหนืด 40°C ปริมาณน้ำ ค่าความเป็นกรด โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ ไตรกลีเซอไรด์ กลีเซอรอลอิสระและกลีเซอรีนทั้งหมด โดยทำการวิเคราะห์จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยา เขตหาดใหญ่ เทียบกับข้อกำหนดคุณภาพของไบโอดีสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

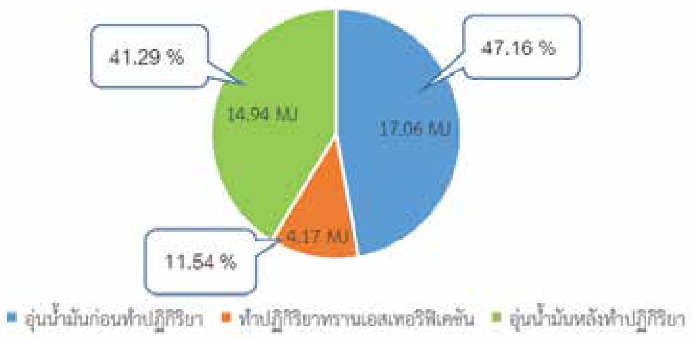
ลำดับที่	ข้อกำหนด	หน่วย	มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน *[13]	ผลการศึกษา	มาตรฐานการวิเคราะห์
1	เมทิลเอสเตอร์	%wt	ไม่ต่ำกว่า 96.5	97.15	EN 14103
2	ความหนาแน่น 15 °C	kg/cm^3	ไม่ต่ำกว่า 860 ไม่เกิน 900	875.80	ASTM D 1298
3	จุดวาบไฟ	°C	ไม่ต่ำกว่า 120	สูงกว่า 120	ASTM D 93C
4	ความหนืด 40 °C	cSt	ไม่ต่ำกว่า 1.9 ไม่สูงกว่า 8.0	5.55	ASTM D 445
5	ปริมาณน้ำ	%wt	ไม่สูงกว่า 0.2	0.03	ISO 12973
6	ค่าความเป็นกรด	mgKOH/g	ไม่สูงกว่า 0.8	0.14	EN14104
7	โมโนกลีเซอไรด์	%wt	ไม่สูงกว่า 0.7	0.31	EN 14105
8	ไดกลีเซอไรด์	%wt	ไม่สูงกว่า 0.2	0.10	EN 14105
9	ไตรกลีเซอไรด์	%wt	ไม่สูงกว่า 0.2	0.10	EN 14105
10	กลีเซอรอลอิสระ	%wt	ไม่สูงกว่า 0.02	น้อยกว่า 0.001	EN 14105
11	กลีเซอรีนทั้งหมด	%wt	ไม่สูงกว่า 1.5	น้อยกว่า 0.08	EN 14105

* ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ปี 2549

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไบโอดีเซลด้วยเครื่องมือที่ได้มาตรฐานพบว่ามีค่าเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพของไบโอดีสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร(ไบโอดีเซลชุมชน)โดยเฉพาะค่าเมทิลเอสเทอร์ของไบโอดีเซลมีค่าเป็น97.35%wtซึ่งมีค่าที่สูงกว่ามาตรฐานไบโอดีเซลและเมื่อพิจารณาค่าความหนืดพบว่าที่สภาวะดังกล่าวพบว่าสามารถลดค่าความหนืดของไบโอดีเซลเหลือเป็น 5.55 cSt แม้จะมีการวิเคราะห์หลังจากการผลิตไบโอดีเซลประมาณ 60 วัน ดังนั้นสามารถนำไบโอดีเซลที่ได้จากการผลิตนี้นำไปใช้งานเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรได้

3. การวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะมีขั้นตอนที่มีการใช้พลังงาน 3 ขั้นตอนคือขั้นตอนการอุ่นน้ำมัน ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันและขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์การใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ในการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะเป็นการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในขั้นตอนต่างๆ ต่อผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$SEC=\frac{\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ในระยะเวลาหนึ่ง}}{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้ในระยะเวลาเดียวกัน}} \qquad (1)$$

จากการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตามสมการที่ (1) พบว่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในขั้นตอนการอุ่นน้ำมัน ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาและขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์มีค่าเป็น 0.20 0.05 และ 0.17 MJ/ลิตร ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอน แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการอุ่นน้ำมัน จะมีการใช้ไฟฟ้าวันละ 4.74 kWh อัตราค่าไฟฟ้า 2.34 บาท/kWh [10] รวมเป็นเงิน 11.09 บาท

2. ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน จะมีการใช้ไฟฟ้าวันละ 1.16 kWh อัตราค่าไฟฟ้า 2.34 บาท/kWh [10] รวมเป็นเงิน 2.71 บาท

3. ขั้นตอนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ จะมีการใช้ไฟฟ้าวันละ 4.15 kWh อัตราค่าไฟฟ้า 2.34 บาท/kWh [10] รวมเป็นเงิน 9.71 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เป็น 23.51 บาทต่อผลผลิต 85.96 ลิตร หรือคิดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็น 0.27 บาท/ลิตร

สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชนที่มีกำลังการผลิตเป็น 100 ลิตร/วัน โดยใช้น้ำมันทอดไก่เป็นวัตถุดิบหลัก เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของน้ำมันพบว่ามีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) 0.66 %wt น้ำหนักมวลโมเลกุลเป็น 803.64 g/mol จึงเลือกใช้ตัวเร่งเป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และแอลกอฮอลล์เป็นเมทานอล สภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคืออัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1 ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 120 นาที อุณหภูมิ 65 oC และความเร็วกวน 600 รอบต่อนาที จะผลผลิตไบโอดีเซลที่สภาวะดังกล่าวเป็น 85.96 ลิตรหรือคิดเป็น 85.96%เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพตามคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีค่าเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลทุกค่าการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในขั้นตอนการอุ่นน้ำมันขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันและขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์พบว่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละขั้นตอนมีค่าเป็น 0.20 0.05 และ 0.17 MJ/ลิตร ตามลำดับ สำหรับการผลิตไบโอดีเซลที่มีผลผลิตเป็น 85.96 ลิตร จะคิดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเป็นลิตรละ 0.27 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยและสถาบันวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2563). สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้า [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric, เข้าดูเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2563

[2] พจนา บางแสง. (2557). การศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันจระเข้โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกไข่จระเข้.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[3] เบญจวรรณ มุ่งแฝงกลาง. (2559). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันปลากะพงขาวโดยใช้ก้างปลากะพงขาวและแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[4] J.M. Encinar, J.F. González, A. Rodríguez-Reinares .(2015). Ethanolysis of used frying oil; Biodiesel preparation and characterization. Fuel Processing Technology 88 (2015).p. 513–522.

[5] ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ, เสาวภา ชูมณี, วิไลพร ปองเพียร, รุจิรา คุ้มทรัพย์ และนันทรักษ์ รอดเกตุ. (2552). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์. Journal of Science & Technology Phetchabun Rajabhat University (JSTPCRU), January-June, Volume-3, pp-1-12

[6] A. A. Refaat; N. K. Attia; H. A. Sibak; S. T. El Sheltawy, G. I. ElDiwani.(2008) .Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. Environ. Sci. Tech., 5 (1), p.75-82, Winter 2008 ISSN: 1735-1472

[7] Zahoor Ullah, Mohamad Azmi Bustam, Zakaria Man.(2015). Biodiesel production from waste cooking oil by acidic ionic liquid as a catalyst. Renewable Energy 77 (2015) 521-526

[8] ภุมรินทร์ สุภาวาสน์ มงคล ดำรงค์ศรี และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์ (2011). การศึกษาเพื่อนำไขมันปลาจากระบบบำบัดน้ำเสียไปผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 20 (ฉบับที่ 1) มกราคม – มิถุนายน.หน้า 95-105

[9] สุดาพร สุขจินดา. (2555). การพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้แล้วด้วยปฏิกิริยาที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[10] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2562). อัตราค่าไฟฟ้า. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Rate2015Update.pdf?ver=2018-10-02-111212-590 เข้าดูเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2563

[11] K. kara, F. Ouanji, El M. Lotfi, Mohi. (2018). Biodiesel production from waste fish oil with high free fatty acid content from Moroccan fish-processing industries. Egyptian Journal of Petroleum 27 (2016) pp. 249-955.

[12] Berch mans H.J., Hirota S. (2007). Biodiesel production from crude Jatropha curcas seed oil with a high content of free fatty acids. Biosour Technol, 99: 1716-21.

[13] ประกาศกรรมธุรกิจพลังงาน. (2549). กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/ewt_d)_link.pho?nid=371 เข้าดูเมื่อ 11 ตุลาคม 2563

ผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำด้วยเครื่องอบแห้ง แบบฟลูอิไดซ์เบดลมร้อน
Parboiled Rice Production without Steaming by Hot Air Fluidized Bed Drying

ปณิดา กัณหะ* ธนิต สวัสดิ์เสวี[1] และสมเกียรติ ปรัชญาวรากร[2]
[1]สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

ข้าวนึ่งเป็นข้าวที่ถูกผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้าวโดยข้าวนึ่งที่ได้จะมีปริมาณสารอาหารที่สูง และทนต่อการแตกหักทำให้สามารถขนส่งได้ง่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด หาสมบัติของข้าวนึ่งภายหลังการอบแห้ง และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งกระบวนการผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช่ไอน้ำของงานนี้แบ่งเป็นสองขั้นตอนคือ 1) แช่ข้าวเปลือกในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3.5 h จนกระทั่งมีความชื้นประมาณ 44.3 – 46.4 %(d.b.) 2) อบแห้งข้าวเปลือกหลังการแช่ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160°C ความเร็วลม 3.5 m/s จนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายมีค่าประมาณ 20 %(d.b.) จากการทดลองพบว่าการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น ที่อุณหภูมิอบแห้ง 150oC จะให้ค่าร้อยละของต้นข้าวดีที่สุดเมื่อความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งอยู่ในช่วง 22–24%(d.b.) และได้ค่าความขาวของข้าวนึ่งมีค่าสูงที่สุดด้วยจากการเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการทดลองการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดข้าวพบว่าผลการจำลองเป็นในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง

คำสำคัญ: การอบแห้ง ข้าวนึ่ง ฟลูอิไดซ์เบด

บทนำ

ข้าวนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูงซึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มมูลค่าสำหรับการส่งออกโดยข้าวนึ่งสามารถขนส่งไปในระยะทางไกลๆได้เนื่องจากเมล็ดข้าวไม่แตกหักง่ายเพราะสตาร์ชภายในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนเซชันหลอมไปยึดรอยแตกภายในเมล็ดข้าว กระบวนการผลิตข้าวนึ่งในปัจจุบันที่ใช้กันประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) กระบวนการแช่ (Soaking) ซึ่งน้ำจะถูกดูดซึมผ่านเปลือกเข้าไปในเมล็ดข้าว ทำให้สารอาหารที่เปลือกบางส่วนซึมเข้าไปในเมล็ดด้วย [1] อุณหภูมิของน้ำที่ใช้แช่ที่สูงจะช่วยลดระยะเวลาในการแช่ลงได้แต่ไม่ควรมีค่าเกินกว่าอุณหภูมิของการเกิดเจลาติไนเซชัน(Gelatinization Temperature) [2-3] 2) กระบวนการนึ่ง (Steaming) ด้วยไอน้ำซึ่งในกระบวนการนี้จะต้องควบคุมระยะเวลาและอุณหภูมิในการนึ่งเพื่อทำให้สตาร์ช (Starch) เกิดเจลาติไนเซชันอย่างสมบูรณ์ [4] 3) กระบวนการอบแห้ง (Drying) ซึ่งจะอบแห้งข้าวเปลือกหลังจากผ่านกระบวนการนึ่งการผลิตข้าวนึ่งในขั้นตอนการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดนั้นจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะลดกระบวนการผลิตลงด้วยการไม่ใช่กระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำ [5] ซึ่งจะทำโดยการนำข้าวเปลือกแช่น้ำร้อนจนมีความชื้นเพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชันซึ่งมีค่าความชื้นประมาณ 45-50%(d.b.) ต่อจากนั้นจึงนำข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่แล้วไปอบแห้งแนวคิดนี้ได้มีการประยุกต์ใช้เบื้องต้นในระดับอุตสาหกรรมเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตข้าวนึ่ง [4,6-7] ซึ่งพบว่าการแช่ให้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงกว่า 40 %(d.b.) และอบแห้งที่อุณหภูมิ 170°C จะทำให้ข้าวนึ่งเกิดเจลาติไนเซชันที่สมบูรณ์ได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งที่มีต่อการผลิตข้าวนึ่งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน(Fluidization)ด้วยลมร้อนโดยไม่ใช้ไอน้ำโดยจะศึกษาถึงจลนพลศาสตร์การอบแห้งร้อยละของต้นข้าว ค่าสีของข้าวนึ่ง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน และพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

วิธีการวิจัย

1.อุปกรณ์และวิธีทำการทดลอง

ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองคือข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 80 (กข 31) ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูง (ประมาณ 27.3 – 29.8 %) การทดลองเริ่มจากการล้างทำความสะอาดข้าวเปลือก ต่อจากนั้นนำแช่น้ำร้อนจนมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 45±1 % (d.b.) ข้าวเปลือกจะถูกแช่ในน้ำร้อนที่ 65°C เป็นระยะเวลา 3.5 h จนกระทั่งได้ความชื้น 44 – 46 % (d.b.) นำข้าวที่ผ่านการแช่มาพักไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของเมล็ดข้าวลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ต่อจากนั้นเก็บข้าวไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 – 6°C เป็นเวลา 2 – 3 วัน แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยลมร้อน โดยจะอบแห้งเป็นแบบงวด (Batch) ใช้ข้าวครั้งละ 300 g ซึ่งมีความสูงเบดประมาณ 1 cm อบแห้งที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160°C ที่ความเร็วลม 3.5 m/s หลังจากอบแห้งแล้วทำการวัดอุณหภูมิเมล็ดข้าว และค่าความชื้น ต่อจากนั้นพักข้าวไว้ในอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่มีอากาศถ่ายเทเป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง จนข้าวนึ่งมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 – 16 %(d.b.)[8] แล้วจึงนำไปเก็บข้าวไว้เป็นเวลา 7 – 14 day ก่อนนำไปขัดสีหาค่าร้อยละต้นข้าว และค่าความขาวต่อไป

2. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การจำลองหาการลดลงของความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวใช้สมการการถ่ายโอนความร้อนและมวลสาร โดยมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้ 1) เมล็ดข้าวมีค่าความชื้น และอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันทั้งเมล็ด 2) เมล็ดข้าวมีสมบัติเหมือนกันทั้งเมล็ดในทุกทิศทาง 3) ภายในเมล็ดมีการถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อนเท่านั้น 4) น้ำภายในเมล็ดจะถูกถ่ายโอนออกมาโดยการแพร่ (Liquid diffusion) และถ่ายโอนความร้อนที่ผิวของเมล็ดเป็นแบบการพาความร้อน

2.1 สมการการถ่ายโอนมวลสาร

การถ่ายโอนมวลสารเกิดจากการแพร่ความชื้นในเมล็ดซึ่งกำหนดให้เป็นไปตามกฎการแพร่ความชื้นของฟิกค์(Fick's law) โดยจะพิจารณาการแพร่ตามทิศทาง x y และ z ตามสมการที่ 1

$$\frac{\partial M_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_{eff}\frac{\partial M_p}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{eff}\frac{\partial M_p}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(D_{eff}\frac{\partial M_p}{\partial z}\right) \quad (1)$$

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT_p}\right) \quad (2)$$

เงื่อนไขเริ่มต้น ที่ $t = 0,$ $M_p = M_{in}$

เงื่อนไขขอบเขต ที่ $t > 0,$

$$h_m(M_{ps} - M_{eq}) = D_{eff}\left(\frac{\partial M_p(t)}{\partial x} + \frac{\partial M_p(t)}{\partial y} + \frac{\partial M_p(t)}{\partial z}\right)$$

โดยที่ D_{eff} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำภายในเมล็ดข้าวเปลือก(m^2/s), D_0คือ อาร์เรเนียสแฟคเตอร์ (m^2/s), E_a คือ พลังงานก่อกัมมันต์ (J/mol), h_m คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล(m/s), R_p คือค่าคงตัวของแก๊ส(J/mol.K), M_{in} คือ ความชื้นริ่มต้นของเมล็ดข้าว (kg water/kg dry solid) M_p คือ ความชื้นของเมล็ดข้าว (kg water/kg dry solid) M_{eq} คือ ความชื้นสมดุล (kg water/kg dry solid), M_{ps} คือความชื้นที่ผิวด้านนอกของเมล็ดข้าวเปลือก (kg water/kg dry solid), t คือระยะเวลาในการอบแห้ง (s)

2.2 สมการการถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อนภายในเมล็ดเกิดจากนำความร้อนตามทิศทาง x, y และ z ตามสมการที่ 3

$$\rho_p C_p \frac{\partial T_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}(k_p \frac{\partial T_p}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(k_p \frac{\partial T_p}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(k_p \frac{\partial T_p}{\partial z}) \qquad (3)$$

เงื่อนไขเริ่มต้น ที่ $t = 0$, $T_p = T_{in}$

เงื่อนไขขอบเขต ที่ $t > 0$,

$$h_t(T_a - T_{ps}(t)) - \lambda \rho_p \frac{V_p}{A_p}\frac{\partial M_p}{\partial t} = k_p\left(\frac{\partial T_p(t)}{\partial x} + \frac{\partial T_p(t)}{\partial y} + \frac{\partial T_p(t)}{\partial z}\right)$$

โดยที่ C_p คือค่าความร้อนจำเพาะของเมล็ดข้าวเปลือก (J/kg.K), T_{in} คืออุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดข้าวเปลือก (K), T_p คือ อุณหภูมิภายในเมล็ดข้าวเปลือก(K), T_a **คืออุณหภูมิของลมร้อน** (k),ρ_p คือค่าความหนาแน่นของเมล็ดข้าวเปลือก (kg/m3), k_p คือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเมล็ดข้าวเปลือก (W/m.K), h_t คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2.K$), λ คือความร้อนแฝงของการระเหย(J/kg), V_p คือปริมาตรของเมล็ดข้าวเปลือก(m^3), A_p คือพื้นที่ผิวนอกเมล็ดข้าวเปลือก (m^2) (check ตัวแปรอีกครั้ง ยังใส่ไม่ครบครับ) T_{ps} คืออุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของเมล็ดข้าวเปลือก (K) ในการจำลองนี้จะใช้อุณหภูมิอบแห้งอยู่ในช่วง 140 – 160 °C ความเร็วของอากาศที่ใช้อบแห้ง 3.5 m/s

3. การวิเคราะห์คุณภาพข้าวนึ่ง

3.1 ร้อยละต้นข้าว

ร้อยละต้นข้าว(Head rice yield, HRY) หาจากสัดส่วนของน้ำหนักต้นข้าว กับน้ำหนักข้าวเปลือก โดยต้นข้าว มีขนาดเทียบกับข้าวเต็มเมล็ดอยู่ที่ร้อยละ 50 ของข้าวเต็มเมล็ด เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณข้าวเปลือก 100 kg จะให้ปริมาณข้าวสารหลังการขัดสีรวมอยู่ที่ 66 – 72 กิโลกรัมประกอบไปด้วยข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ และปลายข้าว [9]

3.2 ค่าสี

ค่าสีของข้าววัดโดยเครื่องตรวจวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex โดยวัดเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*)

3.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC (MJ/kg)) คือพลังงานที่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำออกจากข้าวเปลือกระหว่างกระบวนกระบวนการผลิตข้าวนึ่งโดยพลังงานที่ใช้จะเป็นผลรวมของพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลมและผลิตความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตตามสมการที่ 5

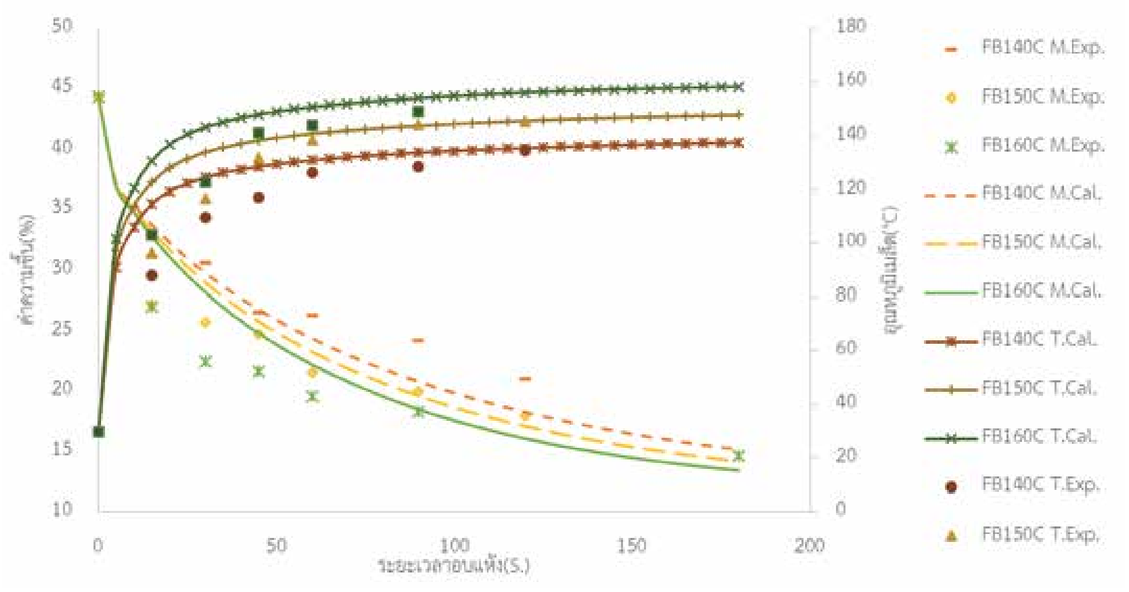
$$SEC = \frac{E_{blower}+E_{Heater}}{m_{water\ evap.}} \qquad (5)$$

โดยค่าE_{blower} คือค่าพลังงานที่พัดลมใช้ในการพัดอากาศ (MJ), E_{Heater}คือค่าพลังงานที่เครื่องทำความร้อนใช้ (MJ), $m_{water\ evap}$คือปริมาณน้ำที่ถูกระเหยออกไป (kg)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1.จลนพลศาสตร์การอบแห้งข้าวนึ่งของการทดลอง และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ภาพที่ 2 แสดงจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวนึ่ง และอุณหภูมิเมล็ดที่อุณหภูมิอบแห้งต่างๆ จากการทดลองพบว่าการลดลงของความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาในการอบแห้งจะน้อยลงโดยที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 2 min, 1.5 min และ 1 minตามลำดับในการอบแห้งในช่วง15sแรกจะสังเกตได้ว่าความชื้นของเมล็ดข้าวจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากน้ำระเหยออกจากเมล็ดข้าวอย่างเร็วหลังจากนั้นความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองพบว่าการลดลงของความชื้นของทั้งการทดลองและการจำลองจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการลดลงของความชื้นที่ได้จากการจำลองจะมีค่าที่สูงกว่าการทดลองในทุกอุณหภูมิ ค่าความชื้นที่ได้จากการจำลองมีค่าแตกต่างจากการทดลองประมาณ 5 % (r^2= 0.926 - 0.969) สำหรับอุณหภูมิของเมล็ดพบว่า ผลการจำลอง และผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือเมื่อเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของเมล็ดข้าวจะสูงขึ้นตามไปโดยผลจากการจำลองมีค่าแตกต่างจากการทดลองประมาณ 6 % (r^2=0.937 – 0.949)



ภาพที่ 2 ความชื้น และอุณหภูมิเมล็ดข้าวกับเวลาการอบแห้ง
ที่อุณหภูมิอบแห้ง 140 150 และ 160°C

2.ค่าร้อยละต้นข้าว

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160oC ที่ค่าความชื้นอยู่ในช่วง 22 – 24%(d.b.) มีค่าร้อยละต้นข้าว 56.43 58.73 และ 57.2 ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าร้อยละต้นข้าวจะเพิ่มขึ้น และค่าร้อยละต้นข้าวจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความชื้นสุดท้ายลดลงต่ำกว่า28%(d.b.)[10]ค่าร้อยละต้นข้าวหลังการอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากการให้ความร้อนร่วมกับปริมาณความชื้นที่เพียงพอมีผลให้สตาร์ชภายในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนเซชันช่วยผสานรอยแตกร้าวของเมล็ดข้าวทำให้เมล็ดข้าวทนต่อการขัดสีได้มากขึ้น[11]แต่อย่างไรก็ตามเมื่อค่าความชื้นที่ต่ำกว่า 22%(d.b.) ค่าร้อยละต้นข้าวจะลดลงอย่างรวดเร็วส่งผลทำให้ให้เมล็ดข้าวมีรอยแตกร้าวและหัก ในการทดลองนี้ที่อุณหภูมิ150°Cจะได้ค่าของร้อยละต้นข้าวที่สูงที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดเจลาติไรเซชันภายในเมล็ดข้าวที่สูงที่อุณหภูมินี้

3.ค่าสี

ตารางที่ 1 แสดงค่าความสีของข้าวหลังการอบแห้งที่จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้าย 22 – 24% จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 150°C ข้าวนึ่งที่ได้จะมีค่า L* ที่สูงที่สุด และค่า b* ต่ำที่สุด กรณีที่อุณหภูมิอบแห้ง 160 °C จะมีค่า L* ที่น้อยที่สุดและค่า b* สูงที่สุดเนื่องจากมีอุณหภูมิอบแห้งที่สูงทำให้ค่า L* ลดลงและ b* เพิ่มสูงขึ้น และในกรณีของอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 °C ค่า L* จะมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150oC และค่า b* ที่สูงกว่าที่อุณหภูมิ 150oC เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่นานกว่า เมื่อเปรียบเทียบค่า L* ของข้าวหลังการอบแห้งกับข้าวก่อนการอบแห้งพบว่าค่า L*ของข้าวหลังการอบแห้งมีค่าน้อยกว่าค่า L* =ของข้าวก่อนการอบแห้งในทุกอุณหภูมิการอบแห้งเนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า L* ของเมล็ดข้าวนึ่งลดลง [2]

ตารางที่ 1 ค่าสีของข้าวที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160 °C ที่ความชื้นสุดท้าย 22 – 24% (d.b.)

อุณหภูมิอบแห้ง	ระยะเวลาอบแห้ง (s)	*L**	*a**	*b**
FB 140 °C	90	51.36±0.73 ^{a}	3.07±1.12 ^{b}	21.33±2.47 ^{b}
FB 150 °C	60	53.22±0.94 ^{b}	-0.76±0.15 ^{a}	15.87±0.58 ^{a}
FB 160 °C	30	52.38±0.88 ^{ab}	-0.52±0.56 ^{a}	17.17±0.60 ^{a}
ข้าวเปลือกก่อนเข้ากระบวนการทำข้าวนึ่ง		62.88±0.21	-1.37±0.51	11.77±0.50

4. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)

ค่า SEC ในการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 140, 150 และ 160 °C มีค่า 10.22, 8.63 และ 3.82 MJ/kg water evap. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า SEC ที่อุณหภูมิ 140°C จะมีค่าสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าค่า SEC ที่ 150 °C และ 160 °C อยู่ที่ประมาณ 15.56% และ 62.62% ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากเวลาในการอบแห้งที่นานในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิอื่นใช้เวลาในการอบแห้งที่น้อยกว่าซึ่งเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อค่า SEC มากกว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง

สรุปผลการวิจัย

การผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำด้วยการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยอาศัยลมร้อนโดยผ่านการแช่ข้าวเปลือกจนมีความชื้นอยู่ที่ 44 – 46 %(d.b.) แล้วลดความชื้นด้วยการอบแห้งจนมีค่าความชื้นประมาณ 20 %(d.b.) พบว่าความชื้นสุดท้ายสำหรับการอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตข้าวนึ่งจากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 80 อยู่ในช่วง 22 – 24 %(d.b.) และอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมคือ 150 °C ซึ่งจะให้ข้าวนึ่งที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากร้อยละต้นข้าวและค่าความขาวของข้าวนึ่งโดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 8.6 MJ/kg water evap. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถทำนายการลดลงของความชื้น และอุณหภูมิของเมล็ดข้าวได้ค่อนข้างดีโดยมีมีค่าความผิดพลาดประมาณ 5-6 %

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ภายใต้โครงการทักษะบัณฑิตพลังงาน สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Bhattacharya, K.R., Ali, S.Z. 1976. A Sedimentaiton test for Pregelatinized Rice. Lebensm Wiss Technol. Vol. 9. pp. 36-37.

[2] Rabiul Islam, Md., Poritosh Roy, Naoto Shimzu and Toshinori Kimura. 2002. Effect of Processing Conditions on Physical Properties of Parboiled Rice. Food Science and Technology Research. Vol. 8. No. 2. pp. 106-112.

[3] Jaiboon P, Poomsa-ad N, Tungtrakul P, Soponronnarit S. 2016. Improving head rice yield of glutinous rice by novel parboiling process. Drying Technology. Vol. 34(16):1991–1999.

[4] Ebrahim Taghinehad, Mohammad Hadi Khoshtaghaza, Saeid Minaei, Toru Suzuki, Torn Brenner. 2016. Relationship Between Degree of Starch Gelatinization and Quality Attributes of Parboiled Rice During Steaming. Rice Science. Vol.23. No.6, pp. 339-344.

[5] อีลีหยั๊ะ สนิโซ, ธนิต สวัสดิ์เสวี, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2560. “ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตข้าวนึ่งด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดอากาศร้อนและฟลูอิไดซ์เบดอากาศร้อนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ”. การประชุมวิชาการสมาคมเกษตรกรแห่งประเทศไทยระดับชาติ. ครั้งที่ 18.

[6] ณัชพล หาญอวยพรเลิศ. 2561. การผลิตข้าวนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำโดยเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดในระดับนำร่อง.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 78 หน้า.

[7] Rabiul Islam, Md., Poritosh Roy, Naoto Shimzu and Toshinori Kimura. 2002. Effect of Processing Conditions on Physical Properties of Parboiled Rice. Food Science and Technology Research. Vol. 8, No. 2, pp. 106-112.

[8] Soponronnarit, S., Wetchacama, S., Swasdisevi, T. and Poomsa-ad, N. 1999. Managing moist paddy by drying tempering and ambient air ventilation. Drying Technology. 17(1&2): 335–344.

[9] เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. เอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1-53.

[10] วีระ ศรีอริยะกุล. 2549. อิทธิพลของการพ่นไอน้ำก่อนที่มีต่อการผลิตข้าวนึ่ง โดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันที่ใช้อากาศร้อน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 83 หน้า.

[11] Swasdisevi, T., Devahastin, S.,Thanasookprasert, S. and Soponronnarit, S. 2013. Comparative evaluation of hot-air and superheatedsteam impinging stream drying as novel alternatives for paddy drying. Drying Technology. 31(6): 717–725.

ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการการไพโรไลซีสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์

The Effect of Plastic Waste Oil from Fast Pyrolysis Process on Lowest Brake Horsepower and Maximum Engine Brake Specific Fuel Consumption

เกยูร ดวงอุปมา[1] ชินภัทร ธูระการ[1] กัมปนาท ไชยเพชร[1] อภิชน มุ่งชู[1]
สุพัตรา บุไธสง1 และสุรสิทธิ์ พ่อค้า[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000

บทคัดย่อ

ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการการไพโรไลซีสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไพโรไลซีสแบบเร็วของขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี ที่อุณหภูมิไพโรไลซีส 500°C แล้วนำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ จากนั้นนำน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ไปทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียว ผลการวิจัยพบว่าน้ำมันจากถุงพลาสติกมีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg ช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 11.4 HP และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด ขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซี มีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุด 14.5 kg/kW.hr

คำสำคัญ: น้ำมันเชื้อเพลิง ขยะพลาสติก ไพโรไลซีสแบบเร็ว การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์

Abstract

The effect of plastic waste oil from fast pyrolysis process on lowest brake horsepower and maximum engine brake specific fuel consumption. Objective to study the fast pyrolysis of three types of plastic waste: plastic bags, plastic bottles and PVC. At pyrolysis temperature of 500°C, the oils obtained were analyzed for fuel properties including heat, density, viscosity, flash point and ignition. All three types of oils were then tested for use in single-cylinder diesel engines. The research found that oil from plastic bags It has a maximum heating value of 42.7 MJ/kg, allowing the engine to have the highest brake horsepower 11.4 HP and lowest fuel consumption. While the oil from PVC plastic Has the lowest heating value 41.1 MJ/kg, resulting in the lowest engine braking horsepower and specific fuel consumption braking up to 14.5 kg/kW.hr.

Key words: Fuel, Plastic waste, Fast pyrolysis, Engine performance assessment

บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ทุกประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญเช่นการลดใช้พลาสติก การนำขยะพลาสติกมาแปรรูปเพื่อใช้ซ้ำแต่ปริมาณขยะพลาสติกก็ยังไม่ลดลงเท่าที่ควรเพราะขยะพลาสติก บางอย่างไม่เหมาะที่จะนำกลับมาแปรรูปเพื่อใช้ซ้ำดังนั้นการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานทดแทนจึง เป็นอีกวิธีการที่สามารถช่วยให้ปริมาณขยะพลาสติกที่มีอยู่ลดลงได้ เช่น การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส [1-5] และน้ำมันเชื้อเพลิง [6-10]ซึ่งการแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงนี้มีความน่าสนใจเพราะน้ำมันที่ได้ สามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ เก็บรักษาได้ และขนส่งได้ง่าย

การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถใช้หลักการไพโรไลซีสแบบเร็วซึ่งเป็นกระบวนการ เคมีความร้อนที่ปราศจากออกซิเจนมีอุณหภูมิปฏิกิริยาประมาณ500°Cผลิตภัณฑ์ที่ได้คือเชื้อเพลิงเหลว สูงสูงถึง 65 wt% [11] ในปี 2014 [9] ได้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติกทั่วไปและพลาสติกความหนาแน่น สูงด้วยการไพโรไลซีสพบว่ามีสมบัติที่แตกต่างกันคือน้ำมันเชื้อพลิงจากพลาสติกทั่วไปมีความหนาแน่น 800 kg/m3 ความหนืด 1.8 cSt และค่าความร้อน 46 MJ/kg ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงจากพลาสติกความ หนาแน่นสูงมีความหนาแน่น 700 kg/m3 ความหนืด 2.3 cSt และค่าความร้อน 42 MJ/kg [9] เมื่อพิจารณา งานวิจัยนี้จะเห็นว่าชนิดของพลาสติกส่งผลต่อสมบัติของน้ำมันอย่างชัดเจนแต่ยังไม่แน่ชัดว่าขยะพลาสติก จากถุงขวดและพีวีซีจะสมบัติอย่างไรอีกทั้งยังไม่แน่ชัดว่าน้ำมันพลาสติกที่ได้จะสามารถใช้กับเครื่องยนต์ ได้หรือไม่ ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไพโรไลซีสแบบเร็วขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุง ขวด และพีวีซี ที่ อุณหภูมิ 500°C เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำมันที่ได้และทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์เพื่อหาสมรรถนะ 2 ด้าน คือ แรงม้าเบรกของเครื่องยนต์ และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ต่อไป

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบสำหรับการทำวิจัย คือ ขยะพลาสติก 3 ชนิดประกอบด้วย ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และ พลาสติกพีวีซี โดยพลาสติกทั้งหมดผ่านการตากแดดจนแห้งและทำความสะอาดเบื้องต้นเพื่อกำจัดสิ่ง ปนเปื้อน

ภาพที่ 1 ขยะพลาสติก (ก) ถุง (ข) ขวด (ค) พีวีซี

การไพโรไลซีสแบบเร็วของขยะพลาสติกเริ่มต้นจากนำขยะพลาสติกใส่ในตะแกรงแล้วบรรจุลงเครื่อง ปฏิกรณ์ดังภาพที่ 2 โดยแต่ละการทดลองจะใช้ขยะพลาสติกหนัก 1 กิโลกรัม ใส่ใยแก้วในชุดกรองไอร้อน 20 กรัม และตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดควบแน่นรวมทั้งเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ หลังจาก ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเรียบร้อยเริ่มเปิดการทำงานของชุดทำความเย็นให้มีอุณหภูมิ-30องศาเซลเซียส โดยชุดนี้มีหลักการทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์แบบตู้แช่ภายในชุดควบแน่นออกแบบเพื่อรองรับไอที่

เกิดจากการสลายตัวของพลาสติกเมื่ออุณหภูมิชุดควบแน่นได้ตามกำหนดเริ่มเปิดการทำงานของขดลวดความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ ตามเงื่อนไขของการทดลอง คือ อุณหภูมิไพโรไลซีสและอุณหภูมิกรองไอร้อน 500 องศาเซลเซียส จากนั้นเปิดการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์

ภาพที่ 2 การไพโรไลซีสแบบเร็วของขยะพลาสติก

เมื่อการไพโรไลซีสเสร็จสิ้นน้ำมันจากขยะพลาสติกถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติเพื่อประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันพลาสติก

ลำดับที่	การวิเคราะห์	มาตรฐาน
1	ค่าความร้อน	DIN 51900
2	ความหนาแน่น	ASTM D4052
3	ความหนืด	ASTM D445
4	จุดวาบไฟ	ASTM D93
5	จุดติดไฟ	ASTM D93

ขั้นตอนต่อไป คือ นำน้ำมันพลาสติกไปทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์ เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ คือ แรงม้าเบรกเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก โดยงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียวยี่ห้อคูโบต้า ขนาด 12 แรงม้า ทดสอบที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที อุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง 40 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียว

ซึ่งมีสมการการคำนวน ดังนี้
1. กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \qquad (1)$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (W)
T = แรงบิด (N-m)
n = รอบของเครื่องยนต์ (rpm)

2. ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Combustion)

$$Q_{mf} = Q_{vf}\rho_f \qquad (2)$$

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/s)
Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง (m^3/s)
ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/m^3)

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

$$Bsfc = \frac{3600Q_{mf}}{P} \qquad (3)$$

เมื่อ $Bsfc$ = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kW.hr)
P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)
Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของชนิดน้ำมันขยะพลาสติกต่อสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

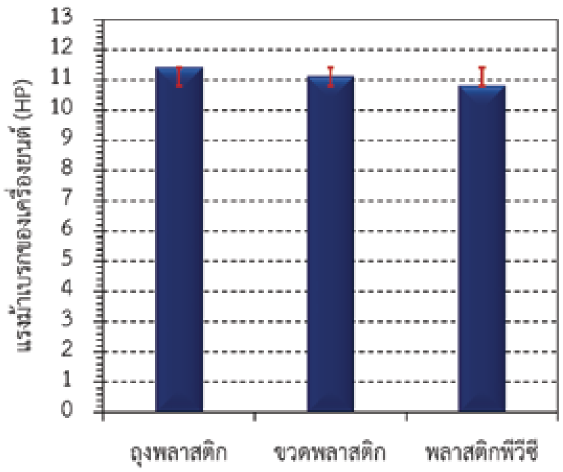
สมบัติของน้ำมันขยะพลาสติกที่แสดงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า น้ำมันจากถุงพลาสติกมีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg และน้ำมันจากขวดพลาสติกมีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg นอกจากนี้น้ำมันจากถุงพลาสติกยังมีติดไฟได้ง่ายที่สุดซึ่งจะเห็นได้จากจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันชนิดนี้มีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ได้จากขยะอีกสองชนิดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ แต่เมื่อพิจารณาความหนาแน่นและความหนืดแล้วจะเห็นว่าน้ำมันจากถุงพลาสติกมีค่าสูงสุดซึ่งอาจเป็นผลมาจากส่วนผสมในขยะถุงพลาสติกที่มีความแตกต่างจากขวดพลาสติกและพลาสติกพีวีซีอย่างไรก็ตามหากพิจารณาภาพรวมของสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ด้าน จากขยะพลาสติก 3 ชนิด ก็แสดงให้เห็นว่า น้ำมันจากขยะถุงพลาสติกมีสมบัติที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2 สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง

ชนิดพลาสติก	สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง				
	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความหนืด (cSt)	จุดวาบไฟ (°C)	จุดติดไฟ (°C)
ถุงพลาสติก	42.7	967.5	1.3	230.1	233.3
ขวดพลาสติก	41.4	959.4	1.3	240.6	244.7
พลาสติกพีวีซี	41.1	896.6	1.2	234.7	243.3

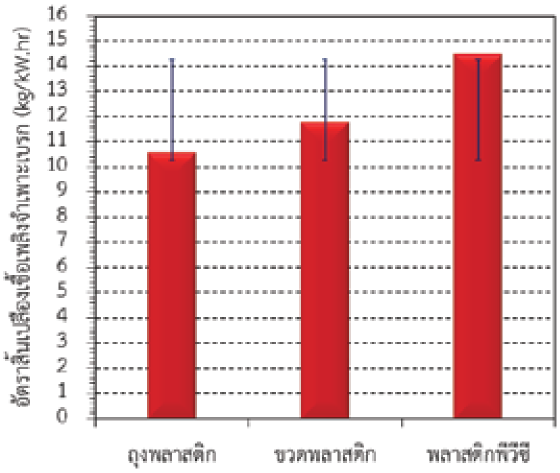
ผลของชนิดน้ำมันขยะพลาสติกต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

ผลทดสอบน้ำมันขยะพลาสติกในเครื่องยนต์ตามภาพที่ 4 จะเห็นว่า น้ำมันจากถุงพลาสติกช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด11.4HPขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซีส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด 10.8 HP นั้นเป็นผลมาจากน้ำมันจากถุงพลาสติกที่มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุดและด้วยเหตุนี้น้ำมันจากขวดพลาสติกจึงทำให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงกว่าน้ำมันจากพลาสติกพีวีซี



ภาพที่ 4 ผลของน้ำมันจากชนิดขยะพลาสติกต่อแรงม้าเบรกเครื่องยนต์

เมื่อคำนวณอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก จะเห็นว่าข้อมูลในภาพที่ 5 น้ำมันจากพลาสติกพีวีซีมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงสุด 14.5 kg/kW.hr ขณะที่น้ำมันจากถุงพลาสติกมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุด10.6kg/kW.hrนั้นเป็นผลมาจากน้ำมันที่มีค่าความร้อนสูงช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เครื่องยนต์จึงมีแรงม้าสูงและอัตราการสิ้นเปลืองต่ำ ดังนั้น น้ำมันจากขยะถุงพลาสติกจึงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติดีที่สุดเหมาะสำหรับนำไปใช้กับเครื่องยนต์ เพราะช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าสูงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับขยะจากขวดพลาสติกและพลาสติกพีวีซี



ภาพที่ 5 ผลของน้ำมันจากชนิดขยะพลาสติกต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

สรุปผลการวิจัย

การไพโรไลซีสแบบเร็วของขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี พบว่า น้ำมันจากถุงพลาสติก มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg จุดวาบไฟต่ำสุด 230.1°C จุดติดไฟต่ำสุด 233.3°C ช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 11.4 HP และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด ขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซี มีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุด 14.5 kg/kW.hr สำหรับน้ำมันจากขวดพลาสติกมีสมบัติอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันจากขยะอีก 2 ชนิดจึงทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย ปีงบประมาณ 2562 และขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2014). Control of steam input to the pyrolysis-gasification of waste plastics for improved production of hydrogen or carbon nanotubes. Applied Catalysis B: Environmental,Vol. 147, pp. 571-84.

[2] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2015). Effect of growth temperature and feedstock:catalyst ratio on the production of carbon nanotubes and hydrogen from the pyrolysis of waste plastics. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,Vol. 113, pp. 231-8.

[3] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2016). The use of different metal catalysts for the simultaneous production of carbon nanotubes and hydrogen from pyrolysis of plastic feedstocks. Applied Catalysis B: Environmental,Vol. 180, pp. 497-510.

[4] Cho M.-H., Jung S.-H., Kim J.-S. (2010). Pyrolysis of Mixed Plastic Wastes for the Recovery of Benzene, Toluene, and Xylene (BTX) Aromatics in a Fluidized Bed and Chlorine Removal by Applying Various Additives. Energy & Fuels,Vol. 24(2), pp. 1389-95.

[5] Yun Y.M., Seo M.W., Ra H.W., Koo G.H., Oh J.S., Yoon S.J., et al. (2015). Pyrolysis characteristics of glass fiber-reinforced plastic (GFRP) under isothermal conditions. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,Vol. 114, pp. 40-6.

[6] Devaraj J., Robinson Y., Ganapathi P. (2015). Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of waste plastic pyrolysis oil blended with diethyl ether used as fuel for diesel engine. Energy,Vol. 85, pp. 304-9.

[7] Muhammad C., Onwudili J.A., Williams P.T. (2015). Catalytic pyrolysis of waste plastic from electrical and electronic equipment. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,Vol. 113, pp. 332-9.

[8] Paraschiv M., Kuncser R., Tazerout M., Prisecaru T. (2015). New energy value chain through pyrolysis of hospital plastic waste. Applied Thermal Engineering,Vol. 87, pp. 424-33.

[9] Syamsiro M., Saptoadi H., Norsujianto T., Noviasri P., Cheng S., Alimuddin Z., et al. (2014). Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Energy Procedia,Vol. 47, pp. 180-8.

[10] Xue Y., Zhou S., Brown R.C., Kelkar A., Bai X. (2015). Fast pyrolysis of biomass and waste plastic in a fluidized bed reactor. Fuel,Vol. 156, pp. 40-6.

[11] Duanguppama K., Rueangsan K., Kraisoda P., Turakan C., Phinnarat C., Simmee K., et al. (2016). Catalytic Fast Pyrolysis of Leucaena Leucocepphala in Fluidised-bed Reactor with In-situ and Ex-situ Vapors Upgrading. TSME International Conference on Mechanical Engineering,Vol. 7th, pp. 117.

การอบแห้งแกงไตปลาด้วยเครื่องอบแห้ง ด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก
Drying of Kaeng Tai Pla by a Far-infrared Radiation Dryer From Ceramic

โสรญา เจะแต[1] นุรมา แวโดยี[1] พาตีเมาะ สาหะ[1] อาหมัด แวบือราเฮง[1]
อีลีหยํ๊ะ สนิโซ[1] และพิสิษฎ์ มณีโชติ[2]
[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[2]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณน้ำในแกงไตปลาเพื่อป้องกันการเน่าเสียและสะดวกในการพกพาโดยใช้เครื่องอบแห้งที่อาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิกขนาดความจุ5,454ตร.ซม. ทำการอบแห้งแกงไตปลาซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นในช่วงร้อยละ 180 – 190 มาตรฐานแห้ง ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ70 oซ.จนเหลือความชื้นสุดท้ายในช่วงร้อยละ 3.0 – 6.0 มาตรฐานแห้ง โดยใช้ความหนาของเนื้อแกงไตปลาเท่ากับ 0.5 ซม. แล้ววิเคราะห์หาอุณหภูมิ และอัตราการอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งแกงไตปลา จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งแกงไตปลาที่อุณหภูมิ 70 oซ. ใช้ระยะเวลาอบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 5 ชม. และได้ความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 3.58 มาตรฐานแห้ง ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50oซ.ใช้ระยะเวลาอบแห้งมากที่สุดเท่ากับ10ชม.จึงจะเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ5.4มาตรฐานแห้ง โดยแกงไตปลาแห้งที่ได้มีสีเหลืองปานกลาง มีกลิ่นของแกงไตปลา มีรสชาติเค็มและเผ็ด

คำสำคัญ: การอบแห้ง, แกงไตปลา, รังสีอินฟราเรด, เซรามิก

Abstract

Objective of this research was to reduce the water content of Kaeng Tai Pla to prevent spoilage. Kaeng Tai Pla was dried by using far-infrared radiation from ceramic. The capacity of the dryer was 5,454 cm2. The drying was done at a temperature of 50, 60 and 70 oC respectively with a drying layer thickness of 0.5 cm with the initial moisture content in the range of 180 – 190% dry basis. This was conducted until the final moisture content remained in the range of 3.0 – 6.0% dry basis. After that, the suitable drying temperature and drying rate of the dried Kaeng Tai Pla was analyzed. From the results, Kaeng Tai Pla dried at a drying temperature of 70oC required 5 hours for the drying time, and the final moisture content was 3.58 % dry basis. In contrast, at the drying temperature of 50oC, the drying time was equal to 10 hours for the reduction of the final moisture content of up to 5.4 % dry basis. Finally, it was found that Kaeng Tai Pla had a medium yellow color, good aroma, and a salty and spicy taste.

Keywords: Drying, Kaeng Tai Pla, Infrared radiation, Ceramic

บทนำ

การอบแห้ง (Drying) คือ การให้พลังงานความร้อนแก่วัสดุอบแห้งเพื่อระเหยน้ำในวัสดุหรือลดปริมาณความชื้นในที่นี่จะกล่าวถึงการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้นซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนมากเช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ จะไม่ใช่วัสดุที่สามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์ได้ อย่างเช่น ทราย หรือผ้า[1]แต่เป็นวัสดุที่ไม่สามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์จึงจะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ภายใน และความชื้นนี้สามารถใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียได้ง่าย [2]

แกงไตปลาหรือแกงพุงปลา (fish organs sour soup) เป็นอาหารที่ขึ้นชื่อของภาคใต้ด้วยรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ ทั้งเผ็ดและร้อนแรง รสชาติเข้มข้นด้วยส่วนผสมที่ลงตัว สามารถเลือกรับประทานร่วมกับข้าวหรือขนมจีนก็อร่อยไม่แพ้กัน แกงไตปลามีทั้งชนิดไม่ใส่กะทิและใส่กะทิสำหรับแกงไตปลาไม่ใส่กะทิจะได้รับความนิยมมากกว่าแกงไตปลาแบบใส่กะทิ ซึ่งแกงไตปลาแบบใส่กะทิจะนิยมในบางท้องถิ่นเช่นจังหวัดยะลา เป็นต้น โดยการทำแกงไตปลาจะเริ่มจากการต้มกะทิพอสุกไม่แตกมัน แล้วพริกแกงซึ่งประกอบด้วย พริกขี้หนูแห้ง เกลือ พริกไทยเม็ด ตะไคร้ ผิวมะกรูด กระเทียม ขมิ้น หอมแดง และกะปิ เป็นต้น ทั้งนี้แกงไตปลาแบบชุมพรจะไม่ใส่ข่า กระชาย และหอมแดง เป็นต้น[3] แต่ปัจจุบันไม่ว่าจะเดินทางไปภาคไหนของประเทศไทยก็สามารถชิมรสแกงไตปลากันได้ทั่วไปและนิยมนำมารับประทานกับข้าวสวยหรือขนมจีนเป็นต้น [4]

ปัจจุบันมีการบริโภคแกงไตปลากันอย่างแพร่หลายไม่ใช่เพียงคนภาคใต้เท่านั้นแต่เป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วประเทศ อย่างไรก็ดีแกงไตปลานั้นไม่สามารถพกพาและเก็บรักษาไว้ได้นานเนื่องจากมีปัญหาเรื่องกลิ่นและง่ายต่อการเน่าเสียจากปัญหาที่กล่าวมานี้จึงเป็นที่มาของการอบแห้งแกงไตปลาเพื่อลดปริมาณน้ำอันมีผลให้สามารถป้องกันการเน่าเสียและสะดวกในการพกพารวมทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของแกงไตปลาอีกด้วย [5]

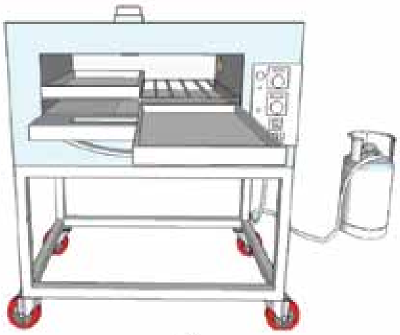
งานวิจัยนี้จึงศึกษาการอบแห้งแกงไตปลาด้วยเครื่องอบแห้งที่อาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก ซึ่งสามารถให้ความร้อนที่รวดเร็วและกระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมออีกทั้งใช้เวลาในการอบแห้งไม่นาน รวมทั้งยังสามารถนำมาใช้อบแห้งวัสดุอื่น ๆ เช่น ลำไย เห็ด และกะปิ เป็นต้น และยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งมีคุณภาพที่ดีอีกด้วย

วัตถุดิบ และอุปกรณ์

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำแกงไตปลามาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดขนาดกำลังไฟฟ้า 1.1 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 190 รอบ/นาที ดังรูปที่ 1 (ก) ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นของแกงไตปลาอยู่ที่ประมาณร้อยละ 180 – 190 มาตรฐานแห้ง บรรจุในถาดอลูมิเนียมขนาด 16x24 ตร.ซม. ซึ่งมีความหนาของเนื้อแกงไตปลาเท่ากับ 0.5 ซม.

(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) แกงไตปลาที่ผ่านการบด และ (ข) เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอบแกงไตปลา

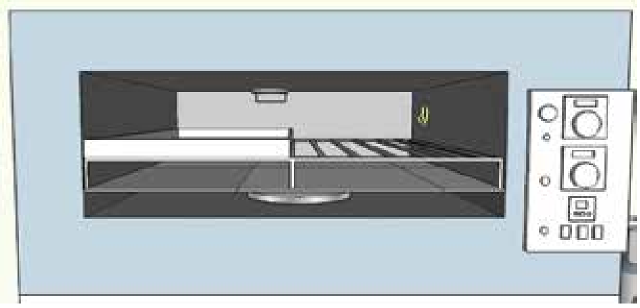
2.2 อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องอบแห้งใช้แผ่นเซรามิกเป็นตัวนำในการส่งผ่านความร้อนให้กับห้องอบแห้งทำให้เกิดการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก โดยแผ่นเซรามิกจะได้รับความร้อนมาจากแก๊สหุงต้ม โดยภายในห้องอบแห้งมีขนาดความจุของเครื่องเท่ากับ5,454ตร.ซม.ซึ่งประกอบด้วยชั้นวางถาดสำหรับบรรจุวัสดุอบแห้ง โดยมีระยะห่างระหว่างแผ่นเซรามิกเท่ากับ10ซม.มีช่องระบายอากาศที่มีลักษณะทรงกลมใช้พัดลมในการดูดอากาศออกจากห้องอบแห้งในขณะที่กล่องควบคุมประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายแก๊สอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง อุปกรณ์ควบคุมเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ดังรูปที่ 1(ข)

3. วิธีการวิจัย

3.1 การอบแห้งแกงไตปลา

การอบแห้งทำได้โดยนำแกงไตปลาเข้าเครื่องอบแห้งดังรูปที่2แล้วใช้ความร้อนจากเซรามิกในการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลซึ่งกำหนดเงื่อนไขในการอบแห้งคือความหนาของแกงไตปลาเท่ากับ0.5ซม.อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ5060และ70oซ.ใช้ระยะห่างจากแผ่นเซรามิกเท่ากับ10oซ.และทำการชั่งการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแกงไตปลาทุก ๆ 30 นาที ทำการอบแห้งจนแกงไตปลาเหลือความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 10 มาตรฐานแห้ง



รูปที่ 2 ภายในเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งแกงไตปลา

3.2 การหาค่าความชื้นของแกงไตปลา

ความชื้นเริ่มต้นคำนวณได้ โดยการนำตัวอย่างแกงไตปลาเข้าตู้อบลมร้อนดังรูปที่ 3 ที่อุณหภูมิ 106^{o}ซ. เป็นเวลา72ชม.โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนอบและหลังอบแล้วคำนวณหาค่าความชื้นของแกงไตปลาตามมาตรฐาน AOAC 2005 [6]

รูปที่ 3 ตู้อบลมร้อน

3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง ได้เลือกวิเคราะห์ค่าความชื้นของแกงไตปลาก่อนและหลังอบแห้ง โดยปริมาณความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 ลักษณะ คือ ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) และปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$M_w = \frac{(w-d)\times 100}{w} \qquad (1)$$

$$M_d = \frac{(w-d)\times 100}{d} \qquad (2)$$

เมื่อ	M_d	คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% dry basis)
	M_w	คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% wet basis)
	w	คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชื้น (kg)
	d	คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง (kg)

อัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลาในการอบแห้ง ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$DR = \left(\frac{Mi-Mf}{t}\right) \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ	DR	คือ อัตราการอบแห้ง (kg/h)
	M_i	คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (kg-water)
	M_f	คือ ปริมาณความชื้นสุดท้าย (kg-water)
	t	คือ เวลาในการอบแห้ง (h)

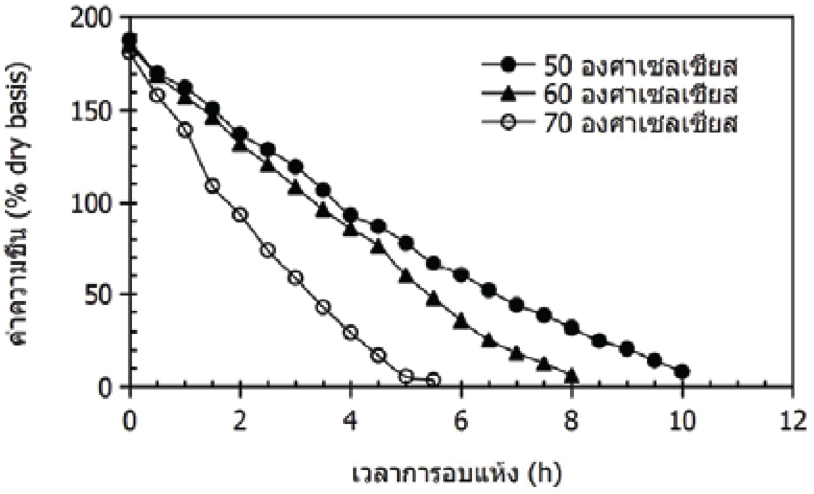
$$\text{ความสิ้นเปลืองพลังงาน} = \frac{m_{fuel} \times h_{fg}}{m_w} \qquad (4)$$

เมื่อ	m_w	คือ ปริมาณน้ำที่ต้องระเหย (kg)
	m_{fuel}	คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg)
	h_{fg}	คือ ค่าความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ (kJ/kg)

อภิปรายผลการทดลอง

4.1 ค่าความชื้น

ผลการทดลองของการอบแห้งแกงไตปลาที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 oซ. เมื่อระยะห่างจากเซรามิกเท่ากับ 10 ซม. ความหนาของชั้นแกงไตปลาที่อบแห้งเท่ากับ 0.5 ซม. สามารถอธิบายได้ดังนี้

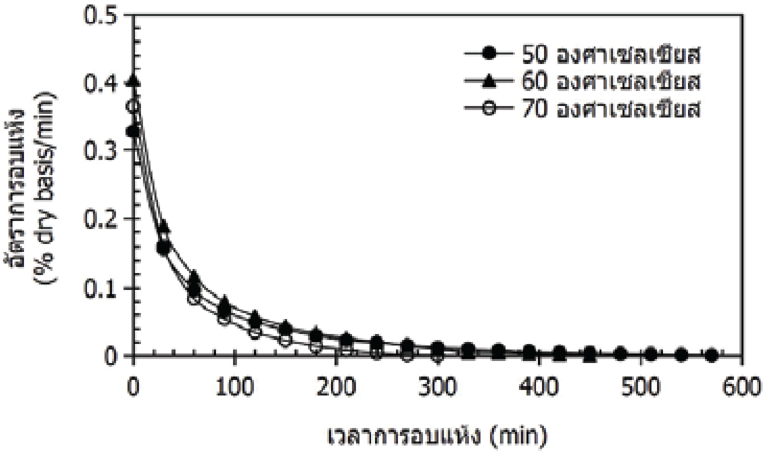


รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของแกงไตปลาเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแกงไตปลาที่อุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °ซ. ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 10 ชม. จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 5.4 มาตรฐานแห้ง แกงไตปลาที่ได้หลังการอบแห้งมีลักษณะสีเหลืองปานกลาง มีกลิ่นของแกงไตปลา มีรสชาติเค็มและเผ็ด ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. ต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 8 ชม. จึงจะเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 6.1 มาตรฐานแห้ง โดยแกงไตปลาหลังการอบแห้งมีลักษณะสีเหลืองคล้ำ มีกลิ่นของแกงไตปลาน้อย มีรสชาติเค็มและเผ็ด ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ. ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 5 ชม. จึงเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3.58 มาตรฐานแห้ง โดยแกงไตปลาที่ได้หลังการอบแห้งมีลักษณะสีเหลืองไหม้ รสชาติขม มีกลิ่นไหม้ของแกงไตปลา ทั้งนี้ระหว่างการอบแห้งพบว่าในช่วงแรกความชื้นของแกงไตปลาจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเพราะเป็นช่วงที่วัสดุยังมีความชื้นสูง จึงเกิดการถ่ายเทความชื้นจากเนื้อวัสดุสู่อากาศในห้องอบแห้งอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นความชื้นจะค่อยลดลงอย่างช้า ๆ จนสิ้นสุดกระบวนการอบแห้ง

4.2 อัตราการอบแห้ง

จากรูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ70 °ซ.ในช่วง 1 – 3 ชม. แรก อัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากช่วงแรกนี้วัสดุมีความชื้นสูง จึงเกิดการระเหยของความชื้นในแกงไตปลาออกมาอย่างรวดเร็ว และอัตราการอบแห้งของแกงไตปลาที่อุณหภูมิ70oซ.ซึ่งเป็นอุณหภูมิอบแห้งที่สูงที่สุดจะพบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการอบแห้งมากที่สุดในช่วงแรกของการอบแห้งจนถึงประมาณนาทีที่50จากนั้นอัตราการอบแห้งจะค่อยลดลงจนเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วง 4 – 5 ชม. สุดท้ายของการอบแห้ง



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งแกงไตปลาที่อุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่ามวลสุทธิและความสิ้นเปลืองพลังงานของการอบแห้งแกงไตปลาที่อุณหภูมิ

ตัวอย่าง	มวลสุทธิของแก๊ส (LPG) (g)	ความสิ้นเปลืองพลังงาน (MJ/g H_2O evap)
50 องศาเซลเซียส	25.17	1.525
60 องศาเซลเซียส	24.21	1.239
70 องศาเซลเซียส	24.4	0.813

จากตารางที่ 1 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานขึ้นอยู่กับมวลของแกงไตปลา ระยะเวลา อุณหภูมิ และปริมาณเชื้อเพลิงของการอบแห้ง ซึ่งอุณหภูมิการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง มีความสิ้นเปลืองพลังงานมากสุด และยังใช้พลังงานมากสุดในขณะที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อยที่สุด

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและอัตราการอบแห้งแกงไตปลาด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะเหมาะสำหรับการอบแห้งแกงไตปลากว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้อัตราการอบแห้งจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง เนื่องจากอัตราการระเหยน้ำที่สูงขึ้นจากการได้รับพลังงานจากรังสีอินฟราเรดเข้าไปในเนื้อแกงไตปลา จึงส่งผลให้แกงไตปลาที่ได้มีลักษณะสีเหลืองปานกลาง มีรสชาติและกลิ่นของแกงไตปลาอยู่ครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผศ.ดร.พิสิษฎ์มณีโชติและผศ.ดร.อีลีหย๊ะสนิโชที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการทดลอง และขอขอบคุณนางสาวกิ้งกาน พันธุวาณิชย์ ผู้สนับสนุนเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลจากเซรามิกสำหรับใช้ทดลองจนเสร็จสิ้นขอบคุณนายปิยณัฐหงส์กังวานที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับสถานที่ในการฝึกสหกิจและทำการวิจัย จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] นายศุภชัย แก้วจัง (2559). ศึกษาอิทธิพลรังสีอินฟราเรดกับการอบแห้งกะปิ.

[2] เอกชัย รัตนบรรลือ และคณะ (2561). โครงการเครื่องอบแห้งเปลือกแห้วด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าร่วมกับปั๊มความร้อน.สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

[3] ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และกลุ่มคณะ (2560). แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยเล็บมือนางด้วยรังสีอินฟราเรด. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส เชียงใหม่.

[4] จุฑารัตน์ ทะสะระ สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล (2560). การอบแห้งข้าวกล้องนึ่งโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและลมร้อน. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13. 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส เชียงใหม่.

[5] ป้ามณฑา โสวรรณา ณ นครศรีธรรมราช. ภูมิปัญญาการทำแกงไตปลากุ้งสดสำเร็จรูป สืบค้นเมือ 3 กันยายน 2563, จาก http://www.artscultura.com.

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

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษพลังงาน. สืบค้น 2 ตุลาคม 2563. จาก www.dede.go.th

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการกระจายความร้อนโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางสำหรับเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG

The Study of Thermal Efficiency and Heat Distribution Using Volcanic Rocks as Intermediary for Liquefied Petroleum Gas Grill.

วลัยลักษณ์ มีทรัพย์[1] และ วีระ พันอินทร์[1]*
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG โดยใช้หินภูเขาไฟ 2 ชนิด ได้แก่ หินบะซอลล์ และหินพัมมิช เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างเพื่อพัฒนาเตาปิ้งย่างให้มีประสิทธิภาพในด้านการกระจายความร้อน ผลการวิจัยพบว่า เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินบะซอลต์ และหินพัมมิช เป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งแสดงความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละตำแหน่งบนเตาปิ้งย่าง เท่ากับ 47.32 และ 48.02 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า หินบะซอลต์ เป็นหินภูเขาไฟที่เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อนแก่เตาปิ้งย่าง เนื่องจากมีความแปรปรวนของอุณหภูมิต่ำสุดและทำให้อาหารที่นำไปปิ้งย่างมีความสุกที่รวดเร็วและสุกอย่างทั่วถึง โดยอุณหภูมิภายในเนื้อหมูที่ทำการย่างเท่ากับ 48.1°C อีกทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้แก่เตาปิ้งย่างโดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 26.78% สูงขึ้นเมื่อเทียบกับเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนซึ่งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 20.57 % และจากการทดสอบมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น พบว่า เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินบะซอลต์ และหินพัมมิช ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าความเข้มข้น เท่ากับ 20 และ 28.25 ppm ตามลำดับ ฝุ่น PM2.5 ค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.22 และ 0.11 mg/m^3 ตามลำดับ และฝุ่น PM10 มีค่าความเข้มข้น เท่ากับ 0.58 และ 0.28 mg/m^3 ตามลำดับซึ่งต่ำกว่าเตาปิ้งย่างก่อนการใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางโดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่น PM2.5 และ ฝุ่น PM10 เท่ากับ 46 ppm 0.35 mg/m^3 และ 0.62 mg/m^3 ตามลำดับ และเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่านมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 51.2 ppm 1.91 mg/m^3 และ 2.18 mg/m^3 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เตาปิ้งย่าง, หินภูเขาไฟ, การกระจายความร้อน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, มลพิษทางอากาศ

บทนำ

อาหารปิ้งย่างเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยทั้งนี้อุปกรณ์สำคัญที่ต้องใช้ในการประกอบอาหารประเภทนี้คือเตาปิ้งย่างซึ่งในปัจจุบันแม่ค้าตามท้องตลาดตลอดจนผู้ประกอบการได้ใช้เตาปิ้งย่างกันหลากหลายประเภทได้แก่เตาเส้นสำหรับปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่านเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม และเตาปิ้งย่างไฟฟ้า

การปิ้งย่างก่อให้เกิดควันและมลพิษทางอากาศและก่อให้เกิดการสะสมในร่างกายของสารอันตราย เช่น สาร PAHs ส่วนใหญ่พบการปนเปื้อนในอาหารปิ้งย่างที่มีส่วนของไขมันติดอยู่ส่วนของอาหารที่ไหม้เกรียมและควันที่เกิดจากไขมันสัตว์ที่โดนความร้อนสูงซึ่งเนื้อสัตว์ทุกชนิดเมื่อผ่านการย่างโดยเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่านมีระดับของสาร PAHs ค่อนข้างสูงโดยเฉลี่ย 10.2 [1] ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อุปโภคและบริโภค โดยผู้ที่ประกอบอาหารเป็นประจำทั้งการทอด การผัด และการปิ้งย่าง มีโอกาสได้รับควันจากการประกอบอาหารและเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพทั้งเฉียบพลันและเรื้อรังได้แก่อาการน้ำมูกไหล หายใจลำบาก และอาการไอเรื้อรัง อีกทั้งพบว่าอาการระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อยที่สุดคือมีอาการหวัด ไอ และมีเสมหะ [2] และเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งตับ ซึ่งจากสถิติมะเร็งทั่วโลกในปี พ.ศ. 2561 มะเร็งตับพบมากเป็นอันดับ 6 โดยมีผู้ป่วยรายใหม่จำนวน 841,080 ราย [3] ซึ่งในประเทศไทยโรคมะเร็งตับเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 ของคนไทย จากสถิติจำนวนผู้ป่วยมะเร็งรายใหม่ปี 2560 พบว่า มีผู้ป่วยรายใหม่ที่ป่วยเป็นมะเร็งตับสูงถึง 463 คน ซึ่งอยู่ในอันดับ 2 ของผู้ป่วยมะเร็ง โดยพบผู้ป่วยมะเร็งตับรายใหม่ในเพศชายสูงถึง 342 คน และในเพศหญิง 121 คน [4]

เนื่องด้วยประเทศไทยในอดีตมีภูเขาไฟอยู่ทั่วทุกภูมิภาค จึงทำให้เกิดหินภูเขาไฟจำนวนมากเกิดขึ้น จากการสำรวจของนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณีของประเทศไทย พบหินภูเขาไฟอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ทั่วทุกภูมิภาค [5] ซึ่งหินภูเขาไฟเหล่านี้มีแร่ธาตุที่แตกต่างกัน ตั้งแต่แร่ธาตุที่มีสีอ่อน จนถึงแร่ธาตุที่มีสีเข้ม

คณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เพื่อพัฒนาเตาปิ้งย่างให้มีประสิทธิภาพในด้านการกระจายความร้อนสูงขึ้นโดยดำเนินการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของหินภูเขาไฟ 2 ชนิดได้แก่หินบะซอลต์และหินพัมมิซ จากนั้นวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ การกระจายความร้อน ประสิทธิภาพทางความร้อน มลพิษทางอากาศ และความสุกของอาหารที่ทำการปิ้งย่าง ของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเลือกชนิดของหินภูเขาไฟเพื่อใช้เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG อีกทั้งช่วยลดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการปิ้งย่าง

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เพื่อพัฒนาเตาปิ้งย่างให้มีประสิทธิภาพในด้านการกระจายความร้อนสูงขึ้น อีกทั้งนำมาเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเลือกชนิดของหินภูเขาไฟมาใช้เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสีและลักษณะเนื้อหินของหินภูเขาไฟ

ดำเนินการศึกษาสีและลักษณะเนื้อหินโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าเพื่อทำการเปรียบเทียบสีและความเป็นรูพรุนของหินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิด

2. ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของหินภูเขาไฟ

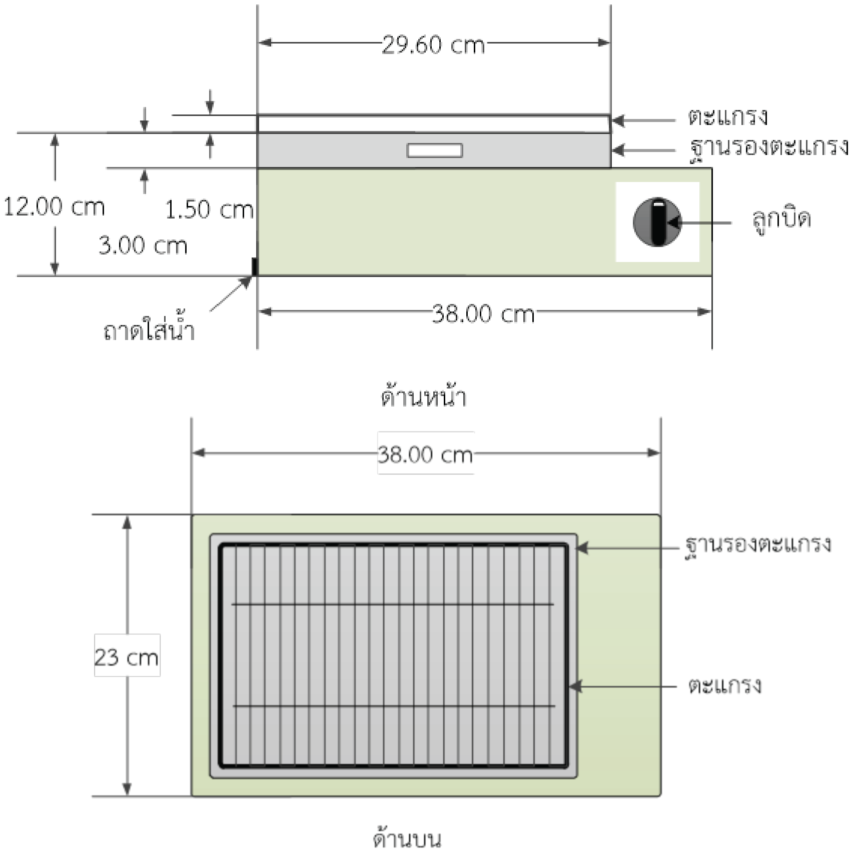
ดำเนินการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน AASHTO T85 [6] เพื่อตรวจสอบความหนาแน่นและความสามารถในการดูดซึมน้ำผ่านเข้าไปบริเวณเนื้อหินแต่ละชนิดโดยหินที่ใช้ในงานวิจัยมีขนาด 21-31 mm

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการทำปฏิกิริยากับกรดของหินภูเขาไฟ

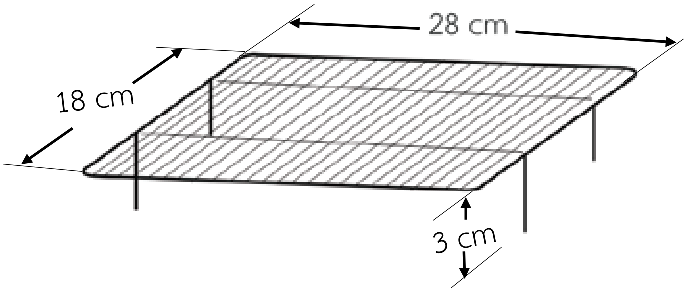
ดำเนินการศึกษาจากงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินภูเขาไฟแต่ละชนิด และ ศึกษาการทำปฏิกิริยากับกรด โดยหยดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1-2 หยดลงบนหินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิด

4. **ทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่าง**

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟจากนั้นดำเนินการออกแบบและพัฒนาเตาปิ้งย่างเพื่อรองรับการใส่หินภูเขาไฟดังภาพที่1และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินภูเขาไฟทั้ง2ชนิดเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนโดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

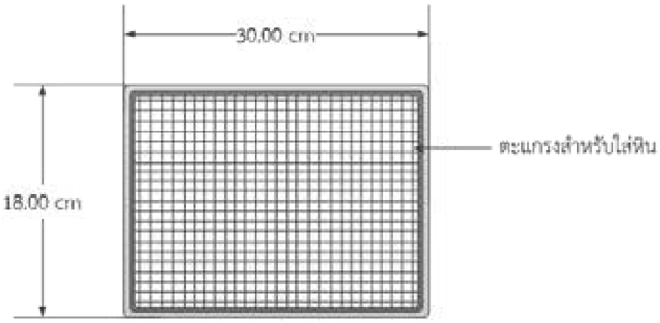


(ก) เตาปิ้งย่าง



(ข) ฐานรองตะแกรงหลังการพัฒนา

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเตาปิ้งย่างหลังการพัฒนา

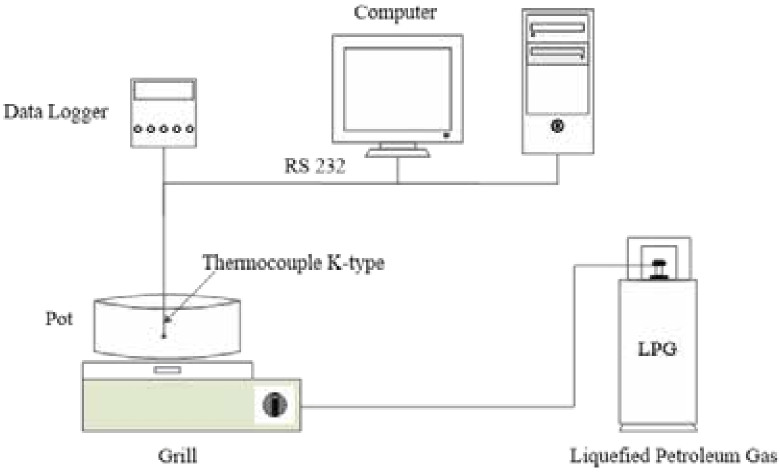


(ค) ตะแกรงก่อนการพัฒนา

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเตาปิ้งย่างหลังการพัฒนา (ต่อ)

4.1. การทดสอบหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ

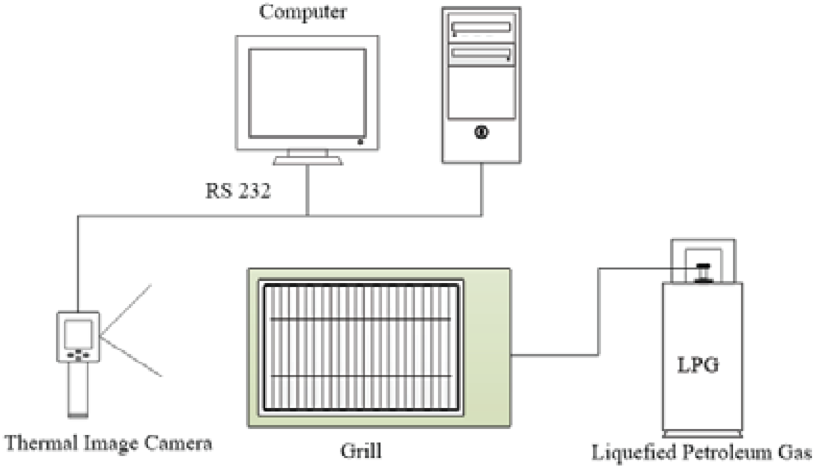
การทดสอบหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ โดยทำการเลือกขนาดของหม้อภาชนะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm และเติมน้ำปริมาณ 2.5 kg ลงในหม้อภาชนะ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิน้ำก่อนต้ม จากนั้นทำการต้มน้ำจนกระทั่งถึงอุณหภูมิจุดเดือดประมาณ 90 °C พร้อมทั้งบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบความสัมพันธ์
ของอุณหภูมิของน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ

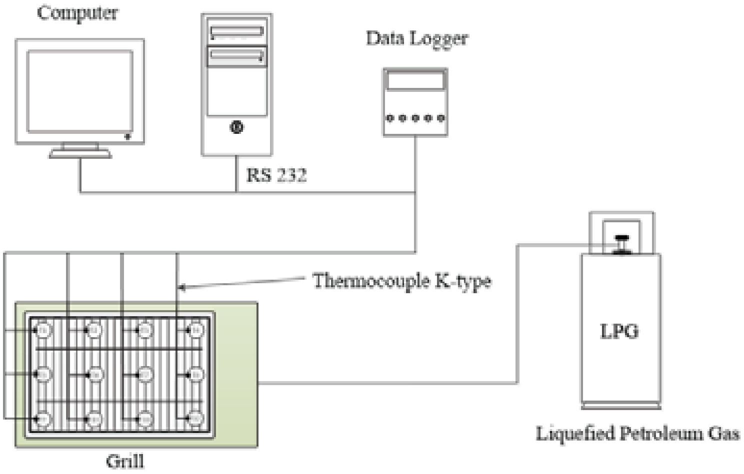
4.2. การทดสอบการกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่าง

4.2.1. การกระจายความร้อนทางกายภาพดำเนินการโดยการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal Image Camera รุ่น FIIRTG167 ถ่ายภาพการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบการกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างแก๊ส LPG โดยทำการวัดบริเวณด้านบนของเตาปิ้งย่างที่ความสูง 90 cm



ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพความร้อนโดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน

4.2.2 การวัดอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของเตาปิ้งย่าง ดำเนินการทดสอบโดยติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ Thermocouple Probes Type-K บริเวณพื้นผิวของตะแกรงปิ้งย่าง 12 ตำแหน่ง เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิระหว่างการทดสอบ ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งตามเวลาที่กำหนด โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 5 min เป็นเวลา 1 hr 45 min



ภาพที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิพื้นผิวเตาปิ้งย่าง

4.3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง โดยใช้ข้อมูลจากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ น้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำมาคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง [7]

$$\eta = \frac{m_w C_{pw} (T_{w,j} - T_{w,i}) + m_{wv} h}{m_g LHV} \qquad (1)$$

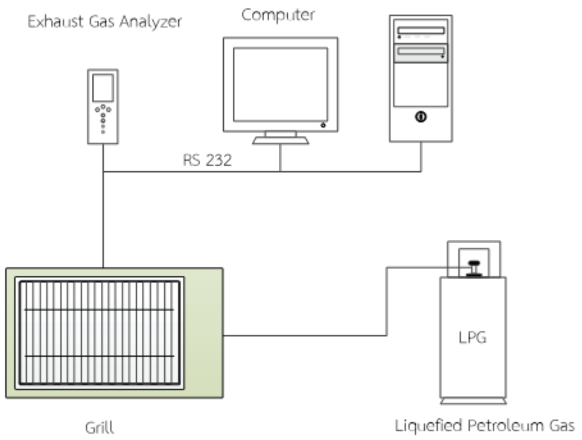
เมื่อ	η	=	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
	m_w	=	มวลของน้ำเริ่มต้น (kg)
	C_{pw}	=	ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg.K)
	$T_{w,j}$	=	อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ (°C)
	$T_{w,i}$	=	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)
	m_{wv}	=	มวลของน้ำที่ระเหย (kg)
	m_g	=	มวลของแก๊สที่ใช้ (kg)
	h	=	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)
	LHV	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

5. ทดสอบความสุกของอาหารที่ทำการปิ้งย่าง

ทดสอบโดยการปิ้งย่างเนื้อหมูขนาด 1.5 inch มวล 140 g ใช้เวลาในการปิ้งย่าง 4 min โดย 2 min แรกวางเนื้อหมูไปบริเวณตะแกรงปิ้งย่างและ 2 min หลังทำการพลิกเนื้อหมู โดยในระหว่างการปิ้งย่างได้ทำการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ Thermocouple Probes Type-K บริเวณเนื้อหมู โดยวัดอุณหภูมิบริเวณศูนย์กลางของเนื้อหมู เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิของเนื้อหมูทุก ๆ 1 min ระหว่างการทดสอบ

6. ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้เตาปิ้งย่าง

ทดสอบผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้และก๊าซมลพิษจากการเผาไหม้ Testo รุ่น Testo 340 และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ รุ่น HT-9600 วัดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการปิ้งย่าง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฝุ่น PM2.5 และ ฝุ่น PM10 ในระหว่างการทดสอบความสุกของอาหาร โดยเก็บและบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 min แล้วนำผลข้อมูลที่ได้ไปเปรียบกับเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่าน



ภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

8. **เปรียบเทียบความเหมาะสมของหินภูเขาไฟแต่ละชนิด**

เปรียบเทียบความเหมาะสมของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ของหินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิด โดยเปรียบเทียบความเหมาะสมในด้านประสิทธิภาพทางความร้อนและมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการเลือกใช้หินภูเขาไฟมาใช้ในเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิง LPG

ผลการศึกษา

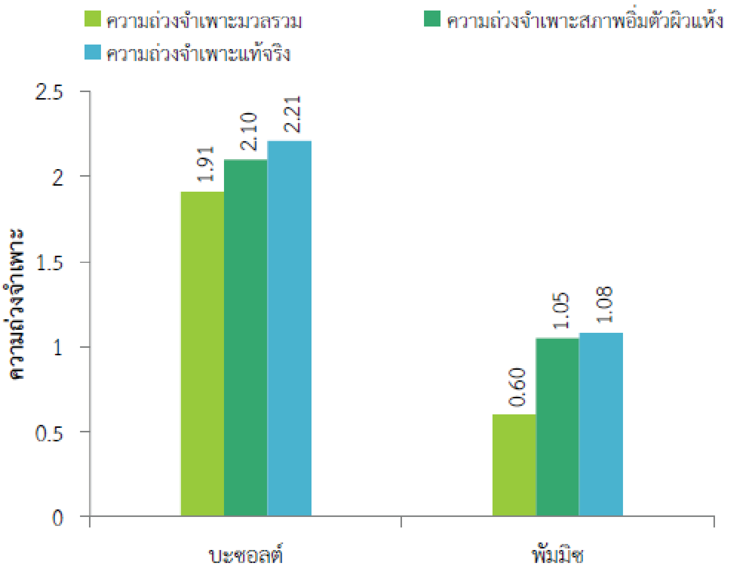
การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG เพื่อพัฒนาเตาปิ้งย่างให้มีประสิทธิภาพในด้านการกระจายความร้อนสูงขึ้นโดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของหินภูเขาไฟ ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ การกระจายความร้อน ความสุกของอาหาร ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และมลพิษทางอากาศ ของเตาปิ้งย่างก่อนและหลังใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อน ผลการวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. ผลของการสีและลักษณะเนื้อหินภูเขาไฟ

จากการศึกษาสีและลักษณะเนื้อหินของหินภูเขาไฟแต่ละชนิดพบว่า หินบะซอลต์มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เนื้อหินมีลักษณะขรุขระและมีรูพรุนขนาดเล็กอยู่บริเวณเนื้อหินซึ่งหินบางก้อนอาจมีรูพรุนขนาดใหญ่แทรกอยู่เล็กน้อย และหินพัมมิซมีสีขาวจนถึงเทา เนื้อหินมีลักษณะคล้ายฟองอากาศ ขรุขระและมีรูพรุนปะปนอยู่บริเวณเนื้อหิน

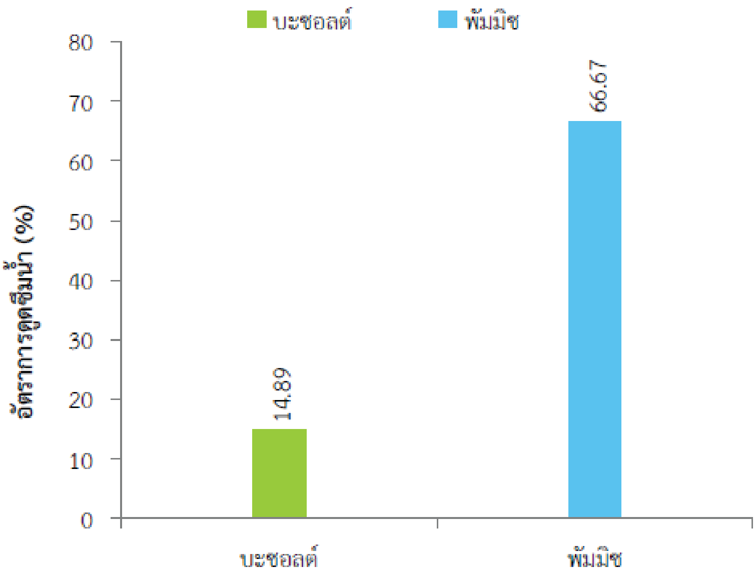
2. ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของหินภูเขาไฟ

จากการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของหินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิด พบว่าความถ่วงจำเพาะขึ้นอยู่กับความเป็นรูพรุนและมวลรวมของหินแต่ละชนิดซึ่งหินที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 คือหินที่จมน้ำและหินที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 คือหินที่ลอยน้ำ ความถ่วงจำเพาะของหินแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 6 และการดูดซึมน้ำของหินภูเขาไฟขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะและลักษณะเนื้อหิน แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ความถ่วงจำเพาะของหินภูเขาไฟ

จากภาพที่ 6 พบว่าหินบะซอลต์ มีค่าความถ่วงจำเพาะมวลรวม ความถ่วงจำเพาะสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง และความถ่วงจำเพาะแท้จริงสูงสุด เท่ากับ 1.91 2.10 และ 2.21 ตามลำดับ และหินพัมมิซ มีค่าความถ่วงจำเพาะสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง และความถ่วงจำเพาะแท้จริงสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.6 1.05 และ 1.08 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 การดูดซึมน้ำของหินภูเขาไฟ

จากภาพที่ 7 พบว่า หินพัมมิซเป็นหินมีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 66.67 % และหินบะซอลต์ มีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 14.89 % โดยจากผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึม พบว่าหินที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีการดูดซึมน้ำสูง และหินที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะมีการดูดซึมน้ำต่ำ

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการทำปฏิกิริยากับกรดของหินภูเขาไฟ
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและดำเนินการทดสอบความเป็นกรดของหินภูเขาไฟทั้ง2ชนิดผลการวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหินภู

องค์ประกอบทางเคมี	ชนิดของหินภูเขาไฟ	
	หินบะซอลต์ [8]	หินพัมมิซ [9]
SiO_2	47.85	69.83
Al_2O_3	16.96	15.37
Fe_2O_3	4.06	1.11
FeO	5.53	-
CaO	8.16	0.44
MgO	5.46	0.38
Na_2O	2.16	1.10
K_2O	2.31	3.90
TiO_2	1.95	0.34
MnO	0.15	0.03
P_2O_5	0.59	0.02

จากตารางที่ 1 พบว่าหินภูเขาไฟแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีคือธาตุที่อยู่ในแร่ประกอบหินนั้น ๆ และบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของหิน เช่น สี และลักษณะเนื้อหินจึงทำให้หินภูเขาไฟแต่ละชนิดมีสีและลักษณะเนื้อหินแตกต่างกันและส่งผลต่อการดูดซับน้ำของหินแต่ละชนิด [10]

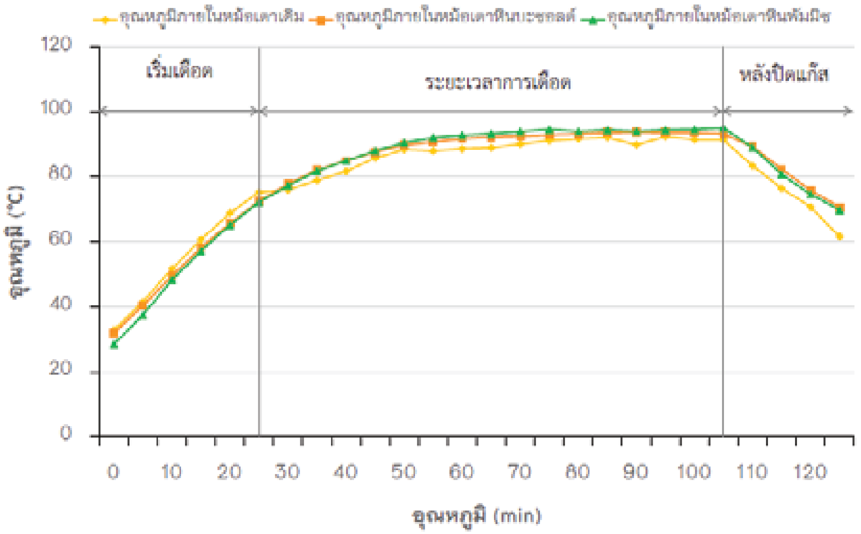
ตารางที่ 2 การทำปฏิกิริยากับกรดของหินภูเขาไฟ

ชนิดของหินภูเขาไฟ	ผลของปฏิกิริยา
หินบะซอลต์	ไม่เกิดฟอง
หินพัมมิซ	ไม่เกิดฟอง

จากตารางที่ 2 พบว่าหินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิด ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด เนื่องจากไม่มีส่วนประกอบของแร่คาร์บอเนต (CaCo3) จึงทำให้ไม่เกิดฟอง แต่เมื่อหยดกรดลงไปหินบะซอลต์และหินพัมมิซก่อให้เกิดกลิ่นฉุนคล้ายคลอรีนเกิดขึ้น เนื่องจากมีส่วนประกอบของแร่แมงกานีสออกไซด์อยู่ในเนื้อหิน

4. ผลความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ

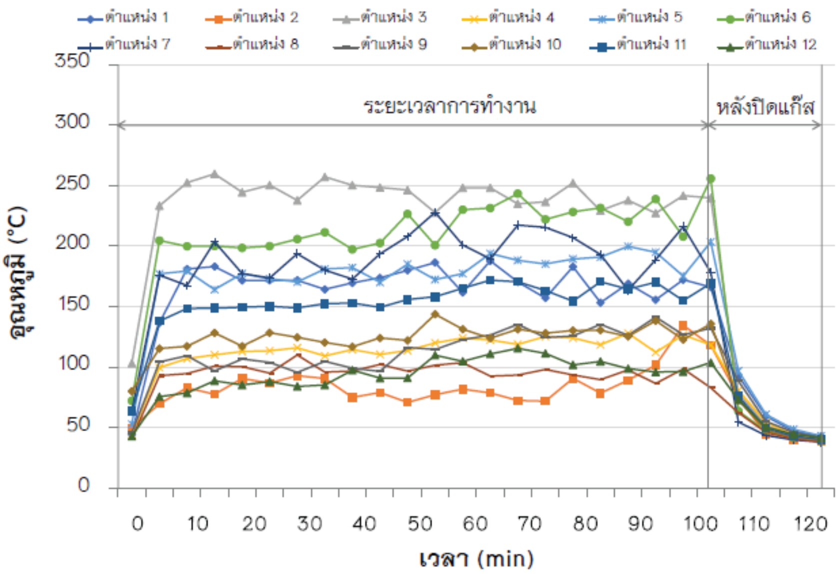
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำของเตาปิ้งย่างก่อนและหลังใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน ผลการศึกษาแสดงดังนี้



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของน้ำเดือดกับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ

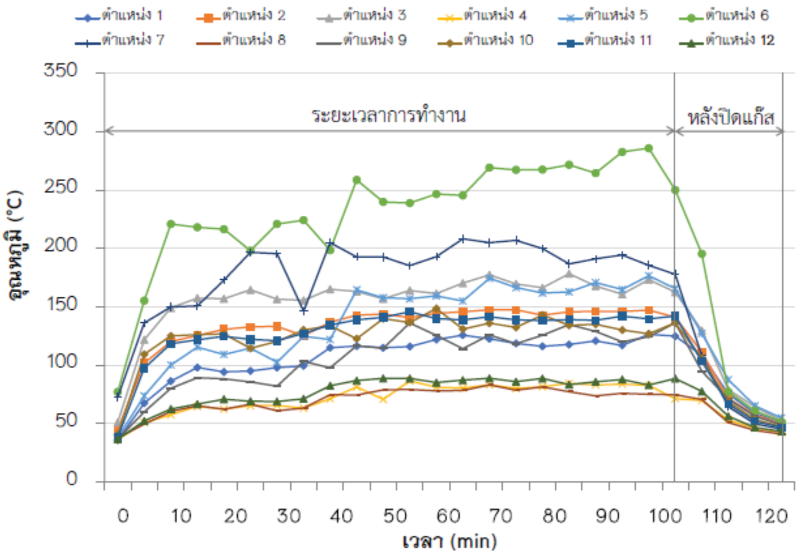
จากภาพที่ 8 พบว่า เตาปิ้งย่างที่ใช้ตัวกลางในการกระจายความร้อนต่างกัน จะส่งผลต่ออุณหภูมิการเดือดของน้ำและเวลาที่ใช้ โดยเตาปิ้งย่างหินบะซอลต์ มีอุณหภูมิจุดเดือดสูงสุด เท่ากับ 93.6 °C ที่ 90 min และเตาปิ้งย่างหินพัมมิซมีอุณหภูมิจุดเกิดสูงสุด เท่ากับ 95 °C ที่ 105 min เมื่อทำการการปิดแก๊สผ่านไป 20 min พบว่า เตาปิ้งย่างหินบะซอลต์อุณหภูมิในหม้อลดลง เท่ากับ 70.6°C และเตาปิ้งย่างหินพัมมิซเท่ากับ69.7°Cซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางพบว่ามีอุณหภูมิจุดเดือดสูงสุดที่ 92.4 °C ที่ 95 min และอุณหภูมิหลังปิดแก๊ส เท่ากับ 69.7 °C

5. ผลการทดสอบการกระจายความร้อนของเตาปิ้งย่าง



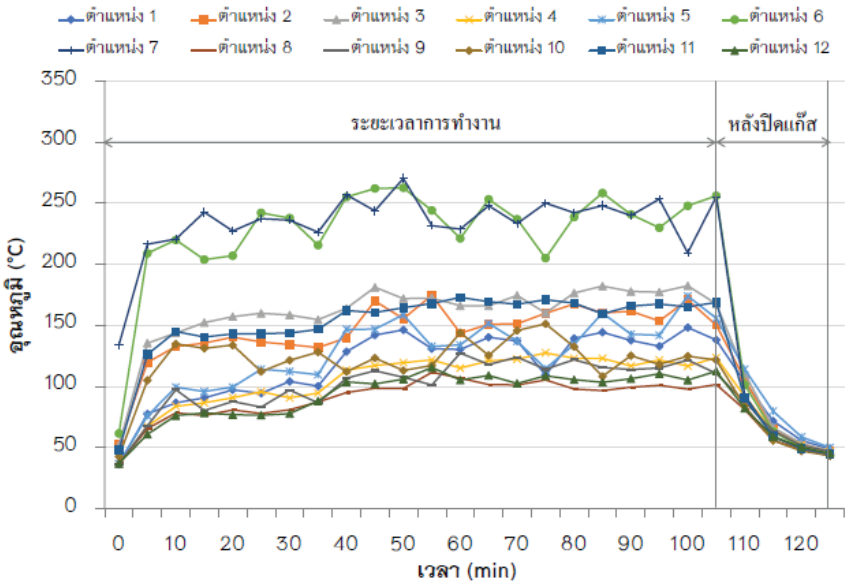
ภาพที่ 9 เตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน

จากภาพที่ 9 พบว่า อุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีความแปรรวนสูงตลอด 105 min โดยตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 259.65 °C และตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 69.6 °C ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 12 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิต่างกันสูงสุดเท่ากับ 152.1 °C และจากการหาความแปรปรวนของอุณหภูมิ 12 ตำแหน่งจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่ามีค่าเท่ากับ 49.71



ภาพที่ 10 เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินบะซอลต์เป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน

จากภาพที่ 10 พบว่า อุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน โดยในช่วง 5-45 min อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีความแปรปรวนสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปช่วงเวลา 50-105 min อุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งเริ่มมีความแปรปรวนต่ำลงทำให้อุณหภูมิบริเวณตะแกรงปิ้งย่างมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างนิ่ง โดยตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือ ตำแหน่งที่ 6 เท่ากับ 285.5 °C และตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือตำแหน่งที่ 8 เท่ากับ 60.85 °C ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 12 ตำแหน่ง อุณหภูมิต่างกันสูงสุดเท่ากับ 108.93 °C และจากการจากการคำนวณหาความแปรปรวนของอุณหภูมิจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าเท่ากับ 47.32



ภาพที่ 11 เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินพัมมิซเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน

จากภาพที่11พบว่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งใกล้เคียงกันมากกว่าเตาที่ใช้ตัวกลางอื่นและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงตลอด 105 min โดยตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือ ตำแหน่งที่ 7 เท่ากับ 270.3 °C และตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือตำแหน่งที่ 12 เท่ากับ 60.75 °C ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 12 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิต่างกันสูงสุดเท่ากับ 143.46 °C และจากการคำนวณหาความแปรปรวนของอุณหภูมิจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่ามีค่าเท่ากับ 48.02

6. ผลประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง

จากการทดสอบการต้มน้ำเพื่อหาจุดเดือดของน้ำ เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง แสดงผลการวิจัยดังนี้

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง

รายการ	เตาปิ้งย่าง	
	บะซอลต์	พัมมิซ
มวลของน้ำเริ่มต้น (kg)	2.80	2.80
ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg.K)	4.19	4.19
อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (K)	304.25	301.62

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่าง (ต่อ)

รายการ	เตาปิ้งย่าง	
	บะซอลต์	**พัมมิซ**
อุณหภูมิของน้ำเดือด (K)	367.12	368.15
ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)	2257	2257
มวลของน้ำที่ระเหย (kg)	0.85	0.80
มวลของแก๊สที่ใช้ (kg)	0.20	0.27
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	50200	50200
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	26.78	21.45

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่างโดยทำการต้มน้ำและศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิจุดเดือดกับเวลาที่ใช้ โดยจากการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินบะซอลต์เป็นตัวกลางมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 26.78 % และเตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินพัมมิซเป็นตัวกลาง มีค่าเท่ากับ 21.45 % ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลาง พบว่า มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่า มีเท่ากับ 20.57 %

7. ผลการทดสอบความสุกของอาหารเมื่อทำการปิ้งย่าง

การกระจายความร้อนของตัวกลางส่งผลต่อระดับความสุกและเวลาที่ใช้ในการปิ้งย่าง โดยเตาปิ้งย่างที่มีการกระจายความร้อนสูงและมีความแปรปรวนต่ำจะส่งผลให้เนื้อหมูมีระดับความสุกที่ใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยแสดงดังนี้

(ก) เตาปิ้งย่างก่อนใช้ หินภูเขาไฟเป็นตัวกลาง

(ข) เตาปิ้งย่างเมื่อใช้ หินบะซอลต์เป็นตัวกลาง

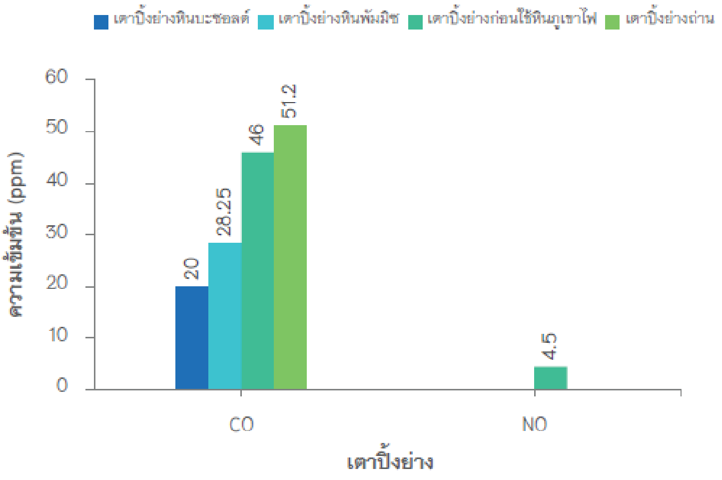
(ง) เตาปิ้งย่างเมื่อใช้ หินพัมมิซ เป็นตัวกลาง

ภาพที่ 12 ความสุกของอาหารที่ทำการปิ้งย่างบนเตาปิ้งย่าง

จากภาพที่ 12 พบว่า เนื้อหมูมีระดับความสุกที่แตกต่างกัน โดยเตาปิ้งย่างหินบะซอลต์ที่มีการกระจายความร้อนสูงสุดพิจารณาจากความแปรปรวนของอุณหภูมิ 12 ตำแหน่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 47.32 เมื่อทำการปิ้งย่างจึงทำให้เนื้อหมูมีความสุกที่ใกล้เคียงกันและสุกเร็วกว่าเตาปิ้งย่างที่ใช้ตัวกลางชนิดอื่น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเนื้อหมูเมื่อเวลาผ่านไป 4 min เท่ากับ 48.1 °C และเตาปิ้งย่างหินพัมมิซ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 48.02 อุณหภูมิภายในเนื้อหมู เท่ากับ 46.3 °C และเตาปิ้งย่างหินสคอเรีย มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 49.68 โดยอุณหภูมิภายในเนื้อหมู เท่ากับ 45.4 °C

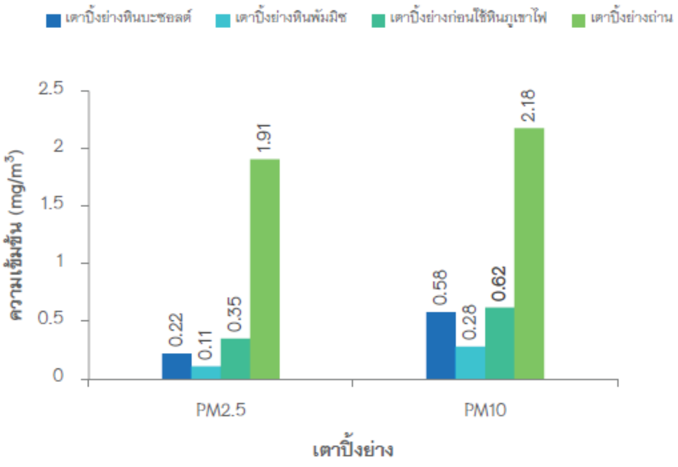
8. ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้เตาปิ้งย่าง

มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้เตาปิ้งย่าง ขึ้นอยู่กับตัวกลางที่ใช้ในการกระจายความร้อน โดยเตาปิ้งย่างที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลาง มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศต่ำกว่า เตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟและเตาปิ้งย่างถ่าน แสดงผลดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไนตริกออกไซด์

จากภาพที่ 13 พบว่าเตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินพัมมิซเป็นตัวกลางก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอไซด์สูงสุด เท่ากับ 28.25 ppm และเตาปิ้งย่างหินบะซอลต์ มีค่าเท่ากับ 20 ppm ซึ่งเมื่อนำมาเทียบเป็นค่าความเข้มข้นสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 2.7×10^6 1.9×10^6 ppm ตามลำดับ อีกทั้งเปรียบเทียบกับเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลาง และเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่าน พบว่า ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เท่ากับ 46 และ 51.2 ppm ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 4.3×10^6 และ 2.7×10^6 ตามลำดับ นอกจากนั้นเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางเป็นเตาปิ้งย่างชนิดเดียวที่ก่อให้เกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) โดยมีค่าเท่ากับ 4.5 ppm ค่าความเข้มข้นสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี เท่ากับ 0.4×10^6 ppm อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไป [11] และค่ามาตรฐานมลพิษที่เกิดจากเชื้อเพลิง [12] ยังคงมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด



ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10}

จากภาพที่ 14 พบว่า เตาปิ้งย่างเมื่อใช้หินบะซอลต์ เป็นตัวกลางก่อให้เกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} สูงสุดเท่ากับ 0.22 mg/m^3 และ 0.58 mg/m^3 ตามลำดับ และเตาปิ้งย่างหินพัมมิซ มีค่าเท่ากับ 0.11 mg/m^3 และ 2.18 mg/m^3 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบเป็นค่าความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ สะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 21x10^3 และ 10x10^3 mg/m^3 ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} สะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 54x10^3 และ 27x10^3 mg/m^3 โดยเตาปิ้งย่างที่ใช้หินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิดเป็นตัวกลาง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ต่ำกว่าเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางและเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่าน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ เท่ากับ 0.35 mg/m^3 และ 1.91 mg/m^3 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 32x10^3 mg/m^3 และ 180x10^3 mg/m^3 ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} เท่ากับ 0.62 และ 2.18 mg/m^3 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นสะสมตลอดระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 58x10^3 และ 205x10^3 mg/m^3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไป[11]และค่ามาตรฐานมลพิษที่เกิดจากเชื้อเพลิง [12] ยังคงมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊สLPGเพื่อพัฒนาเตาปิ้งย่างให้มีประสิทธิภาพในด้านการกระจายความร้อนสูงขึ้นและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้เตาปิ้งย่างที่ใช้หินภูเขาไฟ 2 ชนิด ได้แก่ หินบะซอลต์ และหินพัมมิซเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนสามารถสรุปได้ว่าหินบะซอลต์เป็นหินภูเขาไฟที่เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิและกระจายความร้อนแก่เตาปิ้งย่าง เนื่องจากหินบะซอลต์มีความหนาแน่นและความจุความร้อนจำเพาะสูง [13] เมื่อหินบะซอลต์ได้รับความร้อนอย่างเต็มที่จะเกิดการถ่ายเทความร้อนได้อย่างทั่วถึง ทำให้อุณหภูมิทุก ๆ ตำแหน่งบริเวณตะแกรงปิ้งย่าง มีความแปรปรวนของอุณหภูมิต่ำสุดที่ 47.32 จึงทำให้อาหารที่นำไปปิ้งย่างมีความสุกที่รวดเร็วและสุกอย่างทั่วถึงอีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้แก่เตาปิ้งย่างโดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ26.78%เมื่อเทียบกับเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 19.19% โดยเตาปิ้งย่างที่ใช้หินภูเขาไฟทั้ง 2 ชนิดเป็นตัวกลาง ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนตริกออกไซด์ ฝุ่น $PM_{2.5}$ และ ฝุ่น PM_{10} ต่ำกว่าเตาปิ้งย่างก่อนใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางและเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงถ่านแต่ยังคงมีค่าสูงกว่ามาตรฐานก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศทั่วไปและมาตรฐานมลพิษที่เกิดจากเชื้อเพลิงกำหนด

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1.ควรศึกษาหรือสร้างเตาปิ้งย่างที่มีระบบใหญ่ขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ประกอบกิจการ
2.ควรศึกษาหินที่มีขนาดต่างกันและการจัดเรียงหินที่หลายรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่อำนวยความสะดวกในส่วนของวัสดุและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] S.Y.Chunga, Ramesh R.Yettellab, J.S.Kima,K.Kwona, M.C.Kima David B.Minc (2012).Effects of grilling and roasting on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and pork. Food Chemistry 129 (2011) 1420–1426

[2] Yuwayong Juntarawijita,Chudchawal Juntarawijitb (2019).Cooking smoke exposure and respiratory symptoms among those responsible for household cooking: A study in Phitsanulok, Thailand. Heliyon 5 e01706

[3] World cencer research fund international (2019).Worldwide cancer data Accessed. 8 September 2019 Available from: https://www.wcrf.org/dietandcancer/cancer-trends/world wide-cancer-data

[4] National cencer institude department of public health Thailand (2017). Hospital based cancer registry 2017. Accessed 8 September 2019 Available from:http://www.nci.go.th/ th/File_ th/ File_download/Nci%

[5] Department of mineral resources (2019). Lampang volcanic crater. Accessed 8 September 2019 Available from:http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ ewt/dmr_web/main.php?filename=n06

[6] Standard Method of Test (2019). Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. Accessed 15 December 2019 http://ftp.ecnpurdue. edu/olekPtanikela/To20aggregate.pdf

[7] AnthonyA.Bantu, GilbertNuwagaba,SarahKizza, and YonahK.Turinayo (2016). Design of an Improved Cooking Stove Using High Density Heated Rocks and Heat Retaining Techniques. Accessed 15 December 2019 Available from: https://www. researchgate.net/publication/ 328578252_

[8] Department of mineral resources (2019).SilaWanna and Basalt Structure in Thailand. Accessed 8 September 2019 Availablefrom: http//librarydmr.go.th/Document/DMR_Technical_ Reports/ 2548/7751.pdf

[9] Sirote Salayaphong (2016).Functional characteristics of volcanic mineral rocks with highly porous firewood in agricultural use and as an alternative medicine. Accessed 15 December 2019 Available from: https://www.researchgate. net/publication/236147186

[10] Y. Ozcelika, A. Ozguvenb (2014) .Waterabsorption and drying features of different natural building stones. Construction and Building Materials 63,pp.257–270

[11] Pollution Control Department (2019). The general air quality standards. Accessed 10 February 2019 Available from: : https://www.researchgate.net/pub-lication/236147186

[12] Pollution Control Department (2019). Air pollution standards from stationary sources. Accessed 10 February 2019 Available from: https://www.researchgate.net/pub-lication/ 236147186

[13] P. Hartlieba,M. Toiflb, F. Kucharc, R. Meiselsc, T. Antretterb(2016).Thermo-physical properties of selected hard rocks and their relation to micro-wave-assisted comminution.Minerals Engineering 91,34–41

การศึกษาการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์
A Study of Solar Radiation Collector Positioning for Solar Water Heating System

ชาติชาย ลีลาสิริวิไล[1] และมานพ แย้มแฟง[2]
[1]นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลำดับการวางตำแหน่งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบผลิตน้ำร้อน และเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการศึกษามี 3 ชนิดได้แก่ 1. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ขนาด 1.63 m2 ซึ่งภายในวางท่อแบบอนุกรมขนาด 12 mm. 2. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อความร้อน เส้นผ่านศูนย์กลางท่อขนาด 47 mm. ยาว 1.5 m. จำนวน 24 ท่อ 3. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) ขนาด 2.88 m2 ในการทดลองได้ออกแบบการจัดวางตัวเก็บรังสีอาทิตย์ออกเป็น 2 รูปแบบ ที่มีการสลับตำแหน่งการวางของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่าการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ รูปแบบที่ 2 โดยมีการวางตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) เป็นแผงที่1 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ เป็นแผงที่ 2 และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อความร้อน เป็นแผงสุดท้ายตามลำดับ สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้า-ออก (ΔT) เท่ากับ 57.4 oC โดยอุณหภูมิน้ำที่ออกจากระบบเท่ากับ 100 °C สูงกว่าการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์รูปแบบที่ 1 ที่มีความแตกต่างจากการสลับตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระหว่างตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อความร้อน และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ถึง 5.7 °C ที่อัตราการไหล 0.25 lpm และความเข้มรังสีอาทิตย์ในช่วง 950-1000 W/m2 โดยอุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้า-ออก (ΔT) ของการทดลองรูปแบบที่ 1 เท่ากับ 50.7 °C และอุณหภูมิน้ำออกเท่ากับ 94.3 °C

คำสำคัญ: ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ การจัดวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานจากธรรมชาติไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีปริมาณมากมายมหาศาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย จากข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2560 มีค่าเท่ากับ 17.6 MJ/m^2-day ซึ่งมีค่าสูงเหมาะแก่การใช้เป็นพลังงานทางเลือก[1]พลังงานรังสีอาทิตย์สามารถนำมาใช้ได้ทั้งรูปแบบของความ

ร้อนและไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปลงรังสีอาทิตย์ การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานรังสีอาทิตย์โดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์เป็นตัวแปลงและเก็บรังสีอาทิตย์ให้อยู่ในรูปแบบของความร้อนและถ่ายเทไปยังน้ำที่ไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีหลายประเภท ได้แก่ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสง ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบมีความสามารถในการผลิตน้ำร้อนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ได้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบต่าง ๆ โดย รุ่งทวี ผดากาล และสุรชัย รดาดาร (2553) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อน จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบพาราโบลิกที่มีพื้นที่รับแสง 2.24 m^2 สะท้อนไปยังท่อรับแสงสุญญากาศมีพื้นที่ 0.27 m^2 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการไหลของน้ำและความเข้มแสงที่มากขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ได้จากระบบและประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย [2] ต่อมา นิรมล และคณะ(2558)ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนโดยทำการติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ให้กับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบมายังหลอดแก้วได้ถึง 27.03% ส่งผลให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ผลิตความร้อนได้มากขึ้น [3] และในปี ค.ศ. 2017 Bhowmik และ Amin ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของตังเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยติดตั้งแผงสะท้อนรังสีอาทิตย์เข้ากับตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนติดตั้งแผงสะท้อนประมาณ 10% ดังนั้นระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน[4]สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวางตำแหน่งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 3 ชนิดเชื่อมต่อกันเพื่อสร้างเป็นระบบผลิตน้ำร้อน

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและรังสีอาทิตย์ ยี่ห้อ Graphtec Model GL 840-M
2. Thermocouple Type K มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.8 °C Range (-200°C - 1350°C)
3. ไพรานอมิเตอร์ยี่ห้อ EKO รุ่นML-01 มีค่าความคลาดเคลื่อน < 3%

วิธีการวิจัย

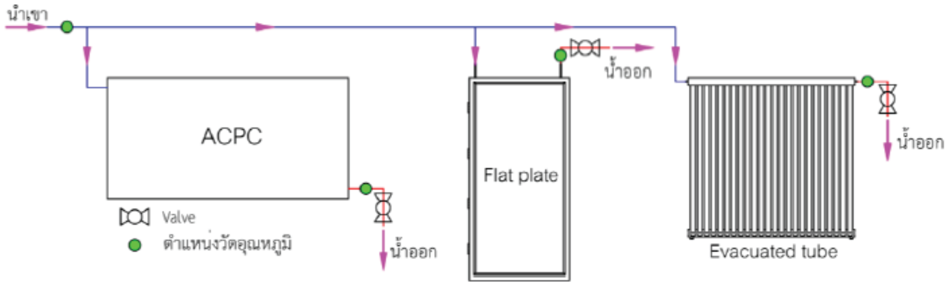
ในการศึกษาจะทำการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในพื้นที่เปิดโล่งเพื่อรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาและหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แต่ละแบบคือ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบดังภาพที่ 1 โดยปรับอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์แต่ละแผง 5 อัตราการไหล คือ 0.2 lpm 0.25 lpm 0.5 lpm 0.75 lpm และ 1 lpm ตามลำดับ

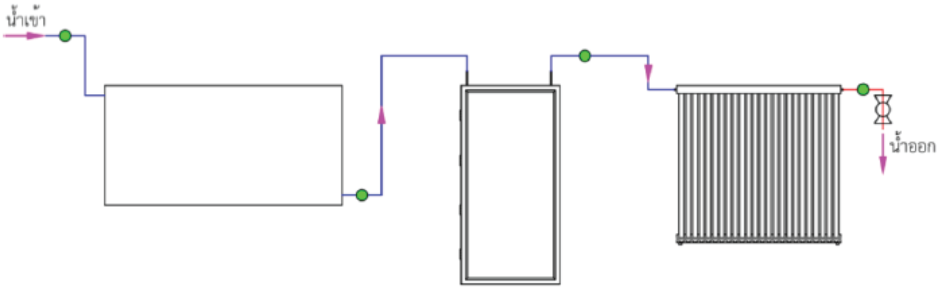
การทดลองที่ 2 นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบมาต่ออนุกรมกันซึ่งเริ่มจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบไม่สมมาตร (ACPC) ตามด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแผง 0.2 lpm 0.25 lpm และ 0.5 lpm ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบมาต่ออนุกรมกันซึ่งเริ่มจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบไม่สมมาตร (ACPC) ตามด้วย ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนตามลำดับ ดังภาพที่ 3 โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแผง 0.25 lpm 0.5 lpm และ 0.75 lpm ตามลำดับ

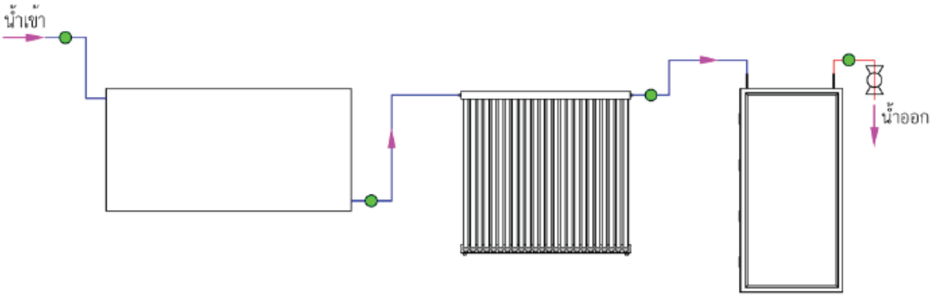
อัตราการไหลเริ่มต้นของน้ำที่เข้าแผงของการทดลองแบบที่ 2 และ 3 มีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากการทดลองแบบที่3อัตราการไหลของน้ำที่ต่ำกว่า0.25lpmน้ำมีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอจึงทำการปรับอัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น การติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน และตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบจะวางเอียงทำมุมประมาณ 14 องศา กับแนวระนาบของพื้นหันแผงไปทางทิศใต้เพื่อรับรังสีอาทิตย์ส่วนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบไม่สมมาตร(ACPC)จะวางตั้งฉากกับพื้นเนื่องจากตัวแผงมีลักษณะเป็นแผงสะท้อน ตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะหันตัวรับรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ ทำการบันทึกอุณหภูมิน้ำเข้าและออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์พร้อมทั้งค่ารังสีอาทิตย์ทำการทดลองในช่วงเวลา09:00 – 16:00 น. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผล เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์และระบบผลิตน้ำร้อนจากการจัดวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 รูปแบบ ได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 1 รูปแบบการติดตั้งและตำแหน่งอุปกรณ์แบบแยกแผง



ภาพที่ 2 รูปแบบการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์และตำแหน่งอุปกรณ์แบบที่ 1



ภาพที่ 3 รูปแบบการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์และตำแหน่งอุปกรณ์แบบที่ 2

จากการทดลองผลการทดลองที่ได้ข้อมูลอุณหภูมิน้ำและค่ารังสีอาทิตย์ นำข้อมูลดังกล่าวมาหาประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์แต่ละแผง ประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตน้ำร้อนแบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพได้จากสมการ

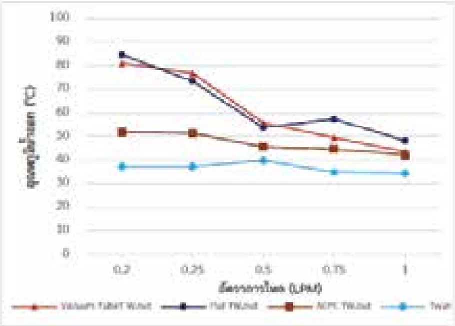
$$\eta_{th} = \frac{\dot{m} C_p (T_{out} - T_{in})}{A_c G_t} \tag{1}$$

โดย η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน
$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg.K)
T_{out} คือ อุณหภูมิน้ำออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (K)
T_{in} คือ อุณหภูมิน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (K)
A_c คือ พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ (m^2)
G_t คือ ค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2)

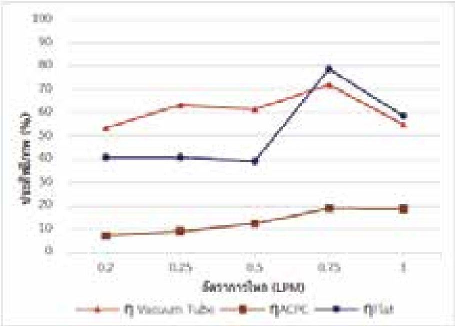
การทดลองเป็นการหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์และระบบผลิตน้ำร้อนทั้ง 2 รูปแบบ รวมถึงอุณหภูมิของน้ำที่ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานรังสีอาทิตย์สามารถทำได้ เพื่อนำไปปรับใช้งานตามความต้องการของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การทดลองดังกล่าวได้มีการทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิของน้ำร้อนสูงสุดที่ระบบผลิตน้ำร้อนทั้ง 2 รูปแบบสามารถทำได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบ โดยน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแผงมีอุณหภูมิเท่ากันคืออุณหภูมิแวดล้อมค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสีอาทิตย์แต่ละแผงที่เวลาเดียวกัน และเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าแผงแต่ละแผง มีผลทำให้ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบมีความแตกต่างกันเมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพและอุณหภูมิของน้ำออกแต่ละแผงที่อัตราการไหลต่าง ๆ จะได้ข้อมูล ดังภาพที่ 3 โดยที่อัตราการไหล 0.75 lpm ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมีประสิทธิภาพสูงสุดรองมาคือตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพ 78.76% 72.04% และ 19.02% ตามลำดับ แต่ในช่วงอัตราการไหลที่ 0.2 lpm 0.25 lpm และ 0.5 lpm ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนจะให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบไม่สมมาตร (ACPC)



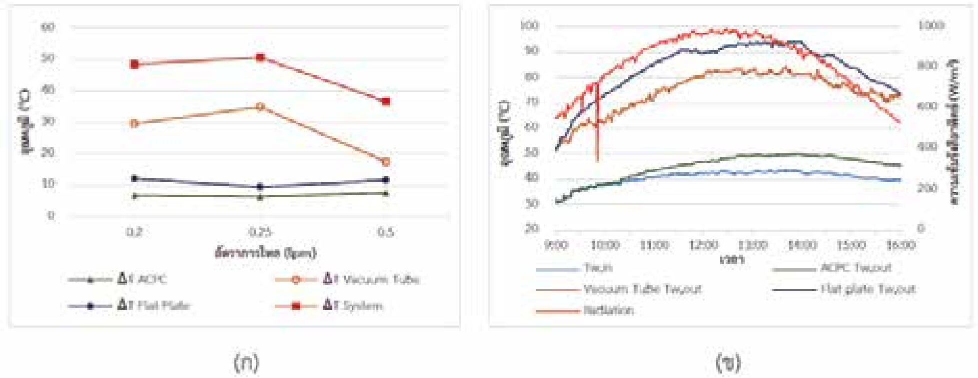
(ก)



(ข)

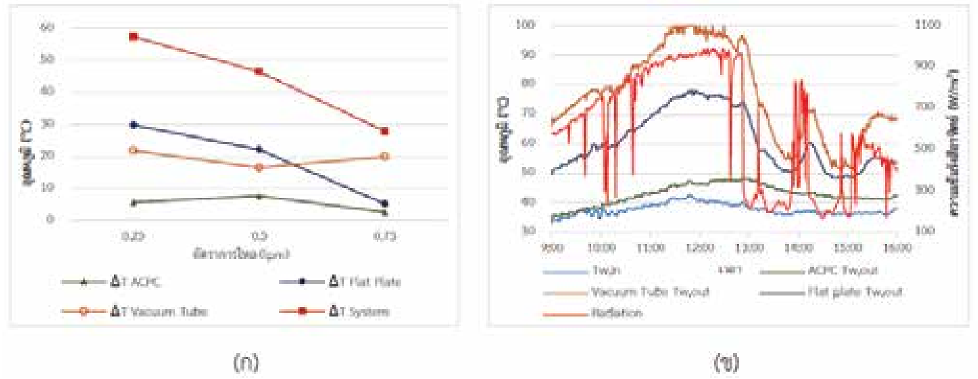
ภาพที่ 3 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำออกและอัตราการไหลของน้ำของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบ
(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและอัตราการไหลของน้ำของเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละแบบ

การทดลองที่ 2 พิจารณาการจัดวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามรูปแบบการจัดวางรูปแบบที่ 1 โดยน้ำอุณหภูมิแวดล้อมเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) น้ำที่ออกจากแผงไปเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำน้ำที่ออกนำไปเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบอีกครั้ง ผลการทดลองเป็นไปตามภาพที่ 4 อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้า-ออก ของระบบผลิตน้ำร้อนตามรูปแบบการจัดวางแบบที่ 1 สูงสุด 50.7 °C อุณหภูมิน้ำออกสูงสุด 94.3 °C ที่อัตราการไหล 0.25 lpm ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 992.8 W/m^2



ภาพที่ 4 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแตกต่างของน้ำเข้า-ออก และอัตราการไหล รูปแบบที่ 1
(ข) อุณหภูมิน้ำที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละช่วงเวลาที่อัตราการไหล 0.25 lpm ที่ผ่านระบบผลิตน้ำร้อนรูปแบบที่ 1

การทดลองที่ 3 พิจารณาการจัดวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามรูปแบบการจัดวางแบบที่ 2 โดยน้ำอุณหภูมิแวดล้อมเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) น้ำที่ออกจากแผงACPCไปเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนตามลำดับ ผลการทดลองเป็นไปตามภาพที่ 5 อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้า-ออก ของระบบผลิตน้ำร้อนตามรูปแบบการจัดวางแบบที่ 2 สูงสุด 57.4 °C อุณหภูมิน้ำออกสูงสุด 100 °C ที่อัตราการไหล 0.25 lpm ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 993.4 W/m^2



ภาพที่ 5 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแตกต่างของน้ำเข้า-ออก และอัตราการไหล รูปแบบที่ 2
(ข) อุณหภูมิน้ำที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละช่วงเวลาที่อัตราการไหล 0.25 lpm ที่ผ่านระบบผลิตน้ำร้อนรูปแบบที่ 2

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทั้ง 3 แบบพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดในช่วงอัตราการไหลของน้ำที่ต่ำกว่า 0.5 lpm ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการไหล 0.75 lpm และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) มีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการไหล 1 lpm และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุดทุกอัตราการไหล เนื่องจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) มีลักษณะเป็นแผงสะท้อนรังสีอาทิตย์ ทำให้ตัวแผงดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์พบว่าระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์ที่มีรูปแบบการวางตำแหน่งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ รูปแบบที่ 2 สามารถผลิตน้ำร้อนออกมาได้อุณหภูมิสูงสุดที่ 100 °C มากกว่าการวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์รูปแบบที่ 1 ถึง 5.7 °C โดยอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านระบบผลิตน้ำร้อนเดียวกันที่ 0.25 lpm และค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันที่ 990 W/m^2 – 995 W/m^2 โดยการจัดวางตำแหน่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางรวมแสงแบบไม่สมมาตร (ACPC) ตามด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนตามลำดับ เรียงต่อกันเป็นแบบอนุกรมระบบจะสามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2560). โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย.
[2] รุ่งทวี ผดากาล และสุรชัย รดาดาร. (2553). "การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ของระบบผลิตน้ำร้อน" วารสารวิศวกรรมสาร มก. 22 (70), 96-109.
[3] นิรมล สุภาพรม นริส ประทินทอง และสมพงษ์ ศรีมโนเสาวภาคย์. (2558). "การเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรังสีของแผงรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน ด้วยตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ออกแบบมาในพื้นที่จากัด", ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 , วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2558 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี.
[4] Himangshu Bhowmik and Ruhul Amin. (2017). Efficiency improvement of flat plate solar collector using reflector. Energy Reports. 2017:3:119-123.

การประเมินประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวล แบบบังคับอากาศโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
Thermal Efficiencies Evaluation of Forced-draft Household Cooking Stove using Biomass Fuel

กิตติกร สาสุจิตต์[1] ภาสวรรณ บุญศิริ[1] ชูรัตน์ ธารารักษ์[1] เสริมสุข บัวเจริญ[1]
ธเนศ ไชยชนะ[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1]
และนิกราน หอมดวง1
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

เตาชีวมวลในระดับครัวเรือนเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำเอาเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบของพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในครัวเรือนโดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนโดยใช้วิธีการบังคับอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้โดยแปรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าในการป้อนอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้เปรียบเทียบกับการใช้เตาชีวมวลแบบปกติโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลถ่านไม้มะขามถ่านไม้ยางพาราและซังข้าวโพดทั้งนี้งานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำเดือดผลการศึกษาพบว่าเตาชีวมวลแบบบังคับอากาศเข้าสู่เตาจะให้ประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่าเตาชีวมวลปกติทั้งนี้การใช้งานเตาชีวมวลด้วยถ่านไม้ยางพาราจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าถ่านไม้มะขาม และซังข้าวโพด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 21.78, 26.02 และ 18.03 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการป้อนอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้จะส่งผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ระยะเวลาการต้มน้ำเดือดจะมีระยะเวลาสั้นภายใน 10 นาที ซึ่งท้ายที่สุดแล้วกรณีการใช้งานเตาชีวมวลในระยะยาวต่อเนื่องทั้งวันเห็นควรเลือกใช้เตาชีวมวลที่ไม่มีการใช้ป้อนอากาศช่วยเผาไหม้จะมีความเหมาะสมกว่าเนื่องจากให้ค่าความร้อนได้อย่างต่อเนื่องและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำแต่จะใช้เวลาในการจุดติดไฟเตาชีวมวลนาน ในส่วนของการพิจารณาระยะเวลาคืนทุน กรณีทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มครัวเรือนพบว่ามีระยะเวลาคืนทุนภายใน 3-4 ปี กรณีใช้ถ่านไม้ และภายใน 0.38 ปี โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

คำสำคัญ: เตาชีวมวล ประสิทธิภาพความร้อน บังคับอากาศ การเผาไหม้

บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานในชีวิตประจำวันมีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานในครัวเรือนสำหรับการประกอบอาหาร และในปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี จึงส่งผลทำให้ปริมาณสำรองของทรัพยากรธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุให้ราคาต้นทุนเชื้อเพลิงต่างปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานทั้งในระดับชุมชนและระดับประเทศทั้งนี้ส่วนใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มเพื่อประกอบอาหารในครัวเรือนดังนั้นจึงทำให้ภาครัฐโดยกระทรวงพลังงานได้ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงชีวมวลหรือเทคโนโลยีเตาชีวมวลเพื่อลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในครัวเรือน ซึ่งจากการทำแผนพลังงานชุมชน พบว่า

ครัวเรือนจะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคิดเป็นประมาณร้อยละ 20 ของรายได้ครัวเรือน ขณะเดียวกันมีการใช้เตาฟืนหรือเตาถ่านเพื่อประกอบอาหารเป็นหลักอาทิเช่นเตาอั้งโล่เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงเตาถ่านตามท้องตลาด เป็นต้น ซึ่งจากการทดสอบพบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ธเนศ และคณะ (2555) [1] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลระดับครัวเรือน ประกอบไปด้วยเตาชีวมวล 6 ชนิด ได้แก่เตาอั้งโล่ธรรมดา เตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง เตาปากยื่น เตาดำขนาดกลาง และเตาดำขนาดเล็ก โดยทำการทดสอบด้วยวิธีการต้มน้ำเดือด พบว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 31 นอกจากนั้นให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในช่วงร้อยละ 17-25 ขณะเดียวกัน Raman et al (2013) [2] ทำการทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลทำอาหารโดยใช้การป้อนกับเตา 3 แบบโดยใช้เชื้อเพลิงจากไม้และเปลือกกะลามะพร้าว พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงในช่วงร้อยละ 32.3-39.2 และการใช้เปลือกกะลาให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในช่วงร้อยละ 32.7-36 นอกจากนั้น Chendake et al (2014) [3] ทำการออกแบบเตาชีวมวลสำหรับให้ความร้อนแก่น้ำ โดยศึกษาตัวแปรด้านความต้องการพลังงาน เส้นผ่าศูนย์กลางเตาอัตราการใช้เชื้อเพลิงจากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยการต้มน้ำเดือดโดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาร้อยละ 19.26 ทั้งนี้ระบบจะมีระยะเวลาคืนทุน 4.22 เดือนเมื่อนำมาใช้งานในการทำอาหารในครัวเรือน อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาเตาชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงฟืน หรือถ่าน โดยทำการออกแบบให้มีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น รวมไปถึงมีฉนวนความร้อนธรรมชาติอาทิเช่นการใช้แกลบดำหรือทรายเป็นต้นเพื่อป้องกันความร้อนที่สูญเสียพบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนอยู่ในช่วง 20-27 อย่างไรก็ตามการใช้เตาชีวมวลแบบฟืนหรือถ่านในเตาชีวมวลแบบทรงกระบอกนั้นพบว่าปัญหาหนึ่งก็คือการจุดติดไฟช้าและระยะเวลาการต้มน้ำให้เดือดจะนานทำให้ต้องมีช่วงระยะเวลาการจุดติดไฟเริ่มต้นช้า

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาชีวมวลแบบบังคับอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้ โดยศึกษาผลของการป้อนอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพความร้อน และระยะเวลาต้มน้ำให้เดือด รวมไปถึงการประเมินระยะเวลาคืนทุนของเตาชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เปรียบเทียบกับการทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือน ซึ่งท้ายที่สุดจะพิจารณาความเหมาะสมและข้อดีข้อเสียของเตาชีวมวลในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับเตาชีวมวลที่มีการศึกษามาก่อนแล้ว

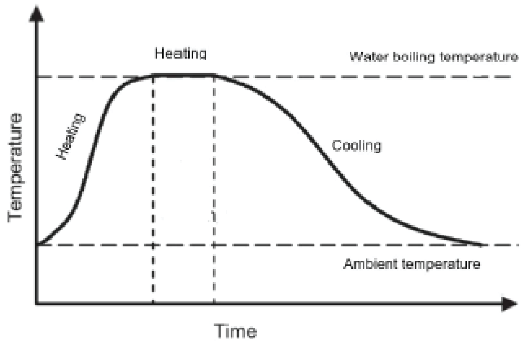
วิธีการวิจัย

เตาชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังภาพที่ 1 โดยทำการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพแบบบังคับอากาศในการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยทำการทดสอบการใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้มะขามถ่านไม้ยางพาราและซังข้าวโพด ทั้งนี้จะทำการศึกษาแปรเปลี่ยนตัวแปรอากาศช่วยในการเผาไหม้โดยใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง ที่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราการไหลโดยใช้หม้อแปลงการปรับแรงดันทางไฟฟ้าที่ระดับ 3, 4.5 และ 6 โวลต์ หรืออัตราเร็วลม 1.1, 1.35 และ 1.72 เมตรต่อวินาที คิดเป็นอัตราการไหลของอากาศเชิงมวล 48.51, 59.54 และ 75.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

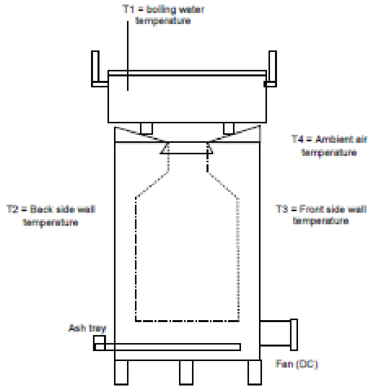
ก.แบบไม่ใช้อากาศ ข.แบบบังคับอากาศช่วยเผาไหม้

ภาพที่ 1 เตาชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้

การทดสอบจะทำการทดสอบโดยใช้วิธีการต้มน้ำให้เดือด (Water Boiling Test: WBT) [1,4-5] โดยภาพที่ 2 แสดงลักษณะของการทดสอบตลอดช่วงการทดลองซึ่งประกอบไปด้วยช่วงการทำงานของเตาชีวมวลจำนวน 3 ระดับได้แก่ช่วงให้ความร้อน ช่วงระดับกำลังหรือการทำงานสูงสุด และช่วงสุดท้ายคือช่วงความร้อนลดลง (Heating, High Power, Cooling) ชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบจะทำให้มีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยทำอบไล่ความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทั้งนี้ภาชนะสำหรับใส่น้ำในการทดสอบนั้นจะใส่น้ำประมาณสามส่วนสี่ของภาชนะที่บรรจุน้ำหรือประมาณ 15 ลิตร และทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำการทดลอง ทำการตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ร่วมกับเทอร์โมคัฟเพิล ชนิด K จำนวน 2 ตำแหน่ง และทำการตรวจวัดอุณหภูมิผนังเตา 2 ตำแหน่งได้แก่ด้านหน้า และด้านหลังของเตาชีวมวล ดังแสดงภาพที่ 3 โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และเครื่องมือตรวจวัดมวลของเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ขนาด 20 กิโลกรัม ทั้งนี้การทดลองในงานวิจัยนี้จะไม่คิดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากผนังเตาชีวมวล



ภาพที่ 2 กราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำตลอดช่วงเวลาการทดสอบ โดยวิธี Water Boiling Test [1,6]



ภาพที่ 3 ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิของเตาชีวมวล

การวิเคราะห์ค่าความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวลโดยวิธีการทดสอบโดยการต้มน้ำเดือด (WBT) พิจารณาได้จากสมการที่ 1 – 4 [3-7]

$$FCR = \frac{m_f}{T} \tag{1}$$

$$Q_u = \{m_w c_{p,w}(T_{wb} - T_{wi})\} + \{m_e h_{fg}\} \tag{2}$$

$$Q_{fuel} = m_f LHV \tag{3}$$

$$\eta = \left\{\frac{Q_u}{Q_{fuel}}\right\} \times 100 \tag{4}$$

โดยที่ FCR คืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง), m_f คือมวลเชื้อเพลิง (กิโลกรัม), T คือระยะเวลา (ชั่วโมง) Q_u คือค่าความร้อนที่นำไปใช้ในการต้มน้ำเดือด (กิโลจูล) Q_{fuel} คือค่าความร้อนจากเชื้อเพลิง (กิโลจูล), LHV คือค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม), m_w คือมวลน้ำเริ่มต้น (กิโลกรัม), m_e คือมวลน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม), $C_{p,w}$ คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.186 (กิโลจูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส), T_{wb} คืออุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (องศาเซลเซียส), T_{wi} คืออุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส), h_{fg} คือค่าความร้อนแฝงการระเหยของน้ำเท่ากับ 2,257 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงชีวมวล

เชื้อเพลิงชีวมวลที่การทดลองได้แก่ ถ่านไม้มะขาม ซังข้าวโพด และถ่านไม้ยางพารา ดังภาพที่ 4 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่าความร้อนเท่ากับ 32.65, 16.65 และ 28.97 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยถ่านไม้มะขามให้ค่าความร้อนสูงกว่าชนิดอื่นๆดังแสดงในตารางที่ 1 จากข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงทั้งสามชนิดจะมีความต้องการอากาศในทางทฤษฎีเพื่อใช้เผาไหม้ที่สมบูรณ์ เท่ากับ 5.30, 4.17 และ 9.83 และสมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงทั้งสามชนิดแสดงได้ตามสมการที่ 5-7

ภาพที่ 4 การจัดเตรียมเชื้อเพลิงหรับหรับโครงงานวิจัย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง [8-10]

ค่าวิเคราะห์แบบประมาณ (%wt.)	**ถ่านไม้มะขาม**	**ซังข้าวโพด**	**ถ่านไม้ยางพารา**
Moisture (%)	1 – 5	9.71	4.22
Fixed Carbon (%)	85.00	42.56	81.64
Volatile matter (%)	14.00	71.21	11.21
Ash (%)	1.00	2.97	2.93
ค่าวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (%wt)			
Carbon (%)	46.54	40.22	81.74
Hydrogen (%)	5.87	4.11	3.23
Oxygen (%)	47.04	42.56	14.27
Nitrogen (%)	0.55	0.39	0.46
Sulphur (%)	-	0.04	0.17
LHV (MJ/kg)	32.65	16.65	28.97

สมการเผาไหม้สมบูรณ์ของถ่านไม้มะขาม

$$C_{39.75}H_{58.24}O_{29.41}N_{0.39}S+38.60(O_2+3.76N_2)\rightarrow 38.75CO_2+29.12H_2O+SO_2+145.34N_2 \quad (5)$$

สมการเผาไหม้สมบูรณ์ของซังข้าวโพด

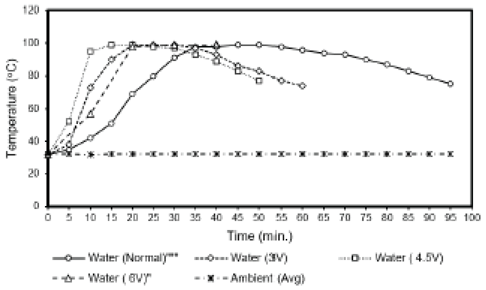
$$C_{33.49}H_{40.78}O_{26.61}N_{0.28}S_{0.01}+30.39(O_2+3.76N_2)\rightarrow 33.49CO_2+20.39H_2O+0.01SO_2+114.40N_2 \quad (6)$$

สมการเผาไหม้สมบูรณ์ของถ่านไม้ยางพารา

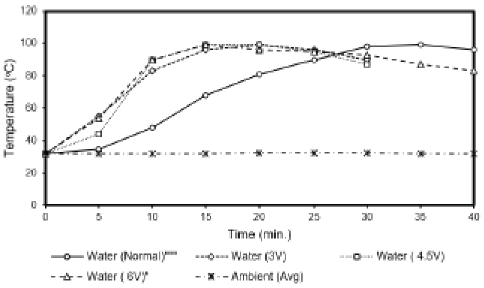
$$C_{68.05}H_{32.05}O_{8.92}N_{0.33}S_{0.05}+71.66(O_2+3.76N_2)\rightarrow 68.05CO_2+16.02H_2O+0.05SO_2+269.60N_2 \quad (7)$$

ผลของการกระจายอุณหภูมิของเตาชีวมวล

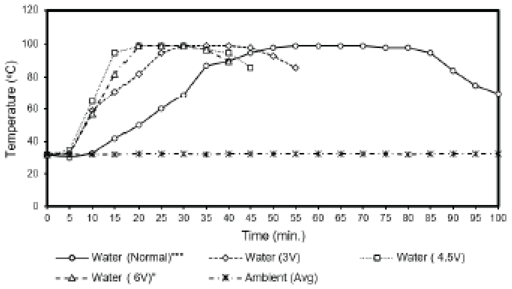
ผลการกระจายอุณหภูมิของน้ำในภาชนะตามช่วงเวลาโดยใช้เชื้อเพลิงทดสอบสำหรับถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ยางพาราคงที่ 15 กิโลกรัมต่อครั้ง และเชื้อเพลิงซังข้าวโพดคงที่ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มอากาศเข้าช่วยในการเผาไหม้ส่งผลทำให้ระยะเวลาต้มน้ำให้เดือดมีระยะเวลาในช่วง 10 นาที สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งสามชนิด ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบการใช้เตาชีวมวลปกติ ที่ไม่มีการใช้อากาศช่วยในการเผาไหม้จะมีระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือดประมาณ 30 นาที ซึ่งนานกว่าการใช้อากาศช่วยในการเผาไหม้แต่เมื่อพิจารณาในช่วงของการรักษาอุณหภูมิน้ำเดือดพบว่าการใช้อากาศช่วยเผาไหม้จะคงอุณหภูมิไว้ระยะเวลานานอย่างน้อย 30 นาที สำหรับเชื้อเพลิงถ่านไม้มะขาม และถ่านไม้ยางพารา ในส่วนของการใช้ซังข้าวโพด พบว่าจะคงอุณหภูมิสั้นกว่าเพียง 15-20 นาที ดังแสดงในภาพที่ 5



ก. ถ่านไม้มะขาม



ข. ซังข้าวโพด



ค. ถ่านไม้ยางพารา

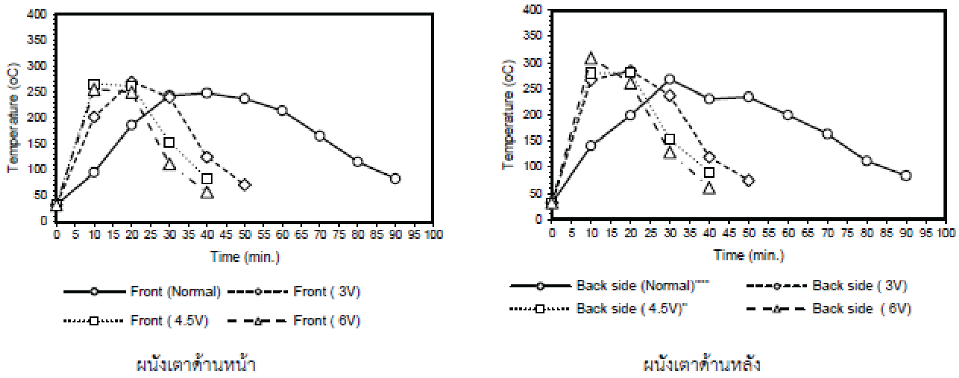
ภาพที่ 5 อุณหภูมิของน้ำตามช่วงเวลาทดสอบที่เงื่อนไขการป้อนอากาศช่วยเผาไหม้ต่าง ๆ

ผลการศึกษาการกระจายอุณหภูมิผ่านผนังเตาชีวมวล

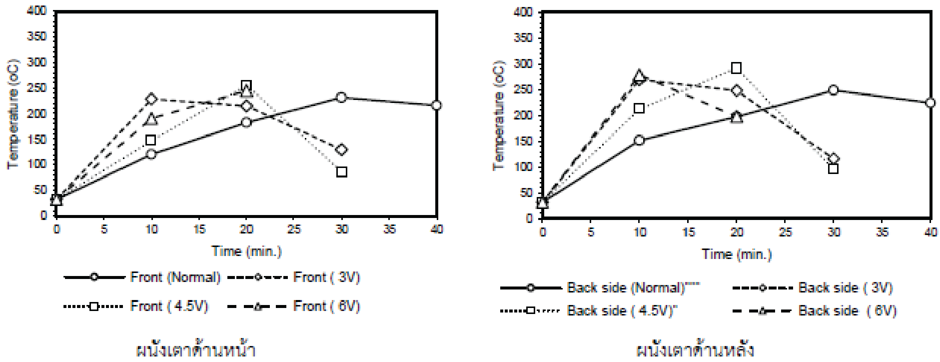
ผลการกระจายอุณหภูมิของผนังเตาชีวมวลโดยทำการตรวจวัดผนังด้านหน้าและด้านหลังของเตาชีวมวล พบว่าอุณหภูมิผนังเตาชีวมวลด้านหน้า จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุด 250-300 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิด้านหลังของผนังเตาชีวมวลพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 250-350 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการตรวจวัดยังพบว่ามีอุณหภูมิสูง ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาชีวมวล ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต้องนำฉนวนความร้อนที่ดีกว่าวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวลสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 6

ผลการศึกษาประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวล

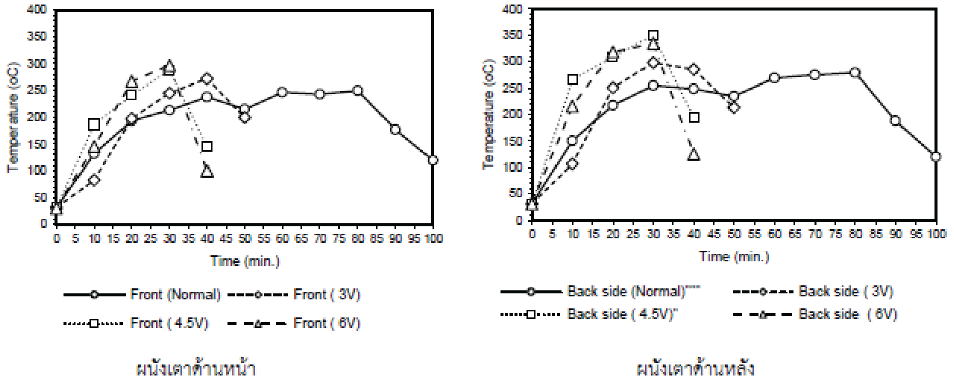
จากผลการทดสอบประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวลพบว่าเตาชีวมวลที่ไม่ป้อนอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่าการใช้อากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งนี้เมื่อเพิ่มอากาศในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามปริมาณอากาศที่ช่วยในการไหม้โดยเชื้อเพลิงชีวมวลจากซังข้าวโพดถือว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าถ่านไม้มะขามและถ่านไม้ยางพาราดังภาพที่ 7 ในส่วนประสิทธิภาพความร้อน พบว่ากรณีที่ใช้ถ่านไม้มะขามจะมีประสิทธิภาพความร้อนในช่วงร้อยละ 21.03–22.42 เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงถ่านไม้ยางพารา ก็จะมีประสิทธิภาพความร้อนอยู่ในช่วงร้อยละ 25.26 – 32.19 ในส่วนของเชื้อเพลิงซังข้าวโพด พบว่ามีประสิทธิภาพความร้อนในช่วงร้อยละ 17 – 18 ดังภาพที่ 8



ก.) อุณหภูมิผนังของเตาชีวภาพกรณีการเพิ่มอากาศในการเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงถ่านไม้มะขาม



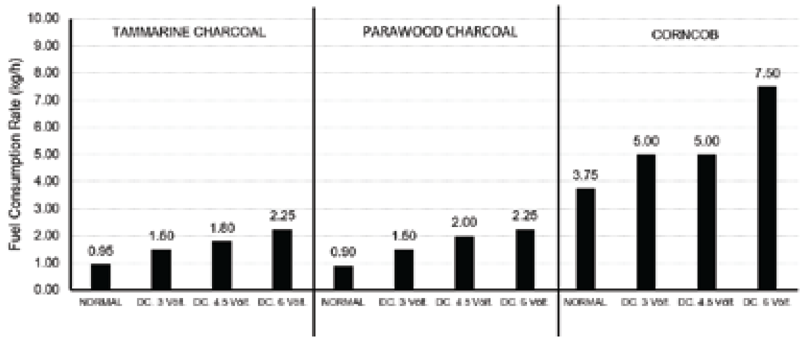
ข. อุณหภูมิผนังของเตาชีวภาพกรณีการเพิ่มอากาศในการเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงซังข้าวโพด



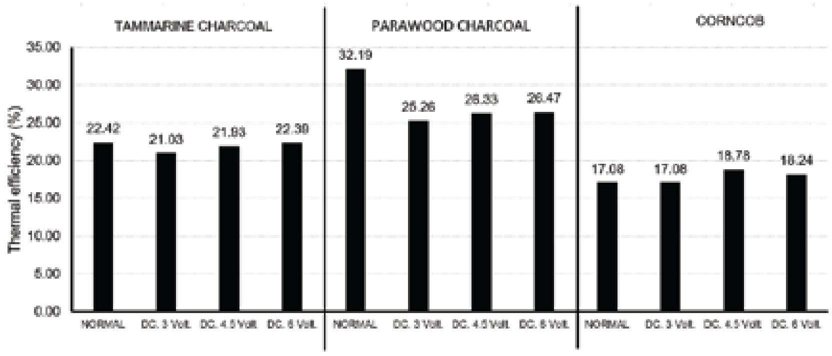
ค. อุณหภูมิผนังของเตาชีวภาพกรณีการเพิ่มอากาศในการเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงถ่านไม้ยางพารา

ภาพที่ 6 อุณหภูมิผนังเตาชีวมวลที่เงื่อนไขการป้อนอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้ที่ระดับต่าง ๆ

#TREC13



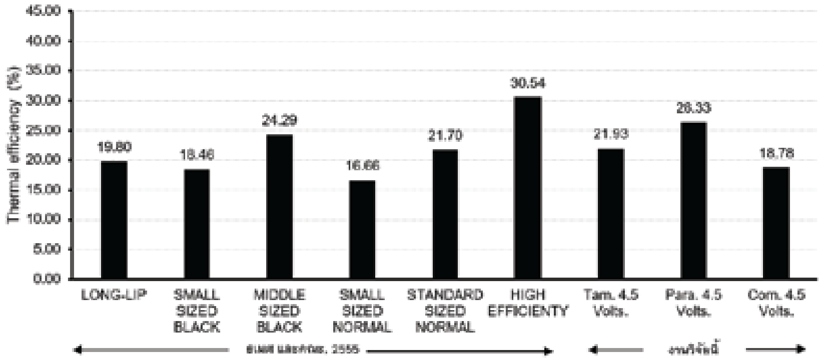
ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบการเพิ่มอากาศที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขับพัดลมป้อนอากาศต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการเพิ่มอากาศที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขับพัดลมป้อนอากาศต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพความร้อน

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลกับงานวิจัยอื่น

จากผลการศึกษาเตาชีวมวลในงานวิจัยนี้พบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่าเตาชีวมวลแบบอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ถ่านไม้มะขามและถ่านไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงในส่วนของเชื้อเพลิงซังข้าวโพดนั้นพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับเตาชีวมวลอื่นทั้งนี้การเพิ่มอากาศช่วยในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นของงานวิจัยนี้จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ก็จะส่งผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วยขณะเดียวกันการใช้อากาศช่วยเผาไหม้นั้นจะส่งผลมีระยะเวลาการใช้งานสั้นกว่าแบบไม่ใช้อากาศช่วยเผาไหม้ ในส่วนอัตราเร็วลมที่ป้อนเข้าช่วยเผาไหม้ที่เงื่อนไขของการทดลองนี้ในเชิงของประสิทธิภาพความร้อนพบว่ามีค่าแตกต่างกันน้อยมาก ดังแสดงภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความร้อนกับเตาชีวมวลชนิดต่าง ๆ กับงานวิจัยนี้ [1]

ผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนเตาชีวมวล

ระยะเวลาคืนทุนของเตาชีวมวลงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยมีความถี่ของการใช้งานทางด้านพลังงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีค่าเชื้อเพลิงถ่านไม้มะขาม 7.50 บาทต่อกิโลกรัม ถ่านไม้ยางพารา 7.78 บาทต่อกิโลกรัม และซังข้าวโพด 0.20 บาทต่อกิโลกรัม โดยคิดค่าไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย ราคาแก๊สหุงต้ม 385 บาทต่อถัง (15 กิโลกรัม) ทำการประเมินกรณีที่การใช้งานแก๊สหุงต้มประมาณ 3 ถังต่อเดือนในครัวเรือนซึ่งมีค่าใช้จ่ายประมาณ 14,400 บาทต่อปี ทั้งนี้ผลการประเมินพบว่า การใช้เตาชีวมวลที่ใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงจะมีระยะเวลาคืนทุน 0.38 ปี เนื่องจากราคาเชื้อเพลิงต่ำ ขณะเดียวกันการใช้ถ่านไม้มะขาม และถ่านไม้ยางพารา จะมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 3 ปี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินระยะเวลาคืนทุนของเตาชีวมวลเมื่อเปรียบเทียบการทดแทนการใช้แก๊สหุงต้ม

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ	ถ่านไม้มะขาม	ถ่านไม้ยางพารา	ซังข้าวโพด
ต้นทุนคงที่ เตาชีวมวลพร้อมชุดป้อนอากาศ	5,000	5,000	5,000
ค่าใช้จ่ายแปรผัน			
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h)	0.95	0.90	3.75
ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (บาท/ปี)	13,003	12,775	1,369
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า (บาท/ปี)	38.33	38.33	38.33
ผลตอบแทนประหยัดเทียบแก๊สหุงต้ม (บาท/ปี)	1,359	1,587	12,993
ระยะเวลาคืนทุน (เทียบแก๊สหุงต้ม) (ปี)	3.68	3.15	0.38

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเตาชีวมวลโดยบังคับอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้ที่อัตราการไหลของอากาศเชิงมวล 48.51, 59.54 และ 75.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลถ่านไม้ยางพารา ถ่านไม้มะขาม และซังข้าวโพด พบว่าการป้อนอากาศจะส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 18-27 เชื้อเพลิงถ่านไม้จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ซึ่งการป้อนอากาศช่วยเผาไหม้จะส่งผลทำให้การต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่า แต่จะมีระยะเวลาการใช้งานสั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเตาชีวมวลที่ไม่บังคับอากาศช่วยเผาไหม้ ในส่วนของอัตราการไหลของอากาศพบว่ามีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนในส่วนของระยะเวลาคืนทุนของเตาชีวมวลนั้นจะประเมินโดยการศึกษาการทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มครัวเรือนพบว่ามีระยะเวลาคืนทุนภายในระยะเวลา 3.68 สำหรับถ่านไม้มะขาม ระยะเวลาคืนทุนภายใน 3.15 ปี กรณีใช้ถ่านไม้ยางพารา และระยะเวลาคืนทุนภายใน 0.38 ปี สำหรบการใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษา วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] ธเนศ ไชยชนะ, หมะกรือซม อาลี, และมัสยา หลงสมัน. (2555). การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มระดับครัวเรือน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 32 (5), 626-630.

[2] Raman, P., Murali, J., Sakthivadivel, D., Vigneswaran, V.S., (2013). Performance evaluation of three types of forced draft cook stoves using fuel wood and coconut shell. Biomass and Bioenergy. 49, 333-340.

[3] Chendake A.D., Shelake P.S., Nalawade R. D. and Vairal S. D. (2014). Design and Development of Household Gasifier cum Water Heater. International Journal of Current Engineering and Technology. Special Issue-3, 208-212.

[4] กิตติกร สาสุจิตต์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี, นิกราน หอมดวง, อภิชาติ สวนคำกอง, เสรี กังวานกิจ. (2552). การประเมินสมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลสำหรับครัวเรือนโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง. การประชุมวิชาการประจำปี 2551, วันที่ 4 – 5 ธันวาคม 2551, ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[5] Pitaksa Suvarnakuta, P., Suwannakuta, P. (2006). Biomass Cooking Stove for Sustainable Energy and Environment. The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE 2006), 21-23 November 2006, Bangkok, Thailand.

[6] Chen, Y., Shen, G., Su, S., Du, W., Huangfu, Y., Liu, G., Wang, X., Xing, B., S., K.R., Tao, S. (2016). Efficiencies and pollutant emissions from forced-draft biomass-pellet semi-gasifier stoves: Comparison of International and Chinese water boiling test protocols. Energy for Sustainable Development. 32, 22-30.

[7] กันยาพร ไชยวงศ์, ณัฐพล วิชาญ, อาริยะ แสนทวีสุข, จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล และธัญศิภรณ์ จันทร์หอม. (2559). ผลของอากาศป้อนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 1 (1), 37-42.

[8] Ratnadhariya, J.K., Channiwala S.A. (2010). Experimental studies on molar distribution of CO/CO_2 and CO/H_2 along the length of downdraft wood gasifier. Energy conversion and management. 51, 452-458.

[9] Jeeban, P., Sea C. (2014). Effect of torrefaction on the properties of corn stalk to enhance solid fuel qualities. Energies. 7, 5586-5600.

[10] Wan, A., Ayaz, M. (2013). Biochar production from waste rubber-wood-sawdust and its potential use in sequestration. Chemical and physical characterization Industrial crop and products. 44, 18-24.

การเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิส
UPGRADING OF PALM OIL TO BE FUEL OIL BY PYROLYSIS PROCESS

จิระเมธ มาระกะ[1] ธรณิศวร์ ดีทายาท[2], วาสนา คำโอภาส[3] และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[2]
[1]สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2]ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษากระบวนเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิสเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มรีไฟน์ซึ่งกำหนดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา350-450°C มีอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 0-10%wt เกิดผลิตภัณฑ์ออกมาทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ น้ำมันชีวภาพ น้ำมันคงเหลือ และแก๊ส เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพมีลดลง และมีปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันชีวภาพที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 40.63-41.62 MJ/kg และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 7.88-10.49 cSt

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันชีวภาพจากกระบวนการเพิ่มคุณภาพที่อุณหภูมิ450°Cและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาHZSM-5 10%wtมากลั่นลำดับส่วนจะได้น้ำมันแก๊สโซลีนและเคโรซีนชีวภาพมากที่สุดที่60% ของปริมาณน้ำมันชีวภาพที่มากลั่นลำดับส่วน

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์มดิบ, กระบวนการไพโรไลซิส, น้ำมันชีวภาพ, แก๊สโซลีนชีวภาพ, เคโรซีนชีวภาพ

บทนำ

เนื่องจากราคาปาล์มน้ำมันตกต่ำทั่วโลกซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นและมีความต้องการใช้ปาล์มน้ำมันที่ลดลง ทางกระทรวงพลังงานประเทศไทยได้แก้ไขปัญหาโดยการรับซื้อปาล์มดิบจำนวนมากเพื่อมาทำเป็นไบโอดีเซลใช้ในประเทศและนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าอีกทั้งองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization, ICAO) กำหนดให้ตั้งแต่ปี2555เป็นต้นไปเครื่องบินทุกลำที่บินผ่านน่านฟ้ายุโรปต้องใช้หรือผสมน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องบิน หรือน้ำมันไบโอเจ็ต (Biojet fuel) เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [1]

การนำน้ำมันปาล์มดิบ ที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนทางวัตถุดิบถูกกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ มาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสหรือกระบวนการแครกกิ้ง เพื่อให้ได้น้ำมันคุณภาพสูง ได้แก่น้ำมันแก๊สโซลีนและเคโรซีน น้ำมันดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมขนส่ง รวมถึงการพัฒนาเป็นน้ำมันไบโอเจ็ท หรือผสมกับน้ำมันเจ็ทที่มาจากน้ำมันฟอสซิล เพื่อใช้ในอากาศยาน ช่วยลดปัญหา Emisssions ที่ก่อให้เกิดปัญหาแก๊สเรือนกระจกได้

วิธีการและเทคนิคที่ได้รับความนิยมและได้ผลลัพธ์ค่อนข้างดีในการเพิ่มคุณภาพน้ำมันคือวิธีไพโรไลซิสหรือการแตกตัว (Cracking) โดยมีการให้ความร้อนภายในเตาปฏิกรณ์ด้วยเทคนิคต่างๆ ไฮโดรดีออกซิจิเนชัน (Hydrodeoxygenation, HDO) ซึ่งมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เพื่อดึงอะตอมของออกซิเจนออกจากสารทำงานโดยมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนเข้าไปด้วยน้ำมันที่ได้จะมีคุณภาพสูงความหนืดต่ำเผาไหม้ได้ดีมีค่าซีเทนสูงโดยกระบวนการไฮโดรแคร็กกิ้งนี้ต้องอาศัยปัจจัยสำคัญในการควบคุมระบบ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน และอัตราส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันที่ใช้ เป็นต้น สารเร่งปฏิกิริยาพื้นฐานที่นิยมใช้จะอยู่ในกลุ่มของซีโอไลต์ (Zeolite) ซึ่งอาจมีการ เติมโลหะ Transition ผสมบางชนิดที่เหมาะสมลงไปให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆบนพื้นผิวของซีโอไลต์เพื่อทำให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำเพาะตรงตามความต้องการในกระบวนการไฮโดรแคร็กกิ้งสำหรับน้ำมันHDOจะนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นโลหะตระกูลสูงเช่น อย่างไรก็ตาม ความดันที่ใช้ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ไฮโดรเจน จัดว่าเป็นพลังงานที่มีคุณภาพสูง เมื่อถูกผลิตมาเพื่อนำมาไล่ออกซิเจนอาจเป็นการทำลายคุณภาพพลังงาน [2]

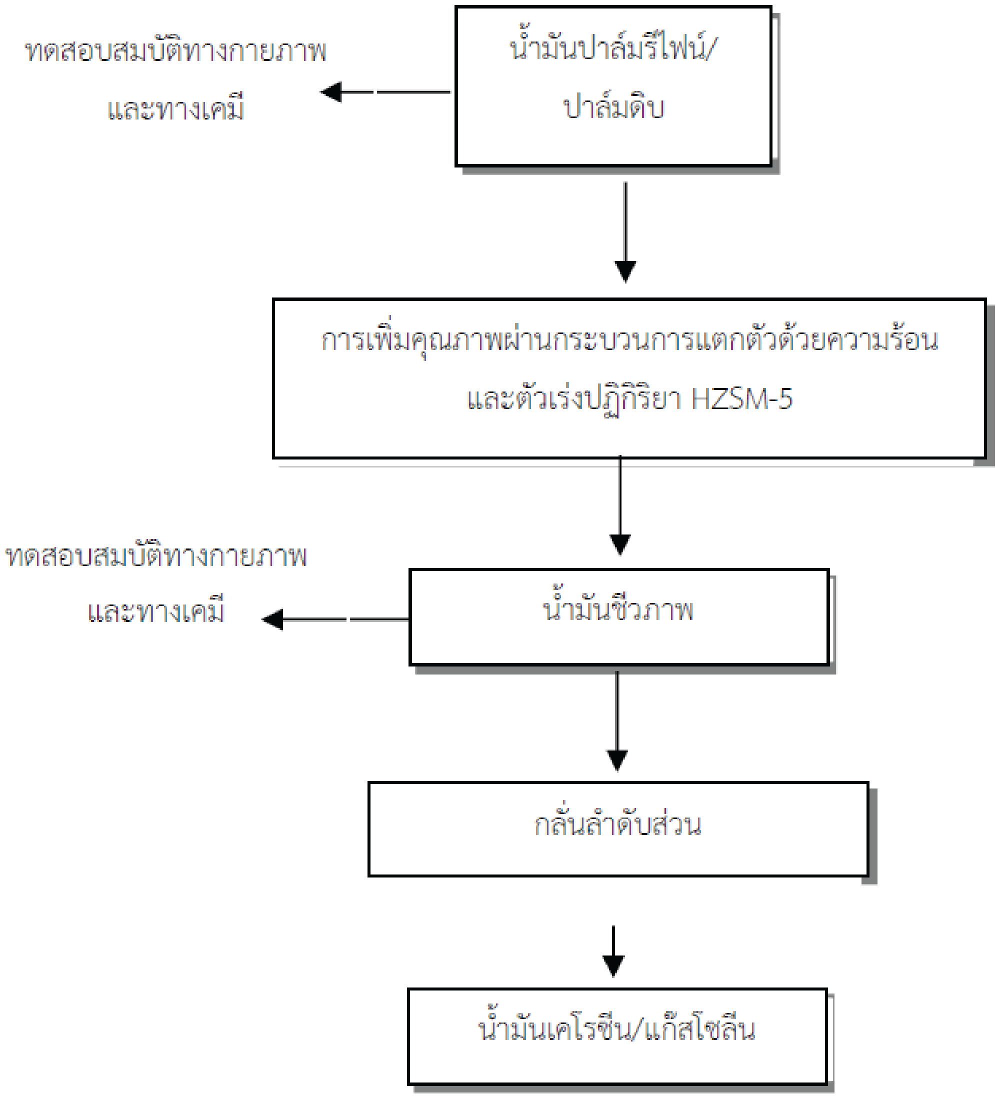
มีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ในการผลิตสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในสภาพไอโดยความดันในกระบวนการไม่สูงมากจึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงน้ำมันเครื่องใช้แล้วโดยไม่ต้องใช้กระบวนการ HDO ซึ่งโครงการนี้จะใช้เทคนิคดังกล่าว

มีงานวิจัยที่พัฒนาการผลิตน้ำมันชีวภาพรวมไปถึงการเพิ่มคุณภาพของน้ำมันพืชโดยการแตกตัวด้วยตัวเร่งสามารถผลิตน้ำมันที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำมันในเชิงพาณิชย์ จากงานวิจัย Parvizsedghy และคณะ[3] ทำการศึกษาการแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันละหุ่ง ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งพบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการมีคุณภาพและค่าความร้อนที่สูงขึ้นและงานวิจัยของ จันทนิภา เหล่าวาณิชวัฒนา และคณะ[4] ทำการศึกษาการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันพืชโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ผ่านเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งโดยมีลูกบอลเซรามิกบรรจุในปฏิกรณ์พบว่าการบรรจุลูกบอลเซรามิกในปฏิกรณ์สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้และให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์เป็นเชื้อเพลิงเหลวมากที่สุดและมีค่าการเกิดเป็นองค์ประกอบของน้ำมันดิบที่ให้เคโรซีน 57.7 %wt ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่มากขึ้น และจากงานวิจัย กษวรรต ทิพพหา และคณะ[5] ทำการศึกษาโดยกำหนดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไว้ที่ 500oC มีอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนที่ 200-600 ml/min และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 สัดส่วน 0-10%wt เมื่อเพิ่มแก๊สไนโตรเจนทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพเพิ่มขึ้นและเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพลดลงและมีปริมาณแก๊สที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำมากลั่นลำดับส่วนพบว่ามีปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพ 76.9 %wt ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 43.38-43.51 MJ/kg และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 4.52-4.96 cSt ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์อีกทั้งงานวิจัยของจิรเมศ มาระกะและคณะ[6] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเครื่องใช้แล้วจากโรงไฟฟ้าด้วยกระบวนการเช่นเดียวกับงานวิจัย[5] พบว่าเทคนิคดังกล่าวช่วยเพิ่มค่าความร้อนและช่วยลดความหนืดของน้ำมันเครื่องใช้แล้วลงได้ และเมื่อทำการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปน้ำมันเคโรซีนและดีเซล ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรมได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะผลิตน้ำมันชีวภาพโดยผ่านการให้ความร้อนภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน (Thermal Cracking) และการปรับโครงสร้างให้เข้าใกล้น้ำมันแก๊สโซลีนและเคโรซีนโดยนำไอน้ำมันที่ได้ผ่านเบดตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) ที่เป็นสาร HZSM-5 ไอที่ได้จะถูกควบแน่นและนำมาแยกหาสัดส่วนน้ำมันชนิดต่างๆ

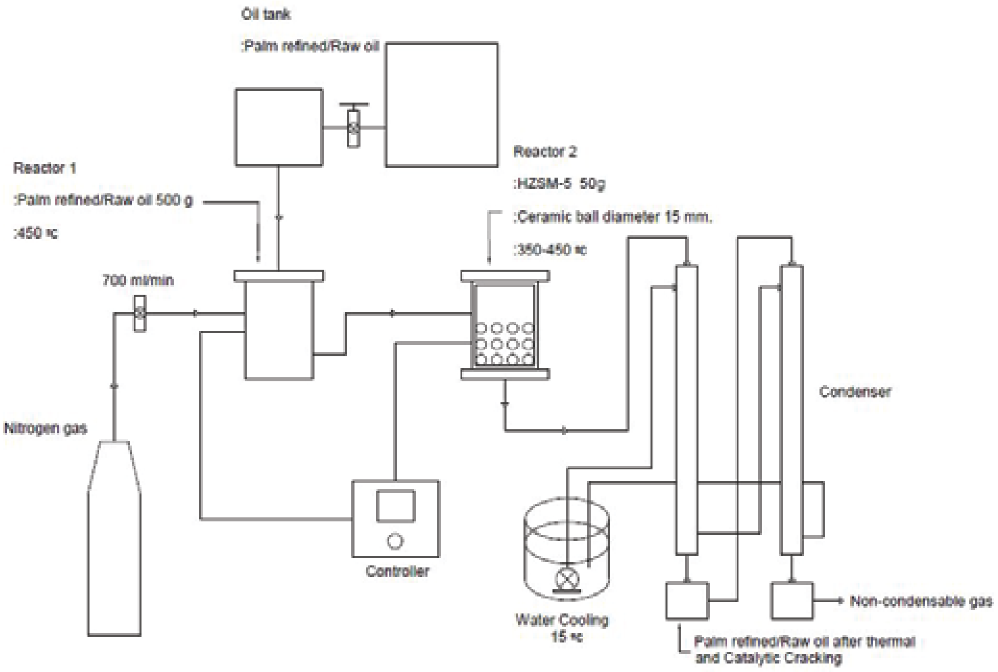
วิธีการวิจัย

แบบแผนขั้นตอนการทดสอบจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำมันคุณภาพสูงผ่านการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบการผลิตน้ำมันชีวภาพผ่านการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา

ในงานวิจัยนี้เป็นศึกษาการผลิตน้ำมันชีวภาพแบบต่อเนื่องจากน้ำมันพืชโดยผ่านการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาHZSM-5โดยการทดสอบจะทำปฏิกิริยาผ่านเครื่องปฏิกรณ์ที่มีเซรามิกบอลช่วยรักษาอุณหภูมิดังภาพที่ 2



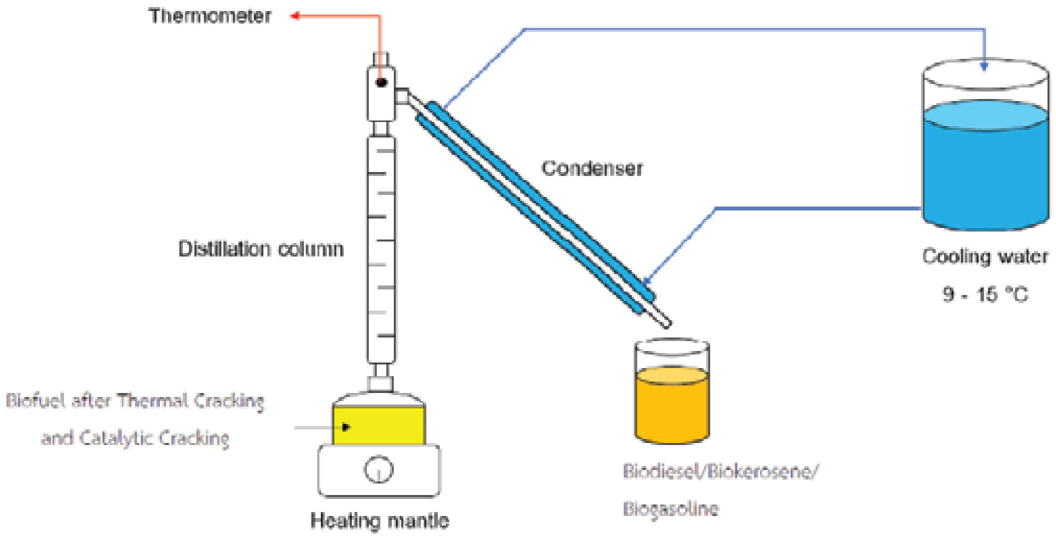
ภาพที่ 2 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับขั้นตอนการทดสอบ จะทำการทดสอบผ่านเครื่องปฏิกรณ์ที่ออกแบบแสดงดังภาพที่ 2 โดยบรรจุน้ำมันปาล์มดิบ 2000 กรัม ใส่ในถังน้ำมัน (oil tank) น้ำมันจากถังน้ำมันจะไหลสู่เตาปฏิกรณ์ที่ 1 ที่มีความจุ 500 กรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 350-450 oC ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน อัตราการไหลไนโตรเจน 700 มล./นาที ที่ความดันบรรยากาศจากนั้นน้ำมันพืชจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอไหลผ่านเตาปฏิกรณ์ 2 โดยเมื่อปริมาตรน้ำมันในเตาปฏิกรณ์ 1 ลดลง น้ำมันจากถังจะไหลมาเติมให้ได้ความจุ 500 กรัม สามารถดำเนินการผลิตน้ำมันชีวภาพได้อย่างต่อเนื่อง

ในเตาปฏิกรณ์เหล็กที่ 2 จะบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ปริมาณ 0-10%wt ที่มีเซรามิกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. บรรจุอยู่ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 350-450 oC จากนั้นไอน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาแล้วจะกลั่นตัวที่คอนเดนเซอร์ อุณหภูมิคอนเดนเซอร์ที่ 15 oC เรียกของเหลวที่กลั่นตัวนี้ว่า "น้ำมันชีวภาพ" ซึ่งจะถูกนำมาหาค่าความร้อน ค่าความหนืด ของน้ำมัน หลังจากได้น้ำมันชีวภาพ จะนำมากลั่นลำดับส่วน เพื่อแยกของเหลวที่จุดเดือดต่างๆ ต่อไป

กระบวนการกลั่นลำดับส่วน

น้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการแครกกิ้ง นำมาผ่านการกลั่นลำดับส่วนดังภาพที่ 3 โดยควบคุมช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึง 160°C ซึ่งจุดเดือดเป็นของแก๊สโซลีน ช่วง 161 – 300°C คือจุดเดือดของเคโรซีน และช่วง 300 – 350°C คือจุดเดือดของดีเซล และเรียกเชื้อเพลิงเหลวหลังการกลั่นลำดับส่วนว่า น้ำมันแก๊สโซลีนชีวภาพ (Green Gasoline) น้ำมันเคโรซีนชีวภาพ (Green Kerosene) และน้ำมันดีเซลชีวภาพ (Green Diesel) ตามลำดับ



ภาพที่ 3 แบบจำลองกระบวนการกลั่นลำดับส่วน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันตั้งต้น

1.1 ค่าความร้อนสูงและค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบและปาล์มรีไฟน์

น้ำมันปาล์มดิบ ทดสอบค่าความร้อนสูงด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) และค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C ด้วยเครื่อง Saybolt Viscometer ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานทดสอบ	น้ำมันปาล์มดิบ	น้ำมันปาล์มรีไฟน์
High Heating Value	MJ/kg	ASTM 240-64	40.58	38.64
Viscosity at 40°C	cSt	ASTM D88	31.41	31.76

จากตารางที่ 1 ค่าความร้อนและค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปาล์มดิบมีสมบัติด้านค่าความร้อนที่สูงแต่ความหนืดค่อนข้างมากจึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพของน้ำมันให้ดีขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในเครื่องยนต์กังหันก๊าซหรือเครื่องยนต์อื่นๆได้โดยมีผลกระทบต่อเครื่องยนต์น้อยที่สุด

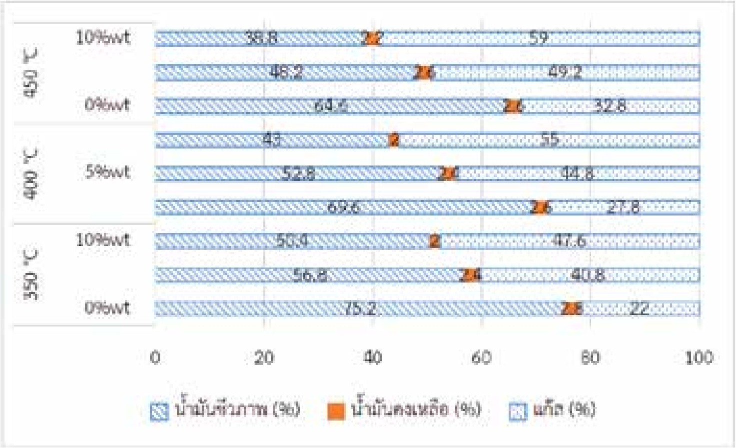
2. น้ำมันชีวภาพหลังจากกระบวนการเพิ่มคุณภาพ

ในงานวิจัยนี้กระบวนเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มรีไฟน์ผ่านกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำการศึกษาโดยกำหนดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 350-450°C มีอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 0%wt, 5%wt และ 10%wt

ในกระบวนการเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มรีไฟน์ผ่านการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดผลิตภัณฑ์ออกมาทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ น้ำมันชีวภาพ (Liquid Product) น้ำมันคงเหลือ (Heavy Oil) และแก๊ส (Gas)

2.1 น้ำมันชีวภาพหลังจากกระบวนการเพิ่มคุณภาพจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์

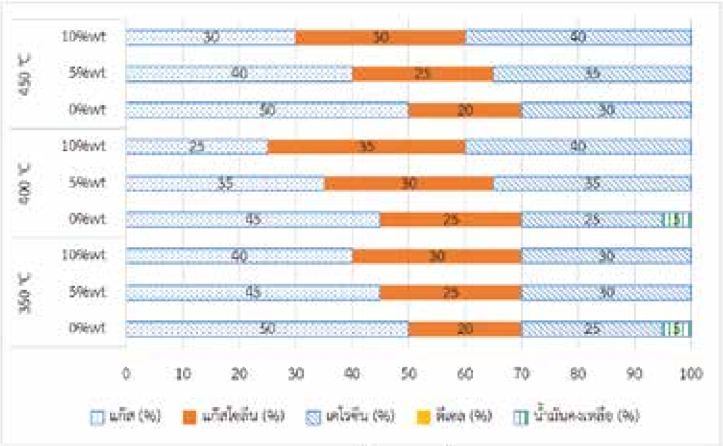
ร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากกระบวนการเพิ่มคุณภาพของน้ำมันปาล์มรีไฟน์แสดงได้ในภาพที่ 4 ดังนี้



ภาพที่ 4 ร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากกระบวนการเพิ่มคุณภาพของมันปาล์มรีไฟน์
ที่อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min ที่อุณหภูมิกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน
และตัวเร่งการทำปฏิกิริยาที่ 350-450°C

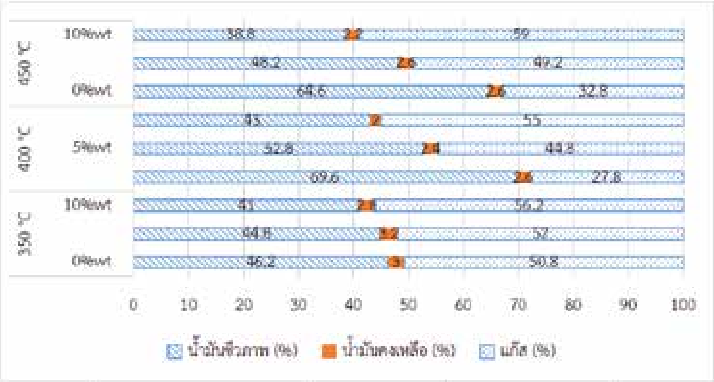
จากภาพที่ 4 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพมีลดลงและมีปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณ HZSM-5 สารตั้งต้นจะเกิดการแตกตัวมากขึ้น สายโซ่ในโครงสร้างโมเลกุลสั้นลง เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 350-450°C ที่ระยะเวลาการทำปฏิกิริยาเท่ากัน พบว่ามีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเพิ่มขึ้น และปริมาณของเหลวลดลง

ร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพแสดงได้ในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพส่วนใหญ่คือน้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนที่ 25-30% โดยพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 จะได้ปริมาณน้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิ 400°C จะได้น้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนมากที่สุด



ภาพที่ 5 ร้อยละผลิตภัณฑ์จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพ (น้ำมันปาล์มรีไฟน์)
ที่อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min อุณหภูมิกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน
และตัวเร่งการทำปฏิกิริยาที่ 350-450°C

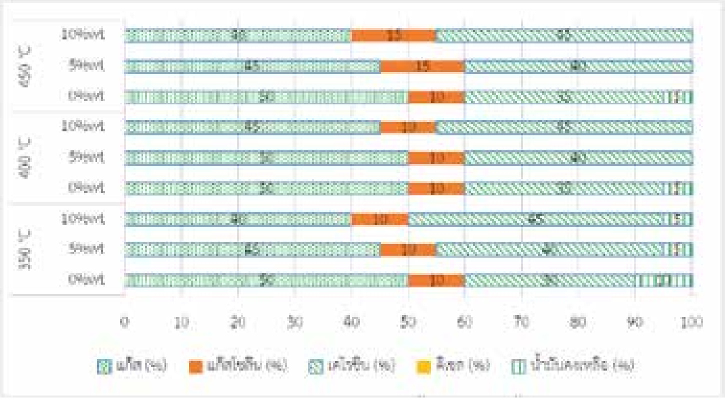
2.2 น้ำมันชีวภาพหลังจากกระบวนการเพิ่มคุณภาพจากน้ำมันปาล์มดิบ
ร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากกระบวนการเพิ่มคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบแสดงได้ในภาพที่ 6 ดังนี้



ภาพที่ 6 ร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากกระบวนการเพิ่มคุณภาพของมันปาล์มดิบ
ที่อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min อุณหภูมิกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน
และตัวเร่งการทำปฏิกิริยาที่ 350-450°C

จากภาพที่ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพมีลดลงและมีปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณ HZSM-5 สารตั้งต้นจะเกิดการแตกตัวมากขึ้น สายโซ่ในโครงสร้างโมเลกุลสั้นลงเกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเพิ่มขึ้นทำให้น้ำมันชีวภาพลดลงโดยเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ระยะเวลาการทำปฏิกิริยาเท่ากัน พบว่ามีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเพิ่มขึ้น และปริมาณของเหลวลดลง

จากนั้นจึงนำน้ำมันชีวภาพจากปาล์มดิบไปกลั่นลำดับส่วน โดยร้อยละของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพแสดงได้ในภาพที่ 3 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพ ส่วนใหญ่คือน้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนที่ 40-60% โดยพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 จะได้ปริมาณน้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนเพิ่มมากขึ้น และมากกว่าการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ โดยที่อุณหภูมิ 450°C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 10%wt จะให้ปริมาณน้ำมันเคโรซีนและแก๊สโซลีนมากที่สุดที่ 60% ของของเหลวทั้งหมด



ภาพที่ 7 ร้อยละผลิตภัณฑ์จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันชีวภาพ (น้ำมันปาล์มดิบ)
ที่อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min อุณหภูมิกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน
และตัวเร่งการทำปฏิกิริยาที่ 350-450°C

2.3 คุณสมบัติกายภาพของเชื้อเพลิงเหลว

เมื่อทำการทดสอบค่าความร้อนสูงและค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C ของน้ำมันชีวภาพจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ แสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

จากตารางที่ 2 น้ำมันชีวภาพจากปาล์มรีไฟน์และปาล์มดิบมีค่าความร้อน 40.63 และ 41.62 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดีเซลและเคโรซีน แต่ค่าความหนืดของน้ำมันชีวภาพที่ได้ ยังมีค่าสูง ซึ่งในการใช้งานอาจนำน้ำมันชีวภาพที่ได้มาผสมกับน้ำมันจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในสัดส่วนที่เหมาะสมสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันชีวภาพจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์และน้ำมันปาล์มดิบหลังผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพ

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานทดสอบ	น้ำมันชีวภาพจากการทดสอบ[a]		น้ำมันจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์	
			ปาล์มรีไฟน์	ปาล์มดิบ	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเคโรซีน
Calorific Value	MJ/kg	ASTM 240-64	40.63	41.62	42.9 [7]	43.0 [7]
Viscosity at 40°C	cSt	ASTM D88	7.88	10.49	3.1 [8]	1-1.9 [8]

[a] น้ำมันชีวภาพที่ได้จากการทดสอบที่อุณหภูมิ 350°C HZSM-5 10%wt

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มรีไฟน์และน้ำมันปาล์มดิบ ผ่านกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำการศึกษาโดยกำหนดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 350-450°C มีอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 700 ml/min และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 0%wt, 5%wt และ 10%wt เกิดผลิตภัณฑ์ออกมาทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันชีวภาพ น้ำมันคงเหลือ และแก๊ส โดยในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพมีลดลงและมีปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันชีวภาพที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 40.63-41.62 MJ/kg และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 7.88-10.49 cSt

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันชีวภาพมากลั่นลำดับส่วนตามช่วงจุดเดือดเกิดเป็นน้ำมันแก๊สโซลีนและเคโรซีนชีวภาพเป็นส่วนใหญ่ สำหรับน้ำมันปาล์มดิบ ที่ช่วงอุณหภูมิ 450°C และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 10%wt จะให้สัดส่วนน้ำมันแก๊สโซลีนและเคโรซีนชีวภาพมากที่สุด ที่ 60% ของน้ำมันชีวภาพที่มากลั่นลำดับส่วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและโครงการการเตรียมและการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพคุณภาพสูง ผ่านการพัฒนากระบวนการผลิต ภายใต้ทุนโครงการวิจัยไทย-จีน 2560 กลุ่มเรื่อง พลังงาน (พลังงานทดแทน) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Cames M, Graichen J, Siemons A and Cook V, Emission reduction targets for international aviation and shipping. (2015).

[2] Kasim, F.H., and Amin, N.A.S. “The effect of Different SiO2/Al2O3 Ratios of H-ZSM-5 on the Conversion of Palm Oil to Liquid Fuels,” 15th Symposium of Malaysian Chemical Engineers (SOMChe 2001), Vol. A4-2, 2001, pp.78-83.

[3] Paravizsedghy R., Sadrameli S.M. and Darian J.T. (2015). Upgraded Biofuel Diesel Production by Thermal Cracking of Castor Biodiesel. Energy & Fuel. 30,326-333.

[4] จันทนิภา เหล่าวาณิชวัฒนา อรรถกร อาสนคำ ธรณิศวร์ ดีทายาท ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2559), การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้วผ่าน HZSM-5 คะตะไลติกแครกกิง, การประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายเทพลังงาน ความร้อน และมวล ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 15, สุราษฎร์ธานี

[5] กษวรรต ทิพพหา ธรณิศวร์ ดีทายาท ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2560), การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลผ่านกระบวนการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5, การประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายเท พลังงาน ความร้อน และมวล ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 16, เชียงใหม่

[6] จิระเมธ มาระกะ อรรถกร อาสนคำ ธรณิศวร์ ดีทายาท ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ มานพ วีเกษ ธวัช สมนา และอติพงศ์ นันทพันธุ์ (2563), การนำน้ำมันเครื่องใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง, การประชุมวิชาการ เรื่อง การถ่ายเท พลังงาน ความร้อน และมวลในอุปกรณ์ด้าน ความร้อน และกระบวนการ ครั้งที่ 19, จันทบุรี

[7] I. MacLeay, K. Harris, and A. Annut, Annex A: Energy and commodity balances, conversion factors and calorific values, in Digest of UK Energy Statistics. 2010, National Statistics.

[8] Shehatta M., ElKotb M. and Saleh H. (2014). Combustion Characteristics for Turbulent Prevaporized Premixed Flame Using Commercial Light Diesel and Kerosene Fuels. Journal of Combustion. 1-17. 10.1155/2014/363465.

ประสิทธิภาพเตาชีวมวลเชื้อเพลิงแกลบ
Efficiency of rice husk biomass burner

จิรวัฒน์ ภูโสภา[1] ณัฐวุฒิ ทองหล่อ[2] และวรเชษฐ์ แสงสีดา[3]*
[1]งานอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ชัยภูมิ 36000
[2]คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ชัยภูมิ 36000
[3]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ชัยภูมิ 36000

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาการนำเชื้อเพลิงแกลบมาใช้เป็นพลังงานความร้อนชุมชนเพื่อสร้างและทดสอบเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ พบว่าเมื่อเราเติมแกลบลงไป 6 กิโลกรัม ในเตาที่มีขนาด 9 กิโลกรัม น้ำหนักรวมของเตาเชื้อเพลิงแกลบ 15 กิโลกรัม พบว่า ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบที่ 0.14 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100 กรัม/นาที มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ เริ่มเดือดที่นาทีที่ 13 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.7 องศาเซลเซียสที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.21 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100 - 300 กรัม/นาที มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ เริ่มเดือดที่นาทีที่ 6 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.8 องศาเซลเซียส ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.24 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100 -300 กรัม/นาที เริ่มเดือดที่นาทีที่ 5 มีอุณหภูมิ 99.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 อัตราอยู่ที่ 98.1 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: เตาชีวมวล เชื้อเพลิงแกลบ

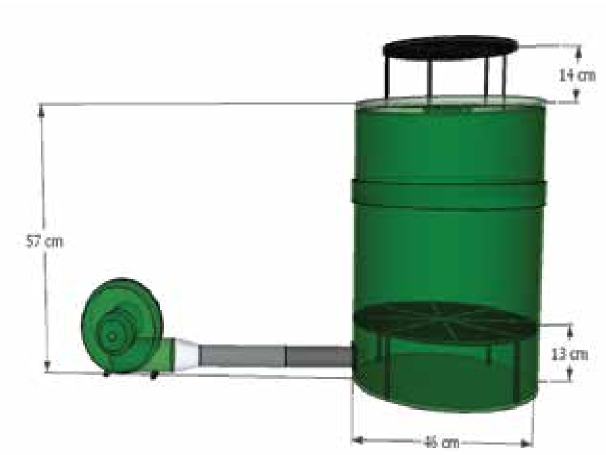
บทนำ

ปัจจุบันการใช้แก๊สLPGที่สูงขึ้นอีกทั้งมีค่าใช้จ่ายที่สูงสถิติการใช้LPGโพรเพนและบิวเทนในปี2560 การใช้อยู่ที่ระดับ 6,338 พันตันเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 3.3 โดยภาคครัวเรือนมีสัดส่วนการใช้สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 34 การใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.9 ตามการปรับตัวดีขึ้นของรายได้ครัวเรือนภาคเกษตรนอกจากนี้จากสภาวะเศรษฐกิจที่เริ่มฟื้นตัวดีขึ้นส่งผลให้การใช้ในภาคอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 และ 14.3 ตามลำดับการใช้เองสัดส่วนร้อยละ 2 มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ในขณะที่การใช้ในภาคขนส่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ21ของการใช้LPGทั้งหมดมีการใช้ลดลงร้อยละ10.0เนื่องจากผู้ใช้รถยนต์บางส่วนหันไปใช้น้ำมันแทน[1]เนื่องจากราคาขายปลีกน้ำมันในประเทศอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากประกอบกับการปรับราคาขายปลีก LPG ตามนโยบายปรับโครงสร้างราคาเชื้อเพลิงให้สะท้อนต้นทุนของรัฐบาล รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน จะแถลงปรับขึ้นราคาพลังงานในช่วงนี้ ทั้ง LPG และน้ำมัน เมื่อวันที่ 22 พ.ค.2562 ราคาก๊าซ LPG บรรจุถัง หรือ ก๊าซหุงต้ม ขยับราคาขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากเดิมที่ ก๊าซหุงต้มถังขนาด 15 กิโลกรัม จะอยู่ที่ราคา 353 บาท แต่ตั้งแต่วันที่ 14 พ.ค.2562 เป็นต้นมา ปรับราคาขึ้นเป็น 364 บาท วันที่ 16 พ.ค. ราคา 372 บาท และในวันที่ 22 พ.ค.2562 ปรับราคาเพิ่มเป็น 395 บาท โดยราคาดังกล่าวรวมค่าขนส่งไปยังผู้ซื้อในรัศมีไม่เกิน 5 กิโลเมตร ซึ่งไม่รวมค่าบริการขนส่งขึ้นอาคารสูงขึ้นอยู่กับระยะทางเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม เกิดความกังวลในส่วนของผู้ประกอบการร้านค้า ร้านอาหารจะได้รับผลกระทบในเรื่องดังกล่าวโดยเฉพาะร้านอาหารที่จำเป็นต้องใช้ก๊าซหุงต้มเป็นหลักโดยพบว่าราคาส่งร้านย่อยบางร้านในบางแห่งมีการปรับราคาสูงถึง410บาทแล้ว(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน)

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เช่นอ้อยมันสำปะหลังปาล์มน้ำมันข้าวข้าวโพดเป็นต้นเราจึงสามารถนำซากเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อแก๊สหุงต้ม เพื่อลดปัญหาการใช้จ่ายในการซื้อแก๊สหุงต้มที่มีราคาสูง เราสามารถนำแก๊สชีวมวลมาผลิตเป็นแก๊สได้ด้วยวิธีการต่างๆมากมายและหนึ่งในวิธีการนั้นก็คือการผลิตแก๊สจากชีวมวลทางเคมี เตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาที่จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัว เรือน โดยใช้เศษไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงโดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraf Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วน แล้วไปเร่งปฏิกริยาต่อเนื่องอื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สมีเทน (CH_2) เป็นต้น [2,3,4]

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาชีวมวลเพื่อมาใช้ในการผลิตแก๊สโดยชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตแก๊สคือ แกลบจากข้าว เนื่องจากเป็นชีวมวลแห้งเหลือทิ้งจากการเกษตรมีปริมาณมาก ซึ่งทำให้เกิดแก๊สใช้แทนแก๊ส LPG ได้ ประหยัดค่าใช้จ่าย ลดการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และแกลบยังเป็นชีวมวลที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสีข้าวมีศักยภาพด้านพลังงานสูงเนื่องจากมีปริมาณมากและเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายมีอยู่ในท้องที่นอกจากนี้ลักษณะของครัวเรือนมีการประกอบอาหารทุกวันและมีเตาที่ใช้ฟืนถ่านหรือก๊าซ LPG ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จำเป็นต้องซื้อทำให้มีค่าใช้จ่ายในครัวเรือนเกิดขึ้น ในขณะเดียวกันโรงสีต้องประสบปัญหาในการจัดเก็บและทำลายแกลบ เหมาะสำหรับการผลิตแก๊สจากชีวมวลโดยใช้ชีวมวลแกลบ[5]

วิธีการวิจัย

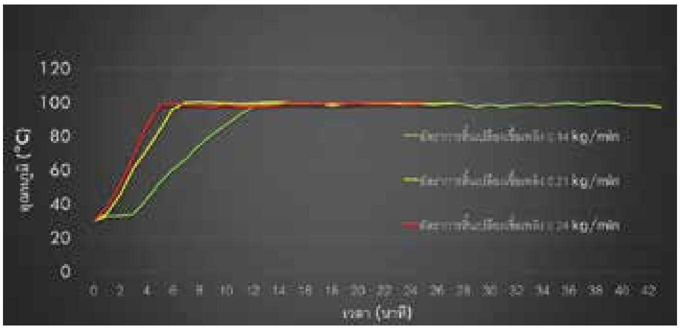


ภาพที่ 1 เตาชีวมวลเชื้อเพลิงแกลบ

เตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบมีจุดมุ่งหมายของการศึกษาคือ1.เพื่อสร้างและทดสอบเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบดังแสดงในภาพที่1 2.เพื่อศึกษาการนำเชื้อเพลิงแกลบมาใช้เป็นพลังงานความร้อนชุมชนโดยการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มสามารถหาหลายวิธีแต่วิธีที่สะดวกที่สุดคือ วิธี Water Boiling Test จากมาตรฐานนานาชาติ VITA ซึ่งกำหนดไว้ในปี ค.ศ. 1985 เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้สำหรับการทดสอบหาประสิทธิภาพของเตาหุงต้ม การทดสอบแบบวิธีการต้มเดือด (water boiling test, WBT) เป็นการทดสอบที่วัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการทำน้ำให้เดือด (water boiling test, WBT) ตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งเป็นการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ที่ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการออกแบบเตาโดยพิจารณาจากความสามารถในการถ่ายเทความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำ และการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้[2]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการอุณภูมิของการต้มน้ำเทียบกับเวลา

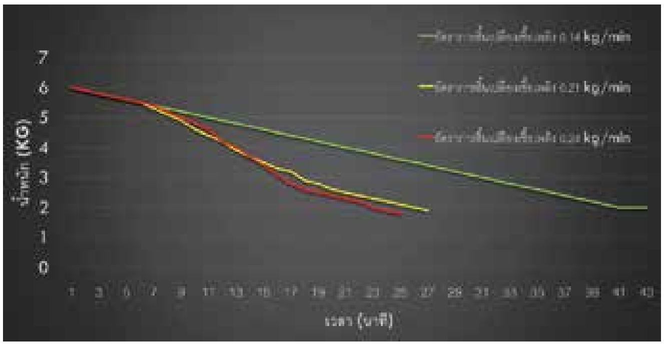


ภาพที่ 2 ผลการทดสอบการอุณภูมิของการต้มน้ำเทียบกับเวลา

จากภาพที่ 2 ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.14 kg/min อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำที่ใช้ในการต้มพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ที่ 29.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่อุณหภูมิขณะเริ่มต้น การจุดไฟและการนำน้ำมาต้มนั้นมีอุณหภูมิในนาทีแรกคือ 32.5 องศาเซลเซียสและมีการเริ่มเดือดที่นาทีที่ 13 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.7 องศาเซลเซียส เวลาในการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 43 นาที ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.21 kg/min อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำที่ใช้ในการต้มพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ที่ 29.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่อุณหภูมิ ขณะเริ่มต้น การจุดไฟและการนำน้ำมาต้มนั้นมีอุณหภูมิในนาทีแรก คือ 34.2 องศาเซลเซียส และมีการเริ่มเดือดที่นาทีที่ 6 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.8 องศาเซลเซียส เวลาในการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 27 นาที ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.24 kg/min อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำที่ใช้ในการต้มพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ที่ 29.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่อุณหภูมิขณะเริ่มต้น การจุดไฟและการนำน้ำมาต้มนั้นมีอุณหภูมิในนาทีแรกคือ 38.0 องศาเซลเซียสและมีการเริ่มเดือดที่นาทีที่ 5 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 99.1 องศาเซลเซียส เวลาในการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 25 นาที

ดังนั้นข้อมูลข้างต้นพบว่าจากนาทีที่ 13 - 25 ในการต้มน้ำที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (0.14 , 0.21 , 0.24 kg/min) เป็นเวลา 43 , 27 , 25 นาที ตามลำดับ อุณหภูมิจากนาทีที่ 13 -25 อุณหภูมิที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.14 kg/min เฉลี่ยอยู่ที่ 99.12 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.21 kg/min เฉลี่ยอยู่ที่ 99.33 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.24 kg/min เฉลี่ยอยู่ที่ 99.49 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 อัตราอยู่ที่ 99.31

ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเทียบกับเวลา

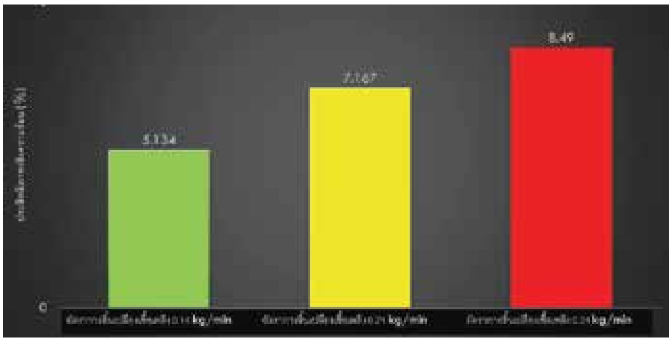


ภาพที่ 3 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเทียบกับเวลา

การหาระยะเวลาการใช้งานเตาเชื้อเพลิงชีวมวลจากแกลบที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.14 kg/min ซึ่งปริมาณเชื้อเพลิงแกลบในนาทีที่ 1-43 พบว่าเชื้อเพลิงแกลบ จะลดลง 100 กรัม/นาที การหาระยะเวลาการใช้งานเตาเชื้อเพลิงชีวมวลจากแกลบที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.21 kg/min จากนาทีที่ 1 ถึง นาทีที่ 6 พบว่าเชื้อเพลิงแกลบจะลดลง 100 กรัม/นาที ละจากนาทีที่ 7-28 พบว่าเชื้อเพลิงจะลดลงโยประมาณ 200-300 กรัม/นาที การหาระยะเวลาการใช้งานเตาเชื้อเพลิง

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.14 kg/min เตาแก๊สชีวมวลลเชื้อเพลิงจากแกลบ มีประสิทธิภาพ 5.314 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.21 kg/min เตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบมีแระสิทธิภาพ 7.167 และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.24 kg/min เตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบมีแระสิทธิภาพ 8.49



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ

สรุปผลการวิจัย

เตาชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบแบบอากาศไหลขึ้นและการเผาไหม้จากด้านบนลงล่างได้ถูกสร้างขึ้นและได้รับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงใช้วิธีการทดสอบการต้มน้ำ(Water Boiling test) เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจากแกลบ ผลการทดสอบการทำงาน พบว่า ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.14 kg/min ที่การทดสอบโดยใช้วิธี (Water Boiling test) เริ่มเดือดที่นาทีที่ 13 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.7 องศาเซลเซียส อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.21 kg/min ที่การทดสอบโดยใช้วิธี (Water Boiling test) เริ่มเดือดที่นาทีที่ 6 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 98.8 องศาเซลเซียส และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.24 kg/min ที่การทดสอบโดยใช้วิธี (Water Boiling test) เริ่มเดือดที่นาทีที่ 5 มีอุณหภูมิ 99.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 อัตราอยู่ที่ 99.1 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบการทำงานพบว่า เมื่อเติมแกลบลงไป 6 กิโลกรัม ในเตาที่มีขนาด 9 กิโลกรัม น้ำหนักรวมของเตาเชื้อเพลิงแกลบ 15 กิโลกรัม พบว่า ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบที่ 0.14 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100 กรัม/นาที ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.21 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100-300 กรัม/นาที ที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ 0.24 kg/min ปริมาณของแกลบลดลง 100 - 300 กรัม/นาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Lessons Learned ปัญหาและจุดเรียนรู้ที่ได้จากโครงการผลิตพลังงานจากชีวมวลในประเทศไทย, มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม ได้มาจาก (ระบบออนไลน์) . แหล่งที่มาhttp://www.alternative.in.th สืบค้นวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562

[2] เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล, รศ.ดร.นคร ทิพยาวงศ์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, มกราคม 2553

[3] โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนให้เกิดศักยภาพในภาคอุตสาหกรรม, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,บริษัทเอเบิลคอนซัลแตนท์จำกัด บริษัทเอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด,ธันวาคม 2551 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ได้มาจาก (ระบบออนไลน์) . แหล่งที่มา www.dede.go.th สืบค้นวันที่ 13 พฤศจิกายน 2562

[4] จิราพร คงเกษม1,นรินทร์บุญตานนท์,สุวรรณา บุญตานนท์.(2561).เตาพลังงานทดแทนจากน้ำมันพืชใช้แล้วในครัวเรือน.บัณฑิตวิทยาลัย คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170. ได้มาจาก (ระบบออนไลน์) . แหล่งที่มา http://www.tsae.asia/2018conf/downloads/215-220_NE05-05.pdf สืบค้นวันที่ 13 พฤศจิกายน 2562

[5] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.). ได้มาจาก (ระบบออนไลน์) . แหล่งที่มา www.efe.or.th สืบค้นวันที่ 13 ธันวาคม 2562

กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอล

Optimization of Bagasse Pretreatment Processes with Physicochemical Method As A Substrate in The Ethanol Production

อดุลย์สมาน สุขแก้ว[1] และมูฮำมัดคอยรี หะยีบากา[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษากระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับทางเคมีพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการแปรสภาพชานอ้อยคือสภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนคลื่นไมโครเวฟ เท่ากับ 700 วัตต์ที่เวลา 20 นาทีได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,453.25 ± 2.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและกากเหลือทิ้งเท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปได้สูงมากในการนำสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์จากชานอ้อยนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและสับเสรทตั้งต้นในการผลิตเอทานอลต้นทุนต่ำในอนาคตต่อไปสามารถเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน และลดปริมาณชานอ้อยอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: การแปรสภาพ วิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมี เอทานอล ชานอ้อย

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งสามารถเพาะปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศไทยโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆสำหรับอุปโภคบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศและยังสร้างรายได้จากการส่งออกน้ำตาลให้ประเทศทำให้เกษตรกรนิยมปลูกอ้อยมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันการปลูกอ้อยในประเทศไทย มีมากกว่า 11 ล้านไร่ และจัดเป็นประเทศอันดับต้นๆที่มีการปลูกอ้อยมากที่สุด ทำให้มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศ ในเขตพื้นที่รวม 47 จังหวัด การผลิตอ้อยเพื่ออุตสาหกรรมมีมากในประเทศส่งผลให้เกิดชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากทำให้เกิดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม การนำชานอ้อยมาแปรสภาพในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การผลิตเอทานอล และอาหารสัตว์ ซึ่งในองค์ประกอบหลักของชานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส ประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และ ลิกนิน 18-24 เปอร์เซ็นต์ [1] ซึ่งการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ การปรับสภาพ การย่อยสลายและการหมัก ซึ่งการปรับสภาพเป็นขั้นตอนการทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของเซลลูโลส การปรับสภาพทำได้ทั้งวิธีทางเคมี เช่นการย่อยด้วยกรดหรือเบส รวมถึงวิธีทางกายภาพ เช่น การโม่ การบด การใช้รังสี (Electron Beam Irradiation) และการใช้คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น [2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจการนำชานอ้อยโดยศึกษากระบวนการที่เหมาะสมด้วยวิธีการแปรสภาพทางกายภาพร่วมกับทางเคมีเพื่อสามารถนำสารละลายโมเลกุลเดี่ยวนำมาเป็นสับเสรทเริ่มต้นในการผลิตเอทานอล และเป็นการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการวิจัย

การเตรียมชานอ้อย

นำชานอ้อยมาตัดให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตร ลดความชื้นโดยการตากแดดเป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่อง ultra centrifugal mill แล้วทำการคัดแยกขนาด particle size ด้วยเครื่อง sieve test จนได้ขนาดของชานอ้อย 500 ไมโครเมตร โดยบรรจุในภาชนะแบบปิดที่อุณหภูมิห้อง [3]

การแปรสภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมี

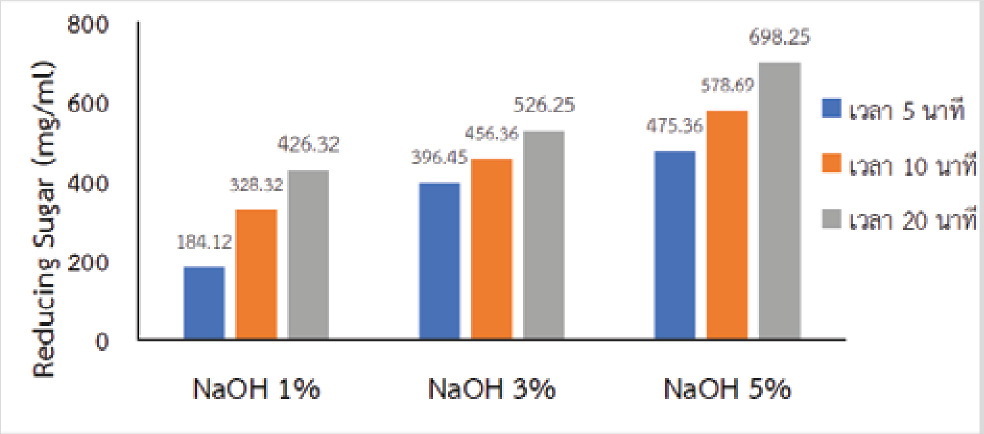
นำชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้ง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (V/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลริดิวซ์ โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) และกากของชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพนำมาวิเคราะห์ความชื้น [2, 4]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ชานอ้อยจัดเป็นผลผลิตจากกระบวนการแปรรูปอ้อยและจัดเป็นกลุ่มลิกโนเซลลูโลสประเภทหนึ่งโดยส่วนชานอ้อยจะมีส่วนที่เป็นเปลือกนอกที่แข็งและมีเนื้อในที่นุ่มดังแสดงในภาพที่ 1 การใช้ประโยชน์จากชานอ้อยมีหลากหลายเช่นการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมักชีวภาพแต่โดยทั่วไปมักนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ แต่ในทางปฏิบัติของผู้ประกอบการในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้มักนำชานอ้อยมาทิ้งทำให้เกิดการเน่าเสียและส่งผลกระทบโดยตรงกับชั้นบรรยากาศ ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาถึงความชื้นและการแปรสภาพด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมีพบว่าความชื้นของชานอ้อยมีค่าเท่ากับ 52.36±0.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดลองมีความใกล้เคียงกับ

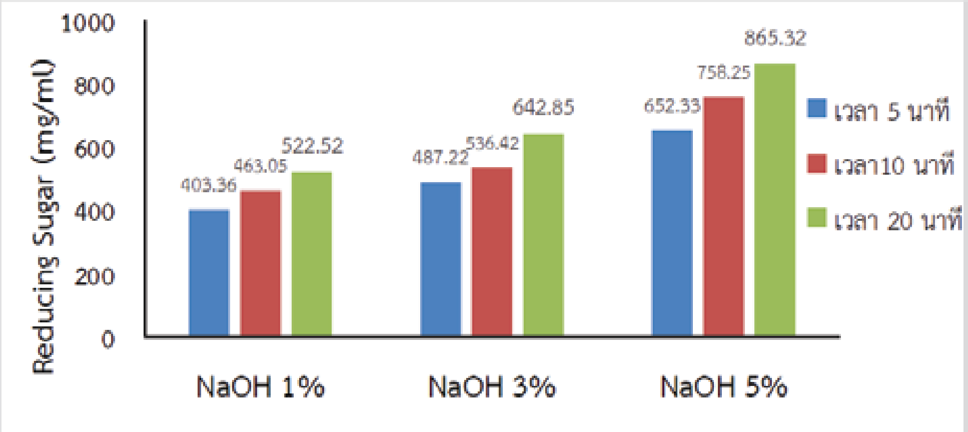
ภาพที่ 1 ชานอ้อย บริเวณ ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

การแปรสภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีนำชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้ง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) พบว่า การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 300 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (184.12±0.33, 328.32±0.52 และ 426.32±0.12 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (396.45±0.75, 456.36±0.44 และ 526.25±0.45 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (475.36±0.12, 578.69±0.32 และ 698.25±0.11 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2 การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 400 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (403.36±0.52, 463.05±1.47 และ 522.52 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (487.22±0.25, 536.42±0.66 และ 642.85±1.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (802.36±1.65, 945.63±2.33 และ 1,245.66±0.98 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3



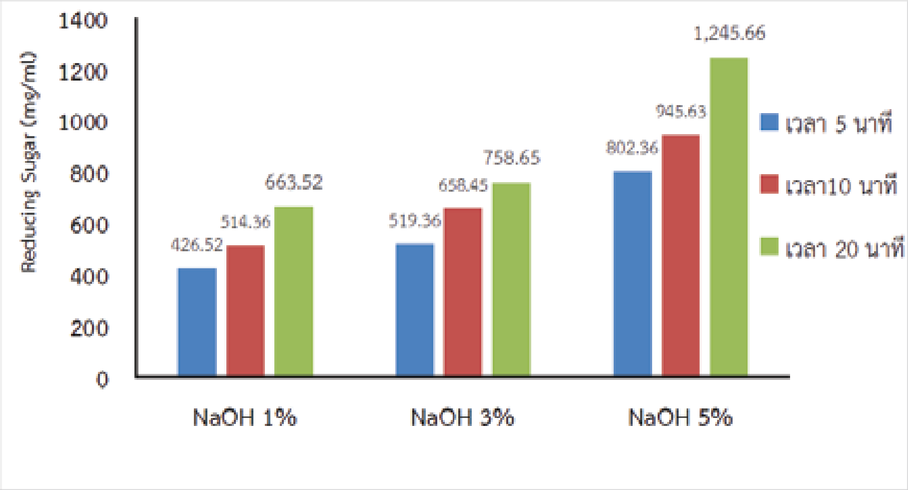
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (426.52±1.63, 514.36±2.22 และ 663.52±0.55 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (519.36±3.65, 658.45±6.36 และ 758.65±2.33 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (802.36±1.22, 945.63±3.66 และ 1,245.66±3.21 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4

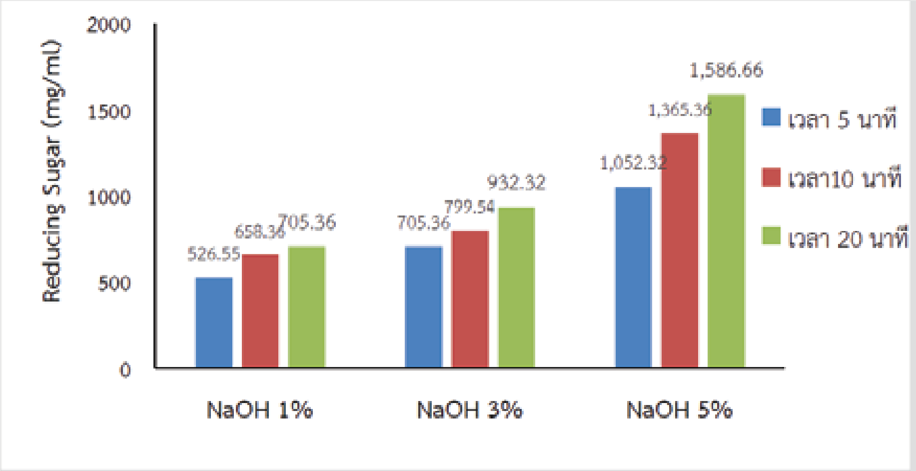


ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (526.55±1.96, 658.36±4.25 และ 705.36±3.23 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (705.36± 6.22,799.54±8.32 และ 932.32±3.22มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (1,052.32±1.36, 1,365.36±7.36 และ 1,586.66±4.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5

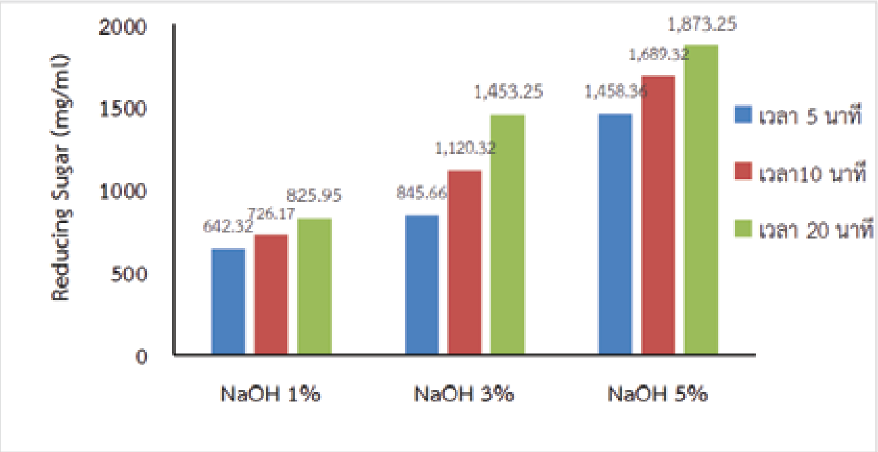


ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

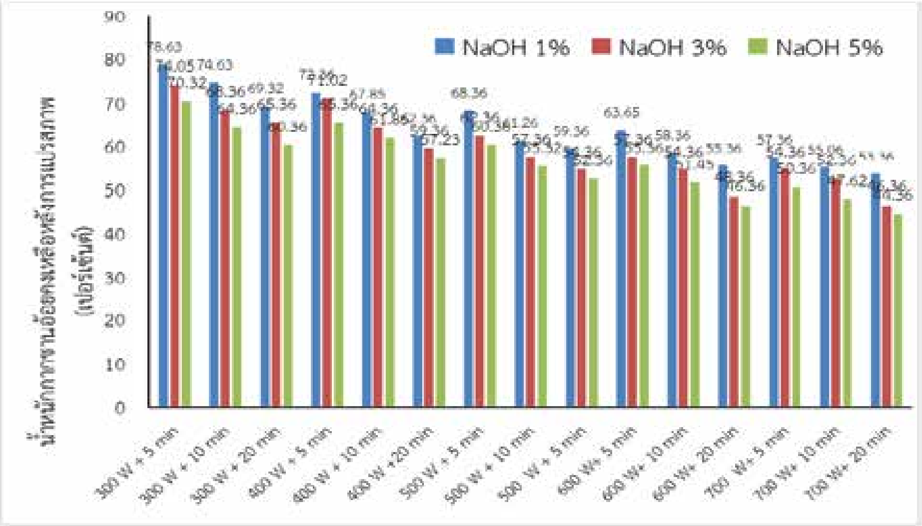
การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 700 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (642.32±3.26, 726.17±5.96 และ 825.95± 4.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (845.66±.5.32, 1,120.32±14.32 และ 1,453.25 ± 2.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (1,458.36±4.87, 1,689.32±2.36 และ 1,873.25 ± 2.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

ในการแปรสภาพชานอ้อยโดยใช้คลื่นรังสีคลื่นไมโครเวฟ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาที่สภาวะแตกต่างกันโดยผลการทดลองที่ได้การใช้ความเข้มข้นที่ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้น เวลาที่ใช้ยาวนานมากขึ้น และ กำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มากขึ้นแต่ทั้งนี้การที่ใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงมีผลต่อการที่ชานอ้อยสามารถสร้างพิษต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ถึงแม้ว่าจะมีการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางแล้วก็ตามซึ่งมีผลต่อการที่ให้ได้ปริมาณเอทานอลที่น้อยลง ซึ่งในผลการวิจัยดังกล่าวก็มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mehmood และ คณะ (2008) [5] ที่ได้ศึกษาการแปรสภาพโดยใช้กรดและความร้อนเพื่อให้ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเพื่อสามารถเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอลซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการใช้กรดที่มีความเข้มข้นที่สูงจะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างของโมเลกุลในฟางข้าวให้เป็นสารฟอฟอรัลซึ่งไม่สามารถเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลได้ ในการแปรสภาพในชีวมวลโดยทั่วไปจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ สารละลายน้ำตาลและกากซึ่งกากที่ได้จากการแปรสภาพชานอ้อยพบว่าน้ำหนักคงเหลือที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซดีที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรเท่ากับ 78.63, 74.63, 69.32, 72.36, 67.85, 62.36, 68.36, 61.26, 59.36, 63.65, 58.36, 55.36, 57.36, 55.06 และ 53.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรเท่ากับ 74.05, 68.36, 65.36, 71.02, 64.36, 59.36, 62.36, 57.36, 54.36, 57.36, 54.36, 48.36, 54.36, 52.36 และ 46.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้โซเดียมไฮดรอกไซดีที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 70.32, 64.36, 60.36, 65.36, 61.85, 57.23, 60.36, 55.32, 52.36, 55.36, 51.45, 46.36, 50.36, 47.62 และ 44.36เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้ความร้อน เวลาและความเข้มข้นของสารเคมีล้วนมีอิทธิพลในการที่โครงสร้างชานอ้อยถูกทำลายที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของกากลดน้อยลง โดยกากคงเหลือที่น้อยที่สุดคือสภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนไมโครเวฟเท่ากับ 700 วัตต์ ที่เวลา 20 นาที เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิตเอทานอลเพื่อเป็นสับเสรทหลักสิ่งจำเป็นต่อการทำลายโครงสร้างของชานอ้อยความร้อยและเวลาโดยมีการเลือกปัจจัยเกี่ยวกับสารเคมีเป็นฐานซึ่งจุดที่เหมาะสมต่อสภาวะที่นำไปใช้ต่อคือ การใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ความร้อนของ

ไมโครเวฟ ที่ 700 วัตต์ เวลา 20 นาที เนื่องจากในสภาวะดังกล่าวสามารถให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะการแปรสภาพเดียวกัน ดังนั้นการลดปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถช่วยลดต้นทุน ลดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของสารหลังจากการแปรสภาพด้วย และที่สภาวะการแปรสภาพดังกล่าวก็มีความเข้มข้นที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเป็นสับเสรทเริ่มต้นในกระบวนการผลิตเอทานอลต่อไป



ภาพที่ 7 น้ำหนักคงเหลือที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอลคือชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพที่ใช้ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์3เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนคลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 700 วัตต์ ที่เวลา 20 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ1,453.25±2.22มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและพบปริมาณน้ำหนักกากชานอ้อยคงเหลือหลังการแปรสภาพเท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เลขที่สัญญา บกศ 023/2563 นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตทุ่งใหญ่ และ สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการสนับสนุนการใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Romaní, A., Garrote, G., and Parajó, J. C. (2012). Bioethanol production from autohydrolyzed Eucalyptus globulus by Simultaneous Saccharification and Fermentation operating at high solids loading. Fuel, 94(1), 305-312.

[2] Mikulski, D., and Kłosowski, G. (2020). Microwave-assisted dilute acid pretreatment in bioethanol production from wheat and rye stillages. Journal of Biomass and Bioenergy, 136(2), 155-171.

[3] Adulsman Sukkaew, Panthip Boonsong, Sriubol Thongpradistha, and Maimoon Intan. (2017). Physical and chemical pretreatment of lignocellulosics in pineapple (Ananus comosus) peels dried for investment. AIP Conference Proceedings, 1868(1), 090001-1–090001-7.

[4] Barrera Vázquez, M. F., Andreatta, A. E., Martini, R. E., Núñez Montoya, S. C., Cabrera, J. L., and Comini, L. R. (2020). Optimization of pretreatment with microwaves prior the pressurized hot water extraction of anthraquinones from Heterophyllaea pustulata, using Doehlert experimental design. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, 155(5), 108-119.

[5] Mehmood, S., Gulfraz, M., Ahmad, A., and Ahring, B. K., (2008). Fermentation of dilute acid pretreated and enzymatically saccharified Sorghum bicolor straw to ethanol. Journal of Biotechnology, 136(1), 409-409.

Automatic Home Energy Management System for Peak Load Reduction Under Real-Time Pricing

Sane Lei Lei Wynn[1] Boonruang Marungsri[2]
[1]School of Electrical Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology, Thailand
[2]School of Electrical Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology, Thailand

Abstract

The home energy management system is a part of the demand response event to reduce energy consumption and provide economic benefits for the residential sector. The paper highlights the automatically home energy management (HEM) algorithm, which can manage specific controllable loads and keep the total power consumption and electricity payment below a particular amount. Simultaneously, customer preferences and load priority levels are flexibly allowed to change every two hours by the house owner based on their comfortable lifestyle. The MATLAB simulation is used to implement and to show the effectiveness of the home energy management system. Power demand limitation and electricity price limitation are executed with this HEM algorithm. The proposed method can reduce total power consumption at peak demand hours and high energy offer price period. Finally, the available energy cost saving for a day are compared.

Keywords: Demand Response, Home Energy Management Algorithm, Demand Limit, Real-time Pricing

Introduction

Over the last decades, the power network has frequently faced overstress conditions due to the growing power demand. This situation will become supply-demand unbalancing, which may lead to cascade failures and power system blackouts conditions. Electricity outages are becoming a common cause of the system due to these stress conditions, particularly during a critical peak period [1]. Moreover, population growths in the residential area have become more power demand sectors, and electricity consumers are willing to minimize their power consumption payment [2]. Demand response (DR) has become the option to mitigate such undesirable generation capacity limit by curtailing or shifting load demand in the critical time [1]. Demand response (DR) in the residential sector has been practically offered to fulfill both the consumer and the utility side requirements by shifting or clipping the peak demand based on real-time pricing [2]. In such a manner, DR is a vital optimization technique to regain the balance between supply-demand and guarantee

reliable operation and system efficiency [3]. Besides, the widespread use of electric vehicles in the accommodation area, DR can also avoid possible distribution transformer overload [1]. The reliable load control and management approach in peak hours is the solution to reduce the power consumption cost for consumer sides [4]. Modern communication infrastructure and a smart meter with controlling devices are an essential tool for the successful implementation of DR for the residential sector. With the help of a communication link and a smart meter, it can provide valuable information, such as power usage patterns and real-time price data, to the consumer. A variety of electronic sensors with new communication links become the essential tools to manage household load remotely to minimize peak demand hourly and mitigate the possible outage issues in the distribution networks [5]. In recent years, home energy management with demand response has been an attractive analysis topic for many researchers. Related works highlighted the effectiveness of DR in the residential sector. [6] analyzed optimization of interconnection points power flow of DC smart house group by mean of demand response concept. The residential sector's load management was proposed in [7] to reduce electricity bills for DR participants' electric consumers. [8] presented the HEM system to reduce electricity bills and clip peak demand for the smart house, employing optimal household loads. However, such research has been emphasized to reduce energy and electricity bills, and these works are lacking to consider comfort lifestyle and house owner desire condition. Moreover, energy requirement pattern changes depending on the seasons and weather conditions of the year as well as the days, where the peak demands are generally happening in the high or low outdoor temperature condition. Particularly in the summer or winter season, the house owner has been spent more energy costs for cooling or heating purposes [2]. Therefore, the essential consumer's daily or seasonal willingness and daily comfort lifestyle are considered in this paper. In this paper, when the energy price offer is high, and the power is drawing near the grid's peak capacity, consumers can limit the power demand. The consumer side can be managed or controlled their power consumption pattern using the wireless two-way communication infrastructures.

Proposed Home Energy Management (HEM) Infrastructure

In this HEM system, the overall operation status of household loads was controlled by the wireless network. Similarly, the house owner can also be directly monitored their power consumption and managed their load's condition, such as room temperature level and essential load list, by electronic devices remotely every two hours. Table 1 presents the status of crucial household load lists for the proposed HEM system. Real-time price data and maximum demand limits setpoints are received from the smart meter. House owners can be specified and sent DR activating power levels to the HEM controller. The HEM controller takes the DR action according to the receiving data and can be sent a control signal to the control node, which can be turned on/off the appliances. The proposed infrastructure of the HEM system was shown in Fig. 1. Real-time electricity price data used for this paper is shown in Fig. 2 (a).

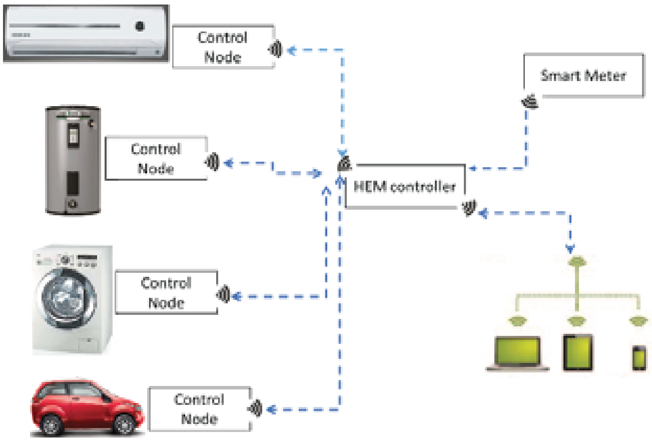


Figure 1 Proposed HEM system

Proposed Methodology

The proposed methodology is designed to manage the operation status of high power consumption load such as water heater, air conditioner, washing machine, and electric vehicles every two hours to reduce the energy consumption costs. The proposed methodology flowchart is shown in Fig. 3. The method generally addresses for DR programming are expert base systems and intelligence base systems. Traditional expert systems are developing mathematical modeling or formulation for the control process. This system is to module a program that follows a specific set of pre-defined rules and a particular set of pre-defined inputs variable.

On the other hand, intelligence-based programming is an approximate way to interpret the logic structure, which will be close to the real environment, rather than force to use the same variable. It is high flexibility to expanded compared to the mathematical modeling system. The essential base loads, such as refrigerator, TV, and lighting, for a house, are without the need to participate in DR action in this algorithm. The crucial information must collect before starting the home energy management algorithm. That essential information data are the power demand of a house (PD), the priority rank of all loads, the real-time price data providing from the utility side, and the consumer side's preferred comfort level according to the demand limit (PL). As found in [9], the room temperature must set as $22°C<T_{AC}<26°C$, as well as the hot water temperature, must select as $43°C<T_{WH}<49°C$ to meet the basic temperature comfort level according to ASHRAE comfort zone. The operation time of the washing machine (t_{WM}) and the charging time of EV (t_{EV}) were specified 2hr and 4hr, respectively. If there was any omission in allowable demand, all loads could be entirely run until the next time slot. When the total power demand level was more than the specified demand limit (DL) level, the algorithm started to switch off the controllable load according to consumer preference priority set until the power demand is below the maximum permittable demand (DL). During the working period, appliances on/off the

statue were decided by comparing real conditions with setpoints, such as the temperature of the AC (T_{AC})and the washing machine (T_{WH}). In this paper, the DR algorithm is not allowed to run in very time slots, and this will be only started after the total demand is more than the DR set point. Load rank and desire convenience level can be changed, and the consumer requirement can change the essential load list every two hours.

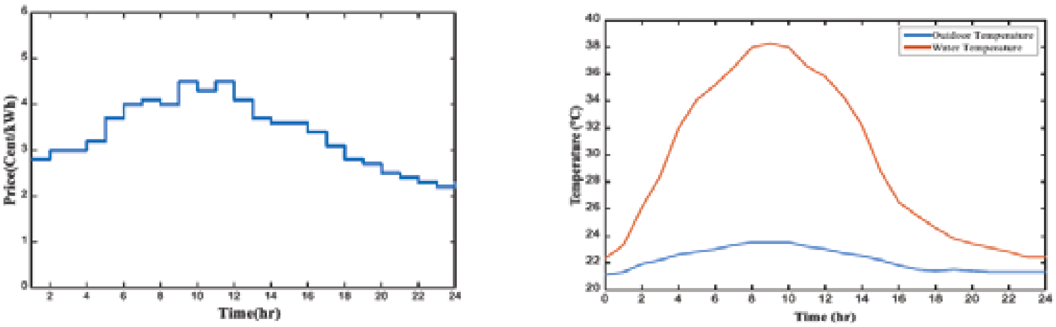


Figure 2 (a) Real-time price data (b) Outdoor temperature and water temperature for a day [10]

Table 1 List of participated loads in DR

Component	Power (kW)	Load priority
Air Conditioner	2	1
Water Heater	3.3	2
Washing Machine	2.45	3
Electric Vehicle	2	4

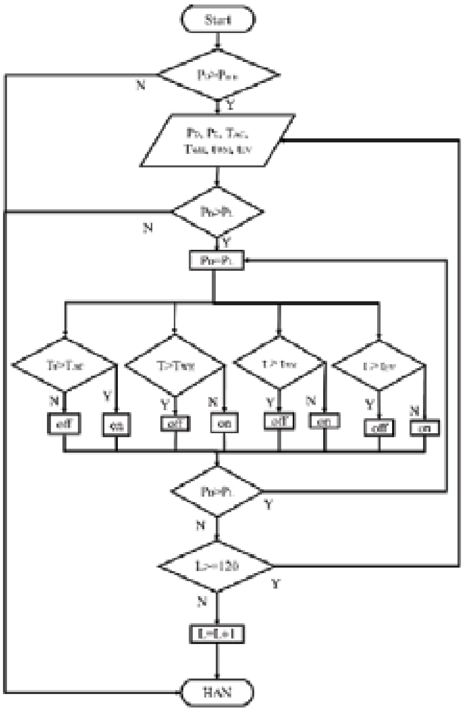
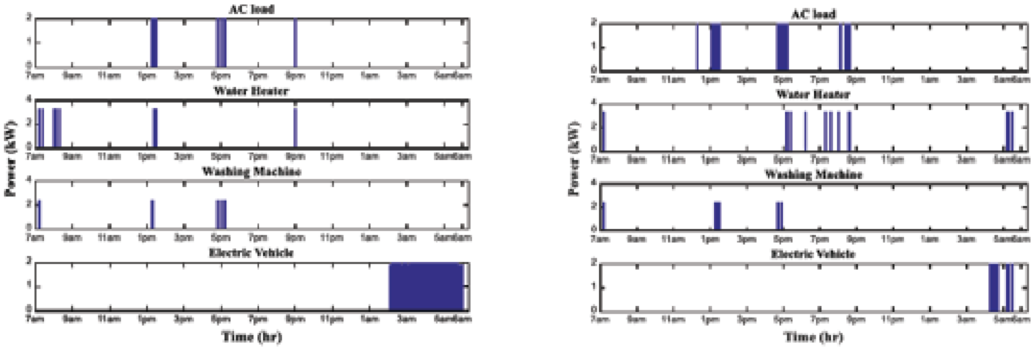


Figure 3 Flowchart of a home energy management algorithm

Simulation Results and Discussions

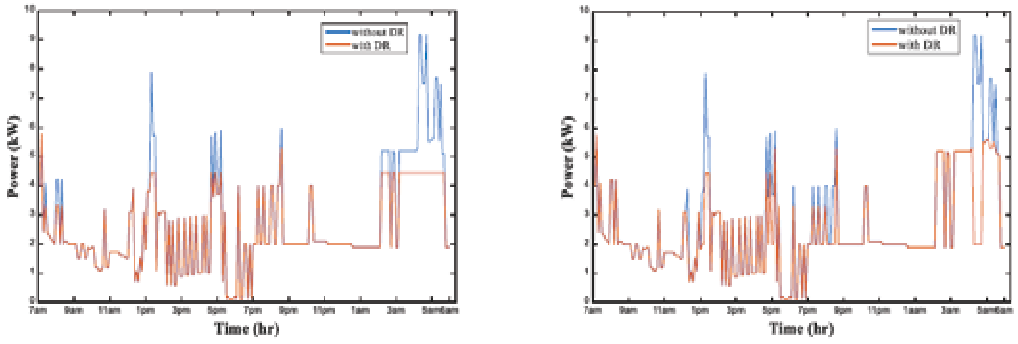
The simulation result that considering demand limitation is shown in Fig. 4 (a). The proposed analysis is to level down total power demand with a specific demand level by managing on/off the statue of the controllable load. To meet the daily power requirement, 4kW specifies for DR activate set point and 6 kW for the maximum permissible demand level (DL). The HEM controller gathered the power demand and took the DR decision in every 6 min. As shown in Fig. 5 (a), the DR program is without taking action between 8:30 to 12:00 A.M., 2:00 P.M. to 4:00 P.M., 6:00 P.M. to 7:00 P.M., and 9:30 P.M.-1:00 A.M., this was concerned that power drawn in such hours was below the specified demand level. At the day working time, 7 A.M. to 8:30 A.M., the DR program cut some controllable loads, such as AC unit and EV, to level down the total demand with the maximum permissible set point. In such time, the house owner was unwilling to use the AC unit rather than the water heater and washing machine due to outdoor room temperature below 22°C. 3. On the other hand, the AC unit will continuously be turned on during 1 P.M. due to outdoor weather, shown in Fig. 3, which was more than the consumer desire temperature level. Moreover, the DR algorithm took action at midnight time, 2 A.M. to 6 A.M., where the HEM system allowed to charge EV continuously until it was fully charged.

Fig. 4 (b) showed the result of considering the demand limitation with real-time pricing data. This illustrate method was limited by electricity price ($/h), where 14 $/h was DR current price level, and 24 $/h was the maximum permissible price for this house. According to Fig. 5 (b), the DR program took more action at mid-day, 12 A.M. to 1 P.M., as well as evening, working time, 4:30 P.M. to 9:00 P.M.; this is the fact that energy prices offer from the utility side was high in this time as shown in Fig. 3. In these hours, this HEM algorithm allows to continuously run AC unit and water heater to meet consumer comfort level. Unlike Fig. 4 (a), the DR program was responded at 4 A.M. - 5 A.M., EV charging time because the energy offer price was low enough in such time slots. The total power consumption of this method was compared in Table 2. By limiting power demands, the consumer side can save electricity costs by 8.64% for a day. The demand limitation with a real-time price data approach can also be effectively utilized because this method can be contributed to cost-saving by 10.48% for a day without violating consumer satisfaction.



(a) (b)

Figure 4 The operation status of controllable load under peak demand condition
(a) with demand limitation (b) with Peak Demand Limitation and RTP



(a) (b)

Figure 5 Load Profile (a) during Peak Demand Limitation
(b) during Peak Demand Limitation and RTP

Table 2 Comparisons of energy cost saving

Items	Cost ($)	Saving
Without DR	450.72	-
With DR	411.79	8.64%
With DR and RTP	403.47	10.48%

Conclusion

Demand response is the utility side activities to plan, analyze, and implement the customer energy consumption pattern based on real-time prices. In this paper, the efficient implementation of demand-side load management can be provided demand reduction to the resources under peak demand condition and minimize the house owner's energy costs at a high energy price period. This paper has analyzed demand response dealing with total demand limitation and price controls for the residential sector, where most consumer-owned EVs reduce energy consumption cost. The proposed DR can solve the common problem for today's electricity markets, facing the absence of real-time and full consumer participation. By considering the house owner comport level and desire essential lists, this HEM approach may be reduced the violation of customers' comfortable lifestyles.

References

[1] Manisa Pipattanasomporn, Murat Kuzlu, and Saifur Rahman (2012). An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis. IEEE transactions on smart grid. 03 (04), 2166-2173.

[2] Maytham S. Ahmed, Azah Mohamed, Raad Z. Homod, and Hussain Shareef (2017). A home energy management algorithm in demand response events for household peak load reduction. ISSN. 0033-2097, 197-200.

[3] Adeel Abbas Zaidi, Friederich Kupzog, Tehseen Zia, Peter Palensky (2010). Load Recognition for Automated Demand Response in Microgrids. IEEE. 2436-2441.
[4] Ankush P. Dhansande, Pavan A. Pise, Chandan P. Takarkhede, Mayuri S. Nagapure, P. K. Khedkar (2019). Automatic Demand Response Controller with Load Shifting Algorithm using MATLAB Software. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 06 (04), 2110-2114.
[5] Md. Moktadir Rahman, Ahmed Alfaki, GM Shafiullah, Md. Asaduzzaman Shoeb, Taskin Jamal (2016). Demand Response Opportunities in Residential Sector Incorporated with Smart Load Monitoring System. IEEE Innovative Smart Grid Technologies. 1183-1188.
[6] Kenichi Tanaka, Akihiro Yoza, Kazuki Ogimi, Atsushi Yona, Tomonobu Senjyu, Toshihisa Funabashi, Chul-Hwan Kim (2016). Optimal operation of DC smart house system by controllable loads based on smart grid topology. 132-139.
[7] Juan M.Lujano-Rojas, Claudio Monteiro, RodolfoDufo-Lopez, Jose L. Bernal-Agustin (2012). Optimum residential load management strategy for real time pricing (RTP) demand response programs. 671-679.
[8] Zhuang Zhao, WonCheol Lee, Yoan Shin, and Kyung-Bin Song (2013). An Optimal Power Scheduling Method for Demand Response in Home Energy Management System. IEEE Transactions on Smart grid. 04 (03), pp. 1391-1400.
[9] Supun Tiptipakorn, Wei Jen Lee. A residential Consumer-Centered Load Control Strategy in Real-Time Electricity Price Environment. 39th North American Power Symposium. 505-510, 2007.
[10] Nikolaos G. PaterakisOzan Erdinç, Anastasios G. Bakirtzis, and Joao P. S. Catalao (2015). Optimal Household Appliances Scheduling Under Day-Ahead Pricing and Load-Shaping Demand Response Strategies. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 11 (06), 1509-1519.

การสำรวจข้อมูลและความพร้อมของเกษตรกร จังหวัดชัยภูมิในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง

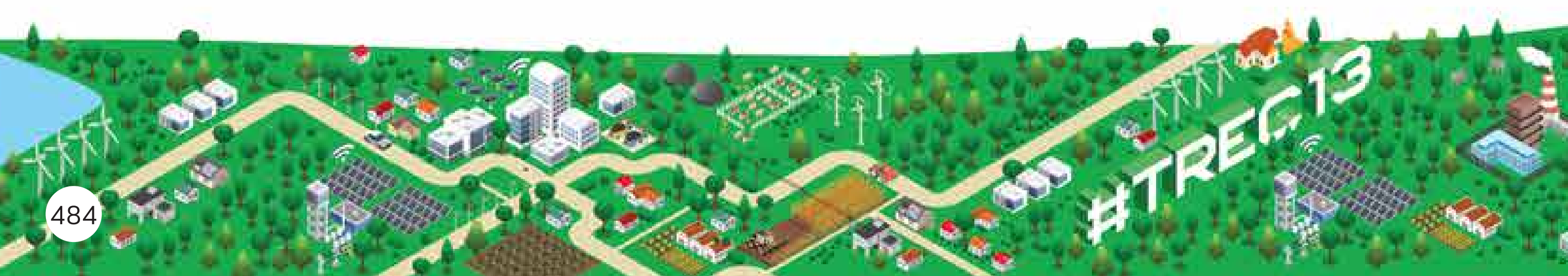
Data surveying and readiness of farmers in Chaiyaphum Province to be smart farmers

จักรี วิชัยระหัด[1] รัชวุธ สุทธิ[1] ชยารัก ธานี ติขะกุล[1] ศักดิ์ชัย ดรดี[2] เลิศฤทธิ์ ตั้งชูวงษ์[3]
ธงชัย พงษ์ราศี[4] ฉัตรณรงค์ศักดิ์ สุธรรมดี[5] และศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล[6]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
[3]นักวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
[4]พนักงานโครงการ อว.จ้างงาน ผู้ได้รับผลกระทบจากจากสถานการณ์การระบาด
ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
[5]คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
[6]อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลพื้นฐานและความพร้อมของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิ โดยคณะผู้สำรวจข้อมูลซึ่งเป็นประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID-19) ใช้งบประมาณจากโครงการ อว.สร้างงาน เฟส 2 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ สำรวจข้อมูลของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิจำนวน 1,445 ครัวเรือนโดยแบบสำรวจข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาพกิจกรรมทางการเกษตรในปัจจุบัน และส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านองค์ความรู้ ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะและพลังงานทดแทน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการดำเนินการส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องด้วยการทำการเกษตรอัจฉริยะที่ใช้ความรู้ด้านพลังงานทดแทนในการพัฒนาท้องถิ่นตามพระบรมราโชบายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบันที่ทรงพระราชทานให้แก่มหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศน้อมนำมาสู่การลงพื้นที่สร้างโมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ (ABC-6D Chaiyaphum Model) ผลการสำรวจข้อมูลพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 82.2 ปลูกข้าว มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยครัวเรือนละ 15.4 ไร่โดยพื้นที่ทำการเกษตรร้อยละ 76.5 ไม่มีไฟฟ้าใช้เกษตรกรร้อยละ 12.6 ใช้แหล่งน้ำจากคลองชลประทานในการทำการเกษตร ร้อยละ 29.4 ใช้น้ำบาดาล นอกเหนือจากนี้ร้อยละ 64.2 ใช้น้ำจากน้ำฝนเพียงแหล่งเดียวในการทำการเกษตรเกษตรกรร้อยละ 75.4 ใช้วิธีการจ้างรถไถในการเตรียมดินปลูกพืชร้อยละ 78.9 ใช้ปุ๋ยเคมี การเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร ร้อยละ 59.3 ใช้วิธีจ้างรถเก็บเกี่ยว ร้อยละ 93.2 ไม่มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรก่อนนำไปจำหน่าย เกษตรกรร้อยละ 64.5 ต้องนำผลผลิตทางการเกษตรไปจำหน่ายที่โรงสีด้วยตนเอง ระยะทางในการขนส่งเฉลี่ย 14.8 กิโลเมตร เกษตรกรร้อยละ 80.3 ไม่ได้เป็นสมาชิกองค์กร เครือข่ายหรือศูนย์การเรียนรู้ทางการเกษตร เกษตรกรร้อยละ 91.3 ไม่ทราบว่าเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) หมายถึงอะไร เกษตรกรร้อยละ 73.2 ต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ เกษตรกรร้อยละ 81.1 มีความสามารถในการใช้สมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันต่างๆ หากมีการใช้สมาร์ทโฟนหรือแอปพลิเคชันในการดำเนินการเกี่ยวกับเกษตรอัจฉริยะ เกษตรกรร้อยละ 64.9 ไม่สามารถรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องได้ ต้องการให้รัฐจัดหาให้

คำสำคัญ: เกษตรกรปราดเปรื่อง พลังงานทดแทน สมาร์ทฟาร์มเมอร์ ABC-6D Chaiyaphum Model



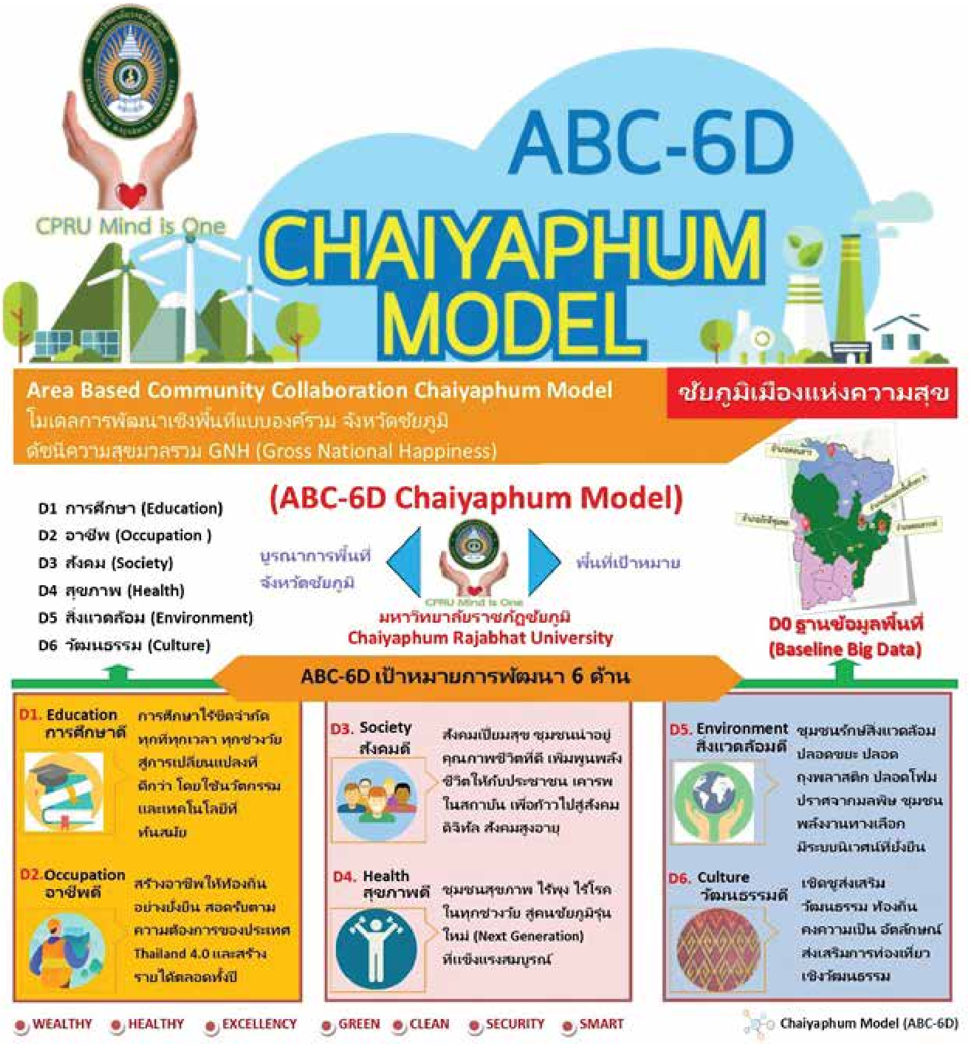
บทนำ

บทความนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลและความพร้อมของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) โดยคณะผู้สำรวจข้อมูลจำนวน 41 คน คือ ประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID-19) ใช้งบประมาณจากโครงการ อว.สร้างงาน เฟส 2 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ แบ่งสำรวจข้อมูลของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ วัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลพื้นฐานและความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง ที่สามารถทำการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ที่มีองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทน เพื่อเป็นข้อมูลในการดำเนินกิจกรรมการพัฒนาท้องถิ่นตามพระบรมราโชบายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ที่ทรงพระราชทานให้แก่มหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ น้อมนำมาสู่การลงพื้นที่สร้างโมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ(ABC-6DChaiyaphum Model)

โมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ (Area Based Community Collaboration Chaiyaphum Model, ABC-6D Chaiyaphum Model) [1] เป็นโครงการที่มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ พัฒนาขึ้นภายใต้ทิศทางการดำเนินงานตามยุทธศาสตร์ การบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ 4 ปี สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579) และยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี รวมถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 แผนพัฒนาจังหวัดชัยภูมิ 2561 – 2565 เพื่อมุ่งหวังที่จะขับเคลื่อนจังหวัดชัยภูมิให้เป็น Green and Smart City ภายใต้นโยบายเมืองแห่งความสุขอย่างยั่งยืน มุ่งสู่ความเป็น Thailand 4.0 โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ได้ดำเนินการขับเคลื่อนโมเดลพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมในจังหวัดชัยภูมิ (ABC6D) เพื่อบูรณาการการพัฒนาร่วมกันระหว่างหน่วยงานทุกภาคส่วนทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านการศึกษา ด้านอาชีพ ด้านสังคม ด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านวัฒนธรรม ตามภาพที่ 1 โดยบูรณาการความร่วมมือในการพัฒนากับทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐกับเอกชนที่ต้องตระหนักและให้ความสำคัญในการพัฒนาจึงจะเกิดผลเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนและยั่งยืนสะดวกที่จะนำไปปรับใช้และขยายผลในพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ เพื่อพัฒนาท้องถิ่น ให้มั่นคง และยั่งยืนต่อไป

ปัจจุบันการใช้พลังงานทดแทนเป็นกระแสที่กำลังเป็นที่นิยมและถูกกล่าวถึงมากในวงกว้างเนื่องจากการจะหมดไปของพลังงานจากฟอสซิล (น้ำมันเชื้อเพลิง) พลังงานทดแทน [2] คือ พลังงานธรรมชาติประเภทใช้ไม่หมดสามารถหมุนเวียนมาให้ใช้เป็นประจำเช่นพลังงานลมพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานก๊าซชีวภาพหรือพลังงานคลื่นและอื่นๆซึ่งสามารถนำมาใช้แทนพลังงานธรรมชาติประเภทใช้แล้วหมดเปลืองซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น ฟืน ถ่านไม้ ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง แร่ธาตุหรือก๊าซธรรมชาติ สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีกเรียกว่าพลังงานหมุนเวียนได้แก่แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานแก๊สชีวภาพ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานน้ำ หรือพลังงานอื่นๆ เช่น ไบโอดีเซล แก๊สโซฮอล์ ดีโซฮอล์ NGV พลังงานไฮโดรเจนพลังงานใต้พิภพล้วนเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่งพลังงานไปในระยะไกลตามสายส่ง ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ใช้พลังงาน [3]

โครงการนี้จึงได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิเพื่อเป็นข้อมูลในการดำเนินการพัฒนาด้านการศึกษาและด้านอาชีพตามโมเดลพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมในจังหวัดชัยภูมิ (ABC6D) โดยเป็นการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องที่มีความรู้ด้านพลังงานทดแทนสามารถทำการเกษตรอัจฉริยะซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีและองค์ความรู้ในการพัฒนาภาคการเกษตรเพื่อความมั่นคงและปลอดภัย



ภาพที่ 1 โมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ [1]

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของการทำเกษตรอัจฉริยะ [4]

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจข้อมูลเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับใช้ในการวางแผนการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวกับการพัฒนาทางด้านการเกษตรด้วยเกษตรกรปราดเปรื่องโดยวิธีการทำการเกษตรอัจฉริยะที่บูรณาการความรู้ด้านพลังงานทดแทน ส่วนประกอบของแบบสำรวจข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. ข้อมูลทั่วไป
2. ข้อมูลสภาพกิจกรรมทางการเกษตรในปัจจุบัน ประกอบด้วย
   - 2.1 ชนิดหรือประเภทของผลผลิตทางการเกษตร
   - 2.2 ระยะเวลาหรือประสบการณ์การทำการเกษตร
   - 2.3 จำนวนพื้นที่
   - 2.4 การเป็นเจ้าของที่ดิน
   - 2.5 รายได้ต่อปี
   - 2.6 แหล่งน้ำ
   - 2.7 การมีไฟฟ้าใช้ในพื้นที่ทำการเกษตร
   - 2.8 วิธีการเตรียมดินปลูกพืช
   - 2.9 แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์
   - 2.10 การใช้ปุ๋ย
   - 2.11 การเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร
   - 2.12 การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรก่อนจำหน่าย
   - 2.13 วิธีการขายผลผลิตทางการเกษตรที่ปลูกได้
   - 2.14 วิธีการขนส่งผลผลิตทางการเกษตรไปจำหน่าย
   - 2.15 ระยะทางขนส่งผลผลิตทางการเกษตรไปจำหน่าย
3. ข้อมูลด้านองค์ความรู้ ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี
   - 3.1 การเป็นสมาชิกองค์กรหรือเครือข่ายหรือศูนย์การเรียนรู้ทางการเกษตร
   - 3.2 การรู้จักเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming)
   - 3.3 การรู้จักเซนเซอร์ตรวจวัดทางการเกษตร (Agricultural Sensor)
   - 3.4 ความต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming)
   - 3.5 ความสามารถในการใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันต่างๆหรือไม่
   - 3.6 แอปพลิเคชันใดบ้างที่เกษตรกรสามารถใช้งานได้ ใช้เป็น
   - 3.7 ความสามารถในการรับผิดชอบค่าใช้จ่ายการดำเนินงานเกษตรอัจฉริยะ เช่น ค่าอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ค่าใช้จ่ายในการใช้งานอินเทอร์เน็ต

ทั้งนี้ การดำเนินการสำรวจข้อมูลได้กระทำผ่านแอปพลิเคชันของกูเกิ้ลฟอร์ม (google form) ในโทรศัพท์มือถือ ไม่มีการใช้กระดาษในการสำรวจข้อมูลครั้งนี้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การสำรวจข้อมูลในครั้งนี้ได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิจำนวน8อำเภอ จากทั้งหมด 16 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอคอนสาร อำเภอภักดีชุมพล อำเภอคอนสวรรค์ อำเภอหนองบัวแดง อำเภอเกษตรสมบูรณ์ อำเภอบ้านแท่น และอำเภอจัตุรัส ตามภาพที่ 3 และภาพที่ 4 สำรวจข้อมูลทั้งสิ้น 1,445 ครัวเรือน โดยแบบสำรวจข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาพกิจกรรมทางการเกษตรในปัจจุบัน และส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านองค์ความรู้ ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องที่มีองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนโดยได้มีการติดตามข้อมูลจากพนักงานโครงการที่อยู่ในพื้นที่อำเภอต่างๆผ่านแอปพลิเคชันไลน์มีการรายงานข้อมูลรายวันและสรุปรายเดือนตลอดระยะเวลาของโครงการ 3 เดือน คือเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน พ.ศ. 2563

ภาพที่ 3 แผนที่จังหวัดชัยภูมิแสดงอำเภอที่สำรวจข้อมูล [5]

ผลการสำรวจข้อมูลพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 82.2 ปลูกข้าว พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยครัวเรือนละ 15.4 ไร่ พื้นที่ทำการเกษตรร้อยละ 76.5 ไม่มีไฟฟ้าใช้ เกษตรกรร้อยละ 12.6 ใช้แหล่งน้ำจากคลองชลประทานในการทำการเกษตร ร้อยละ 29.4 ใช้น้ำบาดาล นอกเหนือจากนี้ร้อยละ 64.2 ใช้น้ำจากน้ำฝนเพียงแหล่งเดียวในการทำการเกษตร เกษตรกรร้อยละ 75.4 ใช้วิธีการจ้างรถไถในการเตรียมดินปลูกพืช ร้อยละ 78.9 ใช้ปุ๋ยเคมี การเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร ร้อยละ 59.3 ใช้วิธีจ้างรถเก็บเกี่ยว ร้อยละ 93.21 ไม่มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรก่อนนำไปจำหน่าย เกษตรกรร้อยละ 64.5 ต้องนำผลผลิตทางการเกษตรไปจำหน่ายที่โรงสีด้วยตนเอง ระยะทางในการขนส่งเฉลี่ย 14.8 กิโลเมตร เกษตรกรร้อยละ 80.3 ไม่ได้เป็นสมาชิกองค์กรเครือข่ายหรือศูนย์การเรียนรู้ทางการเกษตร เกษตรกรร้อยละ 91.3 ไม่ทราบว่าเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) หมายถึงอะไร เกษตรกรร้อยละ 73.2 ต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ เกษตรกรร้อยละ 81.1 มีความสามารถในการใช้สมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันต่างๆ หากมีการใช้สมาร์ทโฟนหรือแอปพลิเคชันในการดำเนินการเกี่ยวกับเกษตรอัจฉริยะ เกษตรกรร้อยละ 64.9 ไม่สามารถรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องได้ ต้องการให้รัฐจัดหาให้

ภาพที่ 4 พนักงานโครงการ อว.จ้างงาน ประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID-19) ดำเนินการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเกษตรกร

จากผลการสำรวจดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการดำเนินการส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องด้วยการทำการเกษตรอัจฉริยะโดยบูรณาการกับความรู้ด้านพลังงานทดแทน โดยเฉพาะการเลือกกลุ่มเกษตรกรและวิธีการที่จะเริ่มดำเนินการพัฒนาให้เป็นเกษตรกรอัจฉริยะ ซึ่งขึ้นอยู่กับนโยบายในระดับบริหารเช่นเลือกดำเนินการกับกลุ่มเกษตรกรที่มีจำนวนมากก่อนคือเกษตรกรที่ปลูกข้าวโดยใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะในการสร้างแอปพลิเคชันให้กลุ่มเกษตรกรดังกล่าวเข้าร่วมเพื่อติดต่อสื่อสารแจ้งข่าวสารส่งเสริมการพัฒนาแหล่งน้ำที่ใช้ทำการเกษตรด้วยการขุดสระหรือขุดบ่อบาดาลแล้วใช้ปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ ส่งเสริมการใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกสำหรับการขนส่งข้าวไปขายเป็นต้นหรืออาจจะเลือกกลุ่มเกษตรกรจำนวนน้อยแต่ผลผลิตทางการเกษตรมีมูลค่าสูงเช่นกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไหม โดยส่งเสริมการใช้เซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เพื่อปรับสภาพห้องให้เหมาะสมกับการเลี้ยงไหม มีการใช้แอปพลิเคชันเพื่อประมวลผล เป็นต้น ทั้งนี้ การกำหนดทิศทางในการส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง อาจใช้ข้อมูลอื่นๆมาประกอบด้วย เช่น ข้อมูลภูมิสารสนเทศ[6] ข้อมูลสภาพอากาศ[7] เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจข้อมูลและความพร้อมของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิเพื่อการวางแผนการดำเนินการส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องด้วยการทำการเกษตรอัจฉริยะโดยบูรณาการกับความรู้ด้านพลังงานทดแทน โดยคณะผู้สำรวจข้อมูลจำนวน 41 คน คือ ประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID-19) ใช้งบประมาณจากโครงการ อว.สร้างงาน เฟส 2 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ แบ่งสำรวจข้อมูลของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ จำนวน 8 อำเภอ จากทั้งหมด 16 อำเภอ สำรวจข้อมูลไปทั้งสิ้น 1,445 ครัวเรือน โดยการสำรวจข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาพกิจกรรมทางการเกษตรในปัจจุบัน และส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านองค์ความรู้ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องที่มีองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาท้องถิ่นตามพระบรมราโชบายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ที่ทรงพระราชทานให้แก่มหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ น้อมนำมาสู่การลงพื้นที่สร้างโมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ (ABC-6D Chaiya-phum Model) ซึ่งผลการสำรวจดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการดำเนินการส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องด้วยการทำการเกษตรอัจฉริยะโดยบูรณาการกับความรู้ด้านพลังงานทดแทนโดยเฉพาะการเลือกกลุ่มเกษตรกรและวิธีการที่จะเริ่มดำเนินการพัฒนาให้เป็นเกษตรกรอัจฉริยะ เพื่อพัฒนาการเกษตรและประเทศชาติสืบไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิสำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล.(2562) ABC-6D โมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ ปีงบประมาณ 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. สืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2563, จาก http://www.cpru.ac.th/abc-6d/

[2] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พลังงานทดแทน. สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2562, จาก http://www.thailandenergyeducation.com/assets/media/A004.pdf.

[3] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พลังงานไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2562, จาก http://www.thailandenergyeducation.com/assets/media/A003.pdf.

[4] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.(2563) Smart Farming การเกษตรอัจฉริยะ. ฝ่ายธุรกิจสัมพันธ์ ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2563, จาก https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2020/20200313-smart-farming.pdf

[5] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล.(2563) ABC-6D โมเดลการพัฒนาคุณภาพชีวิตเชิงพื้นที่แบบองค์รวมจังหวัดชัยภูมิ ปีงบประมาณ 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. สืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2563, จาก http://plan.cpru.ac.th/th/2020/02/14/abc-6d/

[6] สำนักงานสถิติจังหวัดชัยภูมิ.(2557) สำมะโนการเกษตร พ.ศ.2556 จังหวัดชัยภูมิ. สำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2563, จาก http://www.nso.go.th/sites/2014/Documents/Agri/2556/reports-full/36_chaiyaphum.pdf

[7] กรมอุตุนิยมวิทยา.(2563) สภาพอากาศ. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2563, จาก https://www.tmd.go.th/province.php?id=29

รูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่

Business Models of Grid-tied Solar Power Generation System for Large scale Community Hospital

วิญญู เลิศคำ[1] ศิริชัย เทพา[2] รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ[2]
[1]สายวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน 2สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

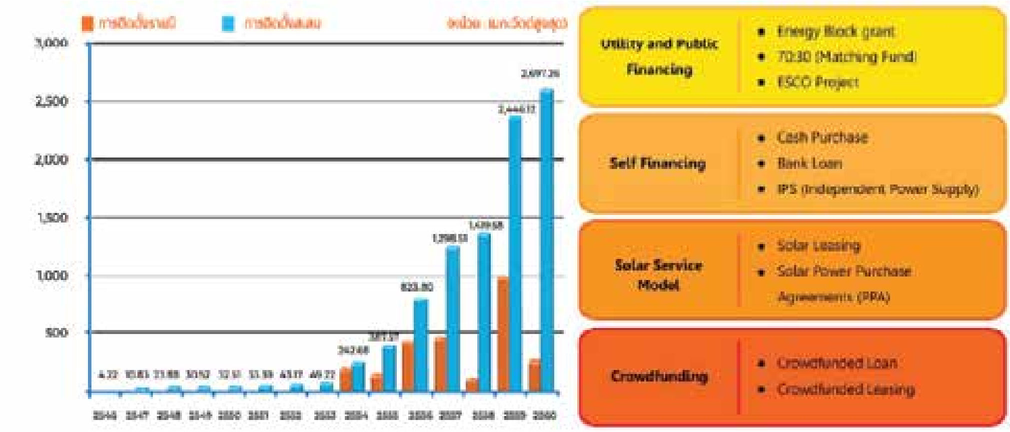
ปัจจุบัน การส่งเสริมการใช้งานพลังงานทดแทนในส่วนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อระบบจำหน่ายแบบติดตั้งบนหลังคาประกอบด้วยโครงการภาครัฐโดยผ่านกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและโครงการภาคเอกชนร่วมกับสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการที่มีศักยภาพแต่ยังขาดเงินลงทุนมีหลายลักษณะรูปแบบในการดำเนินโครงการ โรงพยาบาลของรัฐเป็นกลุ่มอาคารที่ใช้พลังงงานสูงบทความนี้นำเสนอการศึกษารูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่สังกัดกระทรวงสาธารณสุขที่มีขนาดจำนวนเตียง 350 เตียง ซึ่งได้เข้าร่วมโครงการสนับสนุนการลงทุนการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงพยาบาลของรัฐ โดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและโรงพยาบาลแบบ 70:30 (Matching Fund)โดยได้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 250kWp เพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ก่อนและหลังการติดตั้ง การหาขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสม การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศษฐศาสตร์ ตลอดจนการประเมินทางเทคนิคโดยใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองและการคำนวณตามมาตรฐาน IEC61724 ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบเป็นแนวทางในการป้องกันและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สามารถนำไปต่อยอดสร้างแบบจำลองและกำหนดทางเลือกหรือรูปแบบการลงทุนในการเพิ่มกำลังการผลิตของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายให้สอดคล้องกับความต้องการและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่หรือสถานที่อื่นๆต่อไป

คำสำคัญ: รูปแบบการประกอบธุรกิจ โรงพยาบาลของรัฐ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

บทนำ

กลไกการส่งเสริมจากภาครัฐมาตรการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของภาครัฐโดยให้ราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนสูงกว่าค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจึงทำให้เกิดผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยราคาขายอุปกรณ์หลักเช่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ มีราคาลดลงมากทำให้จูงใจต่อการลงทุนเพื่อการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดจนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับ

จากประชาชนในพื้นที่เป็นเทคโนโลยีสะอาดไม่มีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางเสียงการก่อสร้างทำได้รวดเร็วดังนั้นโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีความเสี่ยงต่ำสามารถติดตั้งได้ตามแผนงานและผลิตไฟฟ้าได้อย่างดี [1]



รูปที่ 1 ปริมาณการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อระบบจำหน่าย พ.ศ. 2546 – 2560)
ที่มา : พพ.,กฟผ.,กฟภ.,กฟน. และสำนักงาน กกพ , ปี พ.ศ. 2560 และ Business Model

ปัจจุบันได้มีการติดตั้งกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะสถานที่ราชการเช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล และสถานประกอบการเอกชนที่มีการใช้ไฟฟ้าในตอนกลางวันมากและไฟฟ้าเป็นต้นทุนหลักของกิจการการลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าก็เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนให้หน่วยงานและสถานประกอบการได้ ในปี พ.ศ. 2560 การผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีกำลังการผลิตติดตั้งสะสม 2,697.26 เมกะวัตต์สูงสุด (ข้อมูลจาก พพ. ธันวาคม 2560) รูปที่ 1 แสดงปริมาณการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อระบบจำหน่าย พ.ศ. 2546 – 2560 โดยไม่รวมระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระและรูปแบบ ธุรกิจ (Business Model) การให้บริการทางด้านระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ การที่รัฐบาลได้มีโครงการเซลล์แสงอาทิตย์ภาคประชาชนโดยการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองเหลือแล้วขาย ทำให้การติดตั้งได้แพร่หลายออกไปเป็นจำนวนมาก [1,3] การส่งเสริมการใช้งานพลังงานทดแทนในส่วนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อระบบจำหน่ายแบบติดตั้งบนหลังคาได้มีโครงการภาครัฐโดยผ่านกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและโครงการภาคเอกชนที่ร่วมกับสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการการส่งเสริมและสนับสนุนการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพแต่ยังขาดเงินลงทุนโดยให้เงินกู้ยืมเพื่อการลงทุนมีหลายลักษณะรูปแบบการดำเนินโครงการสามารถรวบรวมสรุปได้ดังนี้

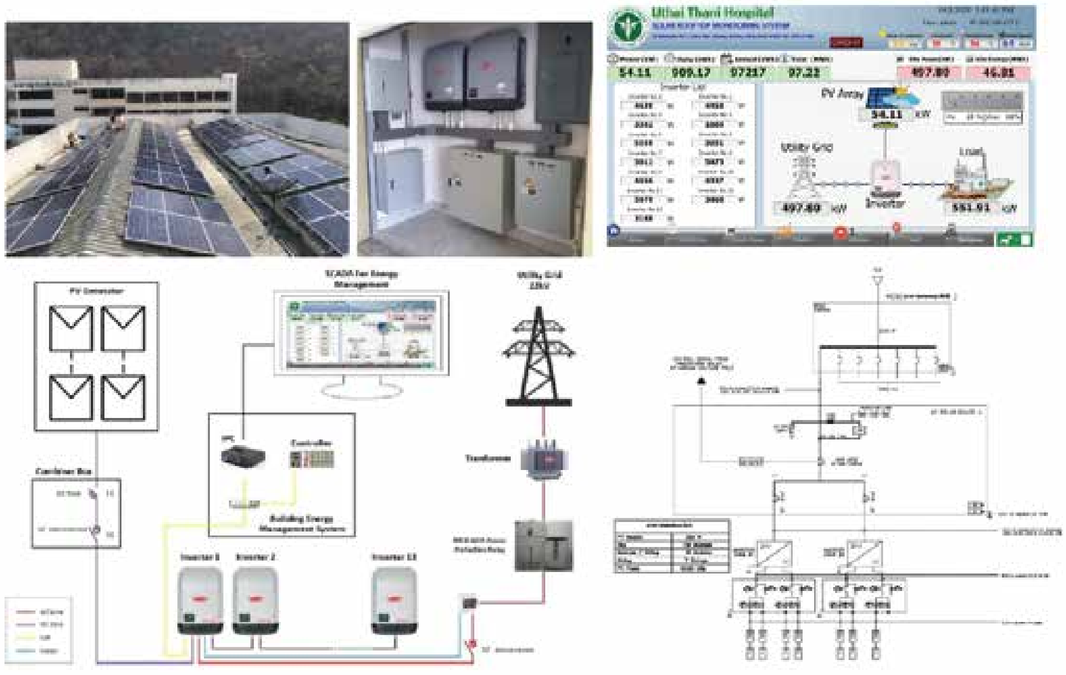
- โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในหน่วยงานภาครัฐและโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy block grant)
- โครงการสนับสนุนการลงทุนการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงพยาบาลของรัฐ โดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและโรงพยาบาลแบบ 70:30 (Matching Fund)
- การติดตั้งระบบเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า (ESCO Project) บริษัทจัดการพลังงานจะทำสัญญาติดตั้งระบบ EPC Contract พร้อมทั้งจัดหาสินเชื่อหรือแหล่งเงินกู้ให้คิดค่าบริการตามผลประหยัดพลังงาน (Energy Saving)
- การให้สินเชื่อธนาคารสนับสนุนในโครงการที่มีการพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกพลังงานทดแทนหรือ พลังงานสะอาด เช่น ธนาคารกสิกรไทย, ธนาคารกรุงไทย , ธนาคารยูโอบี
- การติดตั้งระบบตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าภาคเอกชน (Private PPA-Power Purchasing Agreement) บริษัทเป็นผู้ลงทุนเองทั้งหมดและขายไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยมีส่วนลดค่าไฟฟ้าประมาณร้อยละ 10-20 เป็นระยะเวลา 10-15 ปี เมื่อครบตามสัญญาแล้วอาจจะโอนระบบให้ลูกค้าหรือต่อสัญญาตามตกลงกัน
- การติดตั้งระบบเพื่อผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง (IPS : Independent Power Supply) โดยลูกค้าเป็นผู้ลงทุนเองทั้งหมดและทางบริษัทให้บริการออกแบบติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา
- ใช้รูปแบบการระดมทุนผ่านหุ้นกู้ Crowd funding โดยใช้ Platform เป็นผู้รวบรวมเงินทุนจากผู้ให้ยืมซึ่งเมื่อมีจำนวนที่เพียงพอตามที่ผู้กู้ยืมต้องการแล้วก็จะถูกส่งให้ผู้กู้จากนั้นผู้กู้จะต้องชำระเงินกู้คืนพร้อมดอกเบี้ยซึ่งจะสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากแต่จะต่ำกว่าดอกเบี้ยเงินกู้โดยทั่วไปและจะถูกจ่ายให้แก่ผู้ให้ยืมจนกระทั่งครบอายุการกู้ยืม เมื่อผู้กู้ชำระเงินกู้คืนครบถ้วนแล้ว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เป็นการศึกษารูปแบบการประกอบธุรกิจของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่โดยมีการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) ก่อนและหลังการติดตั้ง เพื่อทำการหาขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมและคุ้มค่าทางด้านเศษฐศาสตร์ สร้างทางเลือกเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการลงทุนในการเพิ่มกำลังการผลิตของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายให้สอดคล้องกับความต้องการการใช้ไฟฟ้าสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ ขนาด 350 เตียง

วิธีการประเมินทางด้านเทคนิคและเศษฐศาสตร์

ในการประเมินทางด้านเทคนิคและเศษฐศาตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ในการวิจัยนี้ได้ใช้ระบบที่ติดตั้งมีขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 250kWp มีการประเมินทางเทคนิคโดยใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองและการคำนวณตามมาตรฐาน IEC61724 เพื่อเป็นแนวทางการป้องกันและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ รูปที่ 2 เป็นการแสดงตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน Single Line Diagram พร้อมทั้ง System Configuration ของระบบงานวิจัยนี้ได้กำหนดกรอบการศึกษาและการประเมินศักยภาพ 4 ด้านหลักและสมมติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 การติดตั้ง และ Single Line diagram and System configuration

ข้อมูล	สมมติฐาน	แหล่งอ้างอิง
ต้นทุนทั้งระบบ	34 บาทต่อวัตต์	จากเอกสารประมูลราคาเดือน[illegible] 62
ค่าบำรุงรักษา	0.05 บาทต่อวัตต์	จากการสอบถาม

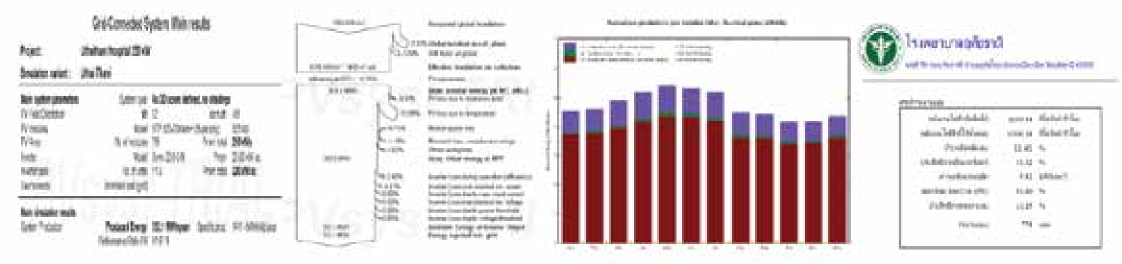
ข้อมูล	สมมติฐาน	แหล่งอ้างอิง
ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์	16.60% (1-10Y) 14.94% (11-25Y) 10% Degradation	อ้างอิงแคตตาล็อกแผง
สมรรถนะระบบ	0.85	IEA (2014)

ข้อมูล	สมมติฐาน	แหล่งอ้างอิง
แผงเซลล์แสงอาทิตย์		
อายุการใช้งาน	25ปี	อายุโครงการ
ต้นทุน	17 บาทต่อวัตต์ คิดเป็น 40% ของระบบ	จากเอกสารประมูลราคาเดือน[illegible] 62
อินเวอร์เตอร์		
อายุการใช้งาน	14 ปี (Inverter 2 ชุด)	ตามระยะการประกันของอุปกรณ์
ต้นทุน	6.50 บาทต่อวัตต์ คิดเป็น 15% ของระบบ	จากเอกสารประมูลราคาเดือน[illegible] 62
Balance of System	คิดอัตราส่วนที่เหลือจากการคำนวณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์และค่ามิเตอร์ไฟฟ้า	จากเอกสารประมูลราคาเดือน[illegible] 62
อัตราค่าไฟฟ้า ในระบบ TOU	ขนาดแรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
On-Peak+FT	4.1757 บาทต่อหน่วย	ประกาศ กฟภ. เริ่มใช้เมื่อ พ.ย 61
Off-Peak+FT	2.6721 บาทต่อหน่วย	ประกาศ กฟภ. เริ่มใช้เมื่อ พ.ย 61
Peak Demand	132.93 บาทต่อหน่วย	ประกาศ กฟภ. เริ่มใช้เมื่อ พ.ย 61
ส่วนลด	6%	Minimum Loan Rate (MLR) ข้อมูลจากธนาคารกสิกรไทย วันที่ 29 พ.ย. 2562

รูปที่ 3 สมมติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค
และข้อมูลตัวชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์

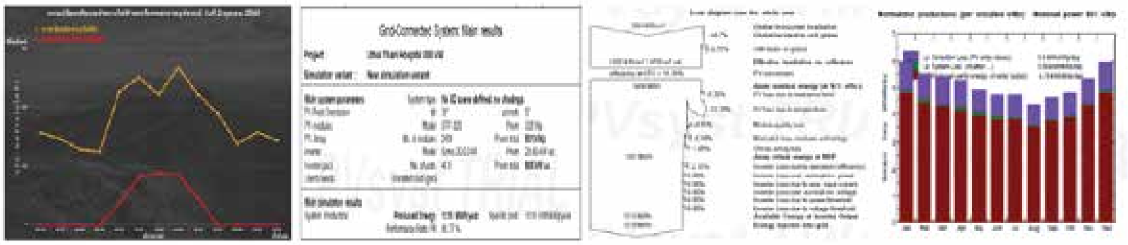
ผลการประเมินทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ที่กำลังผลิตติดตั้ง250kWpงานวิจัยนี้ประเมินทางเทคนิคตัวแปรบ่งชี้ถึงสมรรถนะทางเทคนิคโดยใช้โปรแกรมPVsystในการจำลองและการคำนวณตามมาตรฐาน IEC61724 ซึ่งส่งผลต่อสมรรถนะของระบบเพื่อหาจุดบกพร่องของการติดตั้งและการสูญเสียที่เกิดขึ้น ผลการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ที่กำลังผลิตติดตั้ง 250kWp โดยใช้โปรแกรม PVsyst พบว่าระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 352.1MWh/year สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio) เท่ากับ 81.67% การสูญเสียพลังงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Collection Loss) เท่ากับ 0.77 kWh/kWp/day การสูญเสียพลังงานในระบบ (System Loss) เท่ากับ 3.86 kWh/kWp/day และพลังงานที่ระบบผลิตได้ (Useful Energy) เท่ากับ 3.86 kWh/kWp/day ผลการประเมินประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคโดยการใช้สมการคำนวณผ่าน SCADA Software ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากการผลิตในระยะเวลา 1 วัน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2563 เวลา 6.00 น. ถึง วันที่ 2 ตุลาคม 2563 เวลา 6.00 น.เป็นดังแสดงแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 PVsyst ประเมินผลการผลิต 250kWp และ ผลการคำนวณ SCADA Software

พลังงานที่ผลิตได้ เท่ากับ 1185.14 kWh พลังงานที่ใช้ทั้งหมด 10390.34 kWh ประหยัดพลังงาน 11.41% ประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ 31.32% ที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 5.82 kWh/m^2 สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio) เท่ากับ 81.40% และ ประสิทธิภาพของระบบ เท่ากับ 13.15% ถ้าเพิ่มขนาดการติดตั้งระบบให้เป็น 800kWp และใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองพบว่าระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 1215 MWh/year สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio) เท่ากับ 80.77% การสูญเสียพลังงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์(Collection Loss) เท่ากับ0.9kWh/kWp/dayการสูญเสียพลังงานในระบบ (System Loss) มีค่าเท่ากับ 0.09 kWh/kWp/day พลังงานที่ระบบผลิตได้ (Useful Energy) เท่ากับ 4.15 kWh/kWp/day รูปที่ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบความต้องการการใช้ไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ทำให้ทราบว่าสามารถเพิ่มกำลังผลิตติดตั้งได้ถึง800kWpเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาล ในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ที่กำลังผลิตติดตั้ง 250kWp และ 800kWp เป็นการประเมินเชิงเปรียบเทียบตัวแปรที่มีผลต่อการลงทุนของระบบโดยจะถูกประเมินอยู่ภายใต้สมมุติฐานเดียวกัน ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ในตารางที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าที่กำลังผลิตติดตั้ง 250kWp ที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน และระบบผลิตไฟฟ้าที่กำลังผลิตติดตั้ง 800kWp ที่เสนอให้ติดตั้งซึ่งเป็นกำลังการผลิตติดตั้งที่เหมาะสมสอดคล้องกับการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลผลการประเมินพบว่าระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่กำลังผลิตติดตั้ง 250kWp และ 800kWpมีค่าเท่ากับ 6.8 ปีและ 6.31ปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 13.80% และ 15.08% และมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 8.11 ล้านบาท และ 30.68 ล้านบาท ตามลำดับ



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบความต้องการการใช้ไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และ PVsyst ประเมินผลการผลิต 800kWp

การเลือกรูปแบบประกอบธุรกิจ

รูปแบบการประกอบธุรกิจในปัจจุบันการติดตั้งระบบตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าภาคเอกชน (Private PPA-Power Purchasing Agreement) โดยบริษัทเป็นผู้ลงทุนเองทั้งหมดและขายไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยมีส่วนลดค่าไฟฟ้าประมาณร้อยละ 10-20 เป็นระยะเวลา 10-15 ปี เมื่อครบตามสัญญาแล้วจะโอนกรรมสิทธิ์ของระบบให้ลูกค้าหรือต่อสัญญาตามตกลงกัน เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงเลือกพิจารณาให้ส่วนลดค่าไฟฟ้าที่ 15% , 20% , 25% จากอัตรา TOU On peak รวมค่า FT ที่ราคา 4.175 บาท ต่อหน่วย พบว่าในระยะเวลา 10 ปีผู้ลงทุนสามารถโอนกรรมสิทธิ์การเป็นเจ้าของระบบผลิตให้ลูกค้าได้ขณะเดียวกันก็จะได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนที่ 33% , 26% และ 18% ตามตาราง

PV System Cost			
No.	Lists	Cost (THB)	
		[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Total Investment Cost		[illegible]	[illegible]
[illegible]		[illegible]	[illegible]
[illegible]		[illegible]	[illegible]
[illegible]		[illegible]	[illegible]
[illegible]		[illegible]	[illegible]

Private PPA- Business Model for 800kWp	Rate	1 Year	10 Years	ROI	%ROI
Total Investment Cost (THB)	32,000,000.00				
O&M Cost (THB)	0.05	40,000.00	400,000.00		
Electric Energy Production (kWh/year)	1,215,000.00				
15% Tariff Discount form 4.175 (TOU On Peak+FT)	3.54	4,301,100.00	43,011,000.00	10,611,000.00	33%
20% Tariff Discount form 4.175 (TOU On Peak+FT)	3.34	4,058,100.00	40,581,000.00	8,181,000.00	26%
25% Tariff Discount form 4.175 (TOU On Peak+FT)	3.13	3,802,950.00	38,029,500.00	5,629,500.00	18%

ตารางที่ 1 ผลประเมินทางเศรษฐศาสตร์และตารางแสดงการให้ส่วนลดค่าไฟฟ้าแบบแจกแจงส่วนลดในระยะเวลา 10 ปี

สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินทางด้านเทคนิคและเศษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับโรงพยาบาลชุมชนขนาดใหญ่ที่กำลังผลิตติดตั้ง 250kWp และ 800kWp ทำให้เราทราบว่าระบบผลิตไฟฟ้าที่กำลังผลิตติดตั้งขนาด 800kWp เป็นระบบผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการการใช้ไฟฟ้า (Load profile) ของโรงพยาบาล ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 1215 MWh/-year สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio) เท่ากับ 80.77% การสูญเสียพลังงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Collection Loss) เท่ากับ 0.9 kWh/kWp/day การสูญเสียพลังงานในระบบ (System Loss) มีค่าเท่ากับ 0.09 kWh/kWp/day พลังงานที่ระบบผลิตได้ (Useful Energy) เท่ากับ 4.15 kWh/kWp/-day มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.31 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 15.08% ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 30.68 ล้านบาท รูปแบบการประกอบธุรกิจการติดตั้งระบบตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าภาคเอกชน (Private PPA-Power Purchasing Agreement) โดยให้ส่วนลดค่าไฟฟ้า 20% จากอัตรา TOU On peak รวมค่า FT ที่ราคา 4.175 บาทต่อหน่วย (3.34 บาทต่อหน่วย) ในระยะเวลา 10 ปีผู้ลงทุนสามารถโอนกรรมสิทธิ์การเป็นเจ้าของระบบผลิตให้ลูกค้าและให้ผลตอบแทนจากการลงทุนที่ 26% เป็นรูปแบบธุรกิจรูปแบบหนึ่งที่มีข้อเสนอที่จูงใจให้ผู้ซื้อและผู้ประกอบการเลือกพิจารณาตัดสินใจติดตั้งระบบและเหมาะสมต่อการลงทุนให้ที่ผลตอบแทนที่ดีจากการลงทุนในโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โรงพยาบาลอุทัยธานีและบริษัททีดีเอสเทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ความรู้ ข้อมูล อำนวยความสะดวกและสถานที่ในการดำเนินการโครงการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) การติดตามสถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2563,จาก htpp://www.dede.go.th

[2] S.Tongsopit, S.Moungchareon, A.Aksornkij, T.Potisat (2016). Business models and financing options for a rapid scale-up of rooftop solar power systems in Thailand. Energy Policy 95 (447-457)

[3] สุรกิจ ทองสุก. (2561). “การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา”, วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 10. ฉบับที่ 19

[4] MS. Adaramola (2015). Techno-economic analysis of a 2.1 kW rooftop photovoltaic-grid-tied System based on actual performance. Energy Conversion and Management 101 (85-93)

[5] ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และ โสภิตสุดา ทองโสภิต (2558)., “การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย”, วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่12 ฉบับที่ 2

[6] ปฐมธิติ์ ชัยเศรษฐพงศ์, พัฒนะ รักความสุข, กฤษณพงศ์ กีรติกร และ อุสาห์ บุญบำรุง (2550)., “ สมรรถนะตาม IEC 61724 ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน โซล่าเซลล์-เครื่องยนต์ดีเซล ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง”, การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 11

[7] พันตรี วิรัตณ์ พิชิตกุญชรและกีรติ ชยะกุลคีรี (2561). “การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก”, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 29 ฉบับที่ 1

การใช้งานเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อประยุกต์ใช้งานการเกษตรสำหรับศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

Using Internet of Things technology to apply agriculture for Efficiency in Agricultural production Learning Center, Cha-am District, Phetchaburi Province

กฤษณ์ ไชยวงศ์[1] กันยารัตน์ ศรีวิสทิยกุล[2] ทัดทอง พราหมณี[3] ปรัชญา มุกดา[4]
[1]สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[2]ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมละเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[3]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[4]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเริ่มเข้ามามีบทบาทในยุคการสื่อสารความเร็วสูงเพื่อเป็นการส่งเสริมและเพิ่มความสะดวกสบายในการประยุกต์ใช้งานในด้านการเกษตรรวมทั้งเพื่อเป็นการเผยแพร่เทคโนโลยีเพื่อนำองค์ความรู้เชิงเทคโนโลยีของการเกษตรสมัยใหม่เข้าสู่ชุมชน ดังนั้นบทความนี้นำเสนอแนวคิดการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการใช้งานร่วมกับระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบโซล่าเซลล์ ขนาด 6,000 วัตต์ โดยนำเสนอการควบคุมการปิดเปิด ระบบส่องสว่าง ระบบระบุตำแหน่งโดยใช้ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกการควบคุมดังกล่าวที่ได้นำเสนอสามารถควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์ผ่านช่องทางแอพพลิเคชั่นของสมาท์โฟน ที่ได้ออกแบบ เข้าทดสอบในพื้นที่ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมการจ่ายไฟฟ้าและเพิ่มความสะดวกในการเกษตรสมัยใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเป็นทางเลือกในการพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก แอพพลิเคชั่น การเกษตรสมัยใหม่

บทนำ

มูลนิธิชัยพัฒนา (2563) [1] ได้เรียบเรียง “เศรษฐกิจพอเพียง” ว่าเป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานพระราชดำริชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยมาโดยตลอดนานกว่า 25 ปี ตั้งแต่ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ และเมื่อภายหลังได้ทรงเน้นย้ำแนวทางการแก้ไขเพื่อให้รอดพ้นและสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์และความเปลี่ยนแปลง

ต่างๆ นโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย เพื่อการขับเคลื่อนและปฏิรูปประเทศที่เรียกว่าประเทศไทย 4.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเกษตรกรรมนั้นได้มีนโยบายการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรแบบดั้งเดิม ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและการใช้เทคโนโลยี โดยมุ่งหวังให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรเปลี่ยนรูปแบบกลายเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneur) รวมถึงเปลี่ยนแรงงานทักษะต่ำไปสู่แรงงานที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และทักษะสูง อีกทั้งปรับรูปแบบของผู้ประกอบการรายย่อย (SMEs) ที่รัฐให้ความช่วยเหลืออยู่ตลอด มุ่งสู่ Smart Enterprises และบริษัทเกิดใหม่ที่มีศักยภาพสูง ที่เรียกว่ากันว่า สตาร์ทอัพ (Startups) ประกอบกับจังหวัดเพชรบุรี ที่ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรอำเภอชะอำจังหวัดเพชรบุรี[2]ที่มีแนวทางในการดำเนินงานตามหลักเกษตรทฤษฎีใหม่เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการจัดการพื้นที่สังคมเกษตรระดับครัวเรือนแล้วขยายสู่ระดับชุมชน และระดับสหกรณ์ โดยแนวทางคือ

- ชุมชนร่วมกันดูแลทุนธรรมชาติ (ดิน น้ำ ป่า)
- สร้างปัจจัยการผลิต
- ไม่ผลิตเชิงเดี่ยว เปลี่ยนเป็น มีผลผลิตที่หลากหลาย ผสมผสาน พืช ปศุสัตว์ ประมง
- มีตลาดที่คงคุณค่าชุมชน และเพิ่มมูลค่าผลผลิต
- เมื่อกิจกรรมเกษตรทฤษฎีใหม่ “ขั้นพื้นฐาน” พร้อมแล้ว จึงไป “ขั้นก้าวหน้า” โดยเลือกผลผลิตเด่นมาเป็นจุดเน้นในการสร้างรายได้หลัก

ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาของการดำเนินงานวิจัย ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ไร่ทองหทัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

จากแนวทางการพัฒนาจากเกษตรขั้นพื้นฐานไปเกษตรขั้นก้าวหน้าโดยการเกษตรขั้นก้าวหน้านั้นมีภารกิจอย่างหนึ่งที่สำคัญคือ การเกษตรแบบผสมผสาน ที่มีผลผลิตเช่น 1.พืชเงินด่วน 2.พืชแข็งแรง 3.สมุนไพร 4.ปศุสัตว์ 5.นาข้าว ซึ่งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือการที่สิ่งต่างๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่างๆผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในที่นี้ผู้วิจัยขอเรียก อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง นั้นว่า IoT ซึ่งเป็นเครือข่ายของสิ่งที่เป็นตัวตนจับต้องได้ (“things”) ที่มีสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์หรือเซนเซอร์ และซอฟต์แวร์ฝังตัวอยู่ โดยเชื่อมต่อถึงกันเพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าของบริการ โดยแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้ผลิต กับโอเปอร์เรเตอร์และ/หรือกับอุปกรณ์ที่มีสิ่งฝังตัวอยู่ อีกทั้งยังมีการนำเอาเทคโนโลยีในเรื่องต่างๆ เช่น การสื่อสารไร้สาย อินเทอร์เน็ต Micro-electromechanical systems (MEMS) ฯลฯ มาหลอมรวมกันจนเกิดเป็นประดิษฐ์กรรมใหม่ IoT ได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ และมีแนวคิดเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับบริบทต่างๆ ที่หลากหลาย มากขึ้น

ในงานวิจัยก่อนหน้านั้น M. Ayaz [3] และคณะ ได้ทำการเสนอแนวคิด ในการเกษตรสมัยใหม่ในการใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการออกแบบการตรวจวัดค่าความชื้นสภาพอากาศโดยรอบและค่าความชื้นในดิน และการเฝ้าระวังศัตรูพืช และใช้ยานพาหนะไร้คนขับสำหรับการเฝ้าระวังพืชผลและการใช้งานอื่น ๆ G. Sushanth [4] และคณะได้นำเสนอ การทำเกษตรโดยใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นและใช้การควบคุมแบบตั้งเวลาในการควบคุมการจ่ายน้ำในแปลงเกษตรกรรม โดยตั้งโปรแกรมผ่านแอปพลิเคชัน S. R. Prathibha [5] และคณะได้วิจัยโดยการสร้างระบบเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการวัดความชื้นและส่งสัญญาณภาพ ในแปลงเกษตรกรรม หนึ่งฤทัย คูหาศักดิ์ [6] ได้ทำการวิจัยในรูปแบบการจัดการธุรกิจเกษตรอัจฉริยะเพื่อให้ได้กระบวนการจัดการการเกษตรอัจฉริยะที่เหมาะสมรวมทั้งงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งในแนวทางอื่นเช่น เจษฎา ขจรฤทธิ์ [7] ได้นำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลองในการควบคุมกระบวนการส่องสว่างของระบบไฟฟ้า ในเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ โดยใช้การความคุมการทำงานผ่าน เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

งานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการผสมผสานการเกษตรทฤษฎีใหม่เข้ากับเทคโนโลยีในปัจจุบันคือนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการเกษตร โดยการควบคุมระบบการจ่าย น้ำ ไฟ พลังงานต่างๆ ในพื้นที่การเกษตร ควบคุมแหล่งจ่ายพลังงานแบบเคลื่อนที่เพื่อความคล่องตัวในการบริหารจัดการการควบคุมการรายผลงานการทำงานในการเกษตรกรรมเพื่อให้เกษตรกรนั้นสามารถควบคุมระบบการทำงาน ภายใต้เครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น สามารถควบคุมระบบต่างๆผ่านโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการเกษตรทฤษฎีใหม่และให้เป็นนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชน ในการทำการเกษตรอย่างยั่งยืน ตามแนวทาง “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง”

วิธีการวิจัย

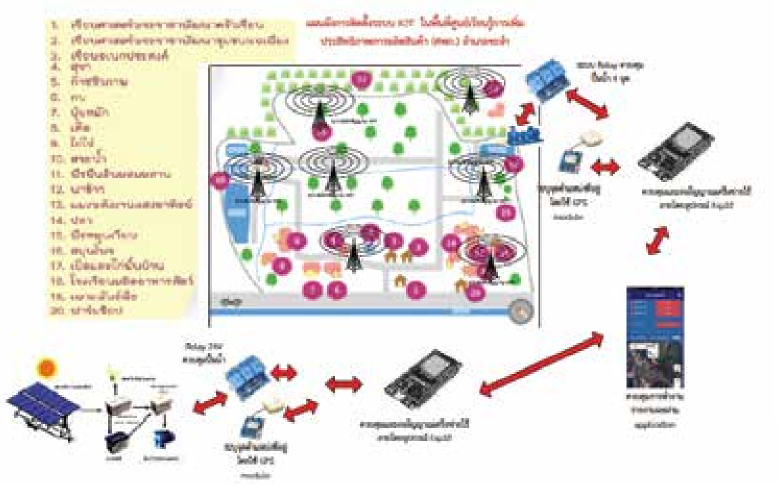
รูปแบบวิธีการวิจัยในงานวิจัยได้วางแผนและดำเนินงานโดยมีวัตุประสงค์และขอบเขตการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างกระบวนการจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

2. เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสู่ครัวเรือนในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี

3. เพื่อพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้วย เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง



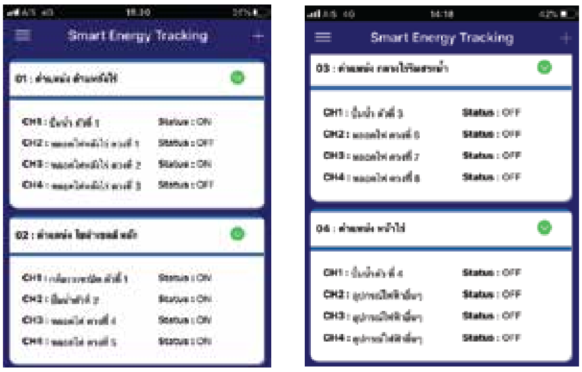
ภาพที่ 2 โครงสร้าง ระบบอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ณ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ไร่ทองหทัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย
การออกแบบระบบแสดงได้ในภาพที่ 1 โดย แบ่งขั้นตอนขอบเขตการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ใช้ศูนย์เรียนรู้เกษตรทฤษฎีใหม่ทองหทัย อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ขนาดพื้นที่ 50 ไร่ เป็นพื้นที่ในการทดลอง
2. สร้างระบบควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังการผลิตไฟฟ้าขนาด 500 1,000 และ 1,500 วัตต์ ระบบควบคุมเปิดปิดน้ำ ระบบควบคุมจ่ายไฟฟ้าแบบโซล่าเซลล์ ระบบควบคุมปิดเปิดไฟฟ้าในพื้นที่ทดลอง ด้วยเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
3. สร้างระบบควบคุมใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทดลอง 3 ชนิด ขนาด 320 วัตต์ คือแบบ Monocrystalline Polycrystalline และ Amorphous
4. สร้างระบบควบคุมใช้ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger Controller) 20 - 40 โวลต์
5. สร้างระบบควบคุมใช้ตัวแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) แบบ Standalone ขาเข้า DC input 20 – 30 โวลต์ และขาออก AC 220 โวลต์ กำลัง 6,000 วัตต์
6. สร้างระบบควบคุมเครื่องปั้มน้ำไฟฟ้าขนาด 350, 750 และ 1,500 วัตต์ หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ พัดลมขนาด 100 วัตต์
7.ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับครัวเรือนเกษตรในอำเภอชะอำเพื่อเป็นต้นแบบระดับประเทศของการทำเกษตรทฤษฎีใหม่ตามศาสตร์พระราชา

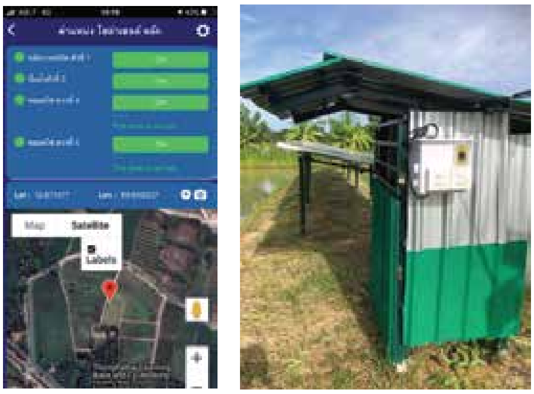
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการผลการวิจัย ทางทีมงานผู้วิจัยได้ดำเนินการ ทดสอบติดตั้งระบบที่ได้ออกแบบ ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง โดยแบ่งลักษณะการควบคุมการทำงานของระบบจ่ายไฟฟ้า แบบโซล่าเซลล์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น หลอดไฟฟ้าในการส่องสว่าง ปั้มจ่ายน้ำในแต่ละจุด ในไร่ทดลอง หน้าหลักของแอพพลิเคชั่นแสดงได้ในภาพที่ 3 และในการทดลองได้ออกแบบตามเงื่อนไข ตามที่ได้ออกแบบ ได้ดังภาพที่ 3 ถึง ภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 3 โครงสร้าง หน้าแรกของแอพพลิเคชั่น
1.กำหนดจุดติดตั้งทั้งหมด 4 ตำแหน่ง เพื่อควบคุมการทำงานแบบเปิดปิดทั่วไป กับแบบตั้งเวลา ดังนี้
- ตำแหน่งที่ 1 ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งท้ายไร่ ในการควบคุมปั้มน้ำ 1 จุด และ หลอดไฟฟ้า จำนวน 3 จุด

ภาพที่ 4 ตำแหน่งควบคุมที่ 1 ตำแหน่งท้ายไร่
- ตำแหน่งที่ 2 ติดตั้งที่ตำแหน่งตรงกลางไร่ เพื่อควบคุม แผงโซล่าเซลล์หลัก
ใช้ในการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าที่ออกมาจากโซล่าเซลล์ 220 โวลต์



ภาพที่ 5 ตำแหน่งควบคุมที่ 2 ตำแหน่งโซล่าเซลล์หลัก
- ตำแหน่งที่ 3 ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่ง ริมสระน้ำ สำหรับ ควบคุมปั้มน้ำ 1 จุด และ หลอดไฟฟ้า จำนวน 2 จุด

ภาพที่ 6 ตำแหน่งควบคุมที่ 3 ตำแหน่ง ริมสระน้ำ กลางไร่
- ตำแหน่งที่ 4 ตำแหน่งเล้าไก่ เพื่อควบคุมหลอดไฟ จำนวน 2 จุด และ อุปกรณ์ไฟฟ้า อื่นๆ จำนวน 2 จุด

ภาพที่ 7 ตำแหน่งควบคุมที่ 4 ตำแหน่ง เล้าไก่ และการบรรยาย
ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

จากภาพ ที่ 3 เป็นหน้าแรกของ แอพพลิเคชั่น ที่แสดงการควบคุม การเปิดปิด การจ่ายไฟฟ้า ของโซล่าเซลล์ โดยมีการควบคุมปิดเปิดแบบธรรมดา และแบบตั้งเวลา แบบ วัน เวลาปิดเปิด และการรายงานตำที่ที่อยู่ของแผงและอุปกรณ์โซล่าเซลล์ ภาพที่ 4 ถึง ภาพที่ 7 แสดงรูปแบบ หน้าแอพพลิเคชั่น และการใช้งานจริง ของกล่องควบคุมการทำงาน โดยการส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สาย ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งท้ายไร่ ตำแหน่งโซล่าเซลล์หลัก ตำแหน่ง ริมสระน้ำ กลางไร่ ตำแหน่ง เล้าไก่ จากผลการเผยแพร่และองค์ความรู้สู่ชุมชน จากแบบประเมินโดยใช้แบบสอบถาม สู่เกษตรกรผู้เข้าอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ จำนวน 30 ท่าน เพศ ชาย 18 เพศหญิง 12 อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 52-55 ปี จากผลประเมินเชิงสถิติใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่าพิสัย (Rating Scale) โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทั้งหมด 21 หัวข้อ หัวข้อที่มีค่ามากที่สุดคือ มีค่าความพึงพอใจต่อการใช้งาน โดยทั่วไป มากที่สุด อยู่ที่ ระดับ 4.45 และ น้อยที่สุด คือ การใช้เทคโนโลยีเครื่องมือสื่อสาร น้อยที่สุด อยู่ที่ 4.02 ระดับค่าความพึงพอใจเฉลี่ยโดยรวมอยู่ 4.58

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัย เรื่องนี้ได้นำเสนอ การพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ ด้วยเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมการทำงานของระบบจ่ายไฟฟ้าแบบโซล่าเซลล์ขนาด 6,000 วัตต์ ในพื้นที่ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ไร่ทองหทัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยระบบที่ได้ออกแบบและนำเสนอนั้นสามารถ เปิด-ปิด การจ่ายไฟฟ้า แบบธรรมดาทั่วไป และ แบบตั้งเวลาการทำงาน รวมถึงระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกเพื่อระบุตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ควบคุมดังกล่าว จากผลการทดสอบและการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีดังกล่าวพร้อมนำไปเผยแพร่ให้องค์ความรู้ต่อเกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย พบว่าระบบนั้นสามารถรองรับการควบคุม และติดตาม การจ่ายระบบไฟฟ้าแบบโซล่าเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง การเผยแพร่องค์ความรู้สู่เกษตรกรมีระดับค่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ 4.58 ซึ่งสามารถรองรับการเกษตรทฤษฎีใหม่ได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ทางทีมผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรีที่สนับสนุนพื้นที่ทดลองงานวิจัยและอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมและเก็บข้อมูล ตลอดจนงานวิจัยดำเนินงานจนเสร็จสิ้นและคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุน และให้โอกาสในการใช้เครื่องมือในการดำเนินงานวิจัยรวมทั้งการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่อไปทีมงานผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะต่อยอดงานวิจัยโดยวัดค่า อุณหภูมิ ความชื้น การเฝ้าระวังแมลงและสัตว์ต่างๆ ที่เข้ามาทำลายพืชผลในพื้นที่ไร่ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] มูลนิธิชัยพัฒนา (2563), เศรษฐกิจพอเพียง สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2563, จาก https://www.chaipat.or.th/

[2] ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563, จาก https://www.ryt9.com/s/prg/2766160

[3] M. Ayaz, M. Ammad-uddin, Z. Sharif, A. Mansour, El-Hadi M. Aggoune ,(2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. IEEE Journals & Magazines. IEEE Access Volume: 7. August 2019. Page 129551 – 129583.

[4] G. Sushanth, S. Sujatha (2018). IOT Based Smart Agriculture System. 2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET). 22-24 March 2018.

[5] S. R. Prathibha , A. Hongal , M. P. Jyothi. (2017). IOT Based Monitoring System in Smart Agriculture. 2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT). 16-17 March 2017.

[6] หนึ่งฤทัย คูหาศักดิ์,, ผศ.ดร.ระพีพร ศรีจำปา, รูปแบบการจัดการธุรกิจเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm Business) ที่เหมาะสมสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจเมล่อนขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs). การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “GRADUATE SCHOOL MINI-CONFERENCE 2018”. 29 มิถุนายน 2561.

[7] เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิ ยนุช ชัยพรแก้ว, หนึ่งฤทัย เอ้งฉ้วน, การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ. JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY VOL 7 . NO.1 JAN – JUN 2017. Page 1 – 11.

การจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า: กรณีศึกษาสำหรับถนนมิตรภาพ
Simulation and Analysis of the Energy Consumption for Electric Vehicles: A Case Study for Mittraphap Road

บรรณญัติ บริบูรณ์ นพรัตน์ ธรรมวงษา ไพบูลย์ บุบผา
เสกศิลป์ มณีศรี และ Jeffrey C. Nash
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จ.อุดรธานี 41000

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแบบจำลองและการวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า กรณีศึกษานี้กำหนดให้รถยนต์ขับเคลื่อนไปและกลับบนถนนมิตรภาพระหว่างจังหวัดหนองคายถึงจังหวัดสระบุรีรวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 509 กิโลเมตร วัฏจักรขับทดสอบที่ใช้สำหรับการจำลองคือ US06 ซึ่งเป็นการขับรถยนต์แบบความเร็วสูง พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหยุดรถยนต์เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่คือความจุถูกใช้งาน (DOD) 100% ข้อมูลของรถยนต์ไฟฟ้าที่นำมาใช้จำลองคือ MG ZS EV ข้อมูลที่ได้จากการจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่ผู้ผลิตระบุระยะทางที่รถยนต์วิ่งได้สูงสุดต่อการอัดประจุเต็มที่หนึ่งครั้ง ผู้ขับรถยนต์สามารถนำข้อมูลของงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์เพื่อการขับเคลื่อนรถยนต์ให้ถึงจุดหมายอย่างปลอดภัยและสามารถควบคุมการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมสำหรับเงื่อนไขการเดินทางของตนเอง

คำสำคัญ: การจำลองรถยนต์ไฟฟ้า พลังงานรถยนต์ไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้า

บทนำ

ปัจจุบันมีหลายประเทศที่ประกาศปีเป้าหมายว่าจะยกเลิกการใช้รถยนต์สันดาปภายในเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ไฟฟ้า 100% แต่สิ่งที่ผู้ใช้รถยนต์ทั่วไปยังคิดว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีข้อจำกัดคือระยะทางที่รถยนต์เดินทางได้สูงสุดต่อการอัดประจุเต็มที่หนึ่งครั้งและสถานีอัดประจุที่ยังมีบริการไม่เพียงพอสำหรับการเดินทางด้วยรถยนต์ไฟฟ้าในระยะทางที่ไกล สำหรับประเทศไทย ค่าใช้จ่ายที่สูงมากเกี่ยวกับการการติดตั้งและบำรุงรักษาเครื่องอัดประจุ เป็นภาระความรับผิดชอบที่เจ้าของรถยนต์ไฟฟ้าต้องรับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว ดังนั้นปัญหาและข้อสงสัยในประเด็นที่ว่า ภายใต้เงื่อนไขสภาพที่แท้จริงของถนนในประเทศไทย รถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคันจะสามารถวิ่งบนถนนได้ไกลที่สุดกี่กิโลเมตร ด้วยความเร็วต่ำสุด-สูงสุดเท่าใด และมีข้อมูลการวิจัยที่น่าเชื่อถือได้ยืนยันให้ผู้ใช้รถยนต์เกิดความมั่นใจได้สักเพียงใด

งานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าในอดีต นำเสนอเงื่อนไขแบบจำลอง และผลการจำองที่หลายหลาย [1] นำเสนอผลการจำลองโดยพิจารณาน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์ ความหนาแน่นของจราจร และความสูญเสียอันเนื่องมาจากความร้อน บทความงานวิจัยของ

[2]นำเสนอแบบจำลองผู้ขับที่มีผลกระทบต่อความเร็วและความเร่งของรถยนต์ในขณะที่[3,8]นำเสนอแบบจำลองและผลการวิเคราะห์พลังงานสำหรับรถบัสไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อความสะดวกสบายและสามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่าย เทคโนโลยีในปัจจุบันโดยส่วนมากจึงเกี่ยวข้องกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [4,5] นำเสนองานวิจัยที่ตรวจวัดเพื่อแสดงผลพลังงานและข้อมูลอื่นๆของรถยนต์ไฟฟ้าบนแพลตฟอร์มดิจิทัลและสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนอัตโนมัติ ข้อสรุปของงานวิจัยที่สอดคล้องกันระบุว่ารูปแบบการขับรถยนต์ของผู้ขับและเส้นทางที่รถยนต์เคลื่อนที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงาน [6,9]ดังนั้นการวิเคราะห์หาพลังงานไฟฟ้าขณะที่รถยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนบนถนนและปริมาณพลังงานที่คงเหลือก่อนหยุดรถยนต์เพื่ออัดประจุจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบบริหารจัดการพลังงานในรถยนต์ไฟฟ้า ที่สามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าตลอดระยะเวลาของการเดินทาง

แบบจำลองพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของรถยนต์ไฟฟ้า

เมื่อรถยนต์ไฟฟ้ามวล M เคลื่อนที่บนถนนซึ่งทำมุม α กับแนวระนาบด้วยความเร็วเท่ากับ v แรงฉุดลาก (F_t) ที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์จะต้องมีค่ามากกว่าผลรวมของแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ซึ่งประกอบไปด้วยแรงต้าน-การหมุน (F_{rr}) แรงต้านอากาศพลศาสตร์ (F_{ad}) แรงต้านการปีน (F_{hc}) แรงที่ใช้เร่งเครื่องรถยนต์แบบเชิงเส้น (F_{la}) และแรงที่ใช้เร่งเครื่องรถยนต์แบบเชิงมุม ($F_{\omega a}$) ดังแผนภาพแรงที่แสดงในภาพที่ 1 แบบจำลองของแรงทั้งหมดมีรายละเอียดดังสมการต่อไปนี้

$$F_{rr} = \mu_{rr} Mg\cos(\alpha), \qquad F_{ad} = \frac{1}{2}\rho C_d A v^2$$

$$F_{hc} = Mg\sin(\alpha), \qquad F_{la} = Ma = M\frac{d}{dt}v = M\frac{d^2}{dt^2}d \qquad (1)$$

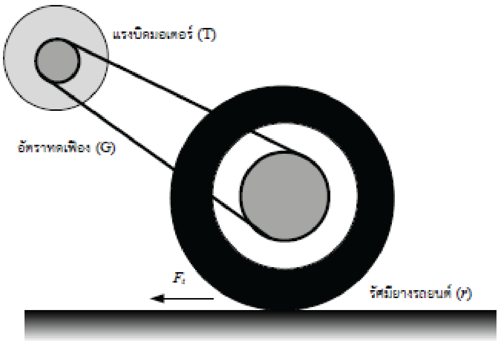
ภาพที่ 1 แผนภาพแรงกระทำกับรถยนต์ขณะเคลื่อนที่บนพื้นถนนซึ่งทำมุม α กับแนวระนาบ

พิจารณาแผนภาพอย่างง่ายของการเชื่อมต่อมอเตอร์และยางรถยนต์ในภาพที่2กำหนดให้มอเตอร์เชื่อมต่อกับล้อรถยนต์ด้วยอัตราทดเฟืองเท่ากับ G สมการคำนวณแรงที่ใช้เร่งเครื่องรถยนต์แบบเชิงมุม ($F_{\omega a}$) คือ

$$F_{\omega a} = \frac{IG^2 a}{\eta_g r^2} \qquad (2)$$

แรงขับเคลื่อนที่ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้คือแรงฉุดลาก (F_t) ต้องมีค่ามากเพียงพอที่จะหักล้างแรงต้านการหมุน แรงต้านอากาศพลศาสตร์ แรงต้านการปีน แรงที่ใช้เร่งเครื่องรถยนต์แบบเชิงเส้น และแรงที่ใช้เร่งเครื่องรถยนต์แบบเชิงมุม ดังนั้นสมการคำนวณ F_t จึงแสดงในสมการที่

$$F_t = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{la} + F_{\omega a} \qquad (3)$$



ภาพที่ 2 แผนภาพอย่างง่ายของการเชื่อมต่อมอเตอร์และยางรถยนต์

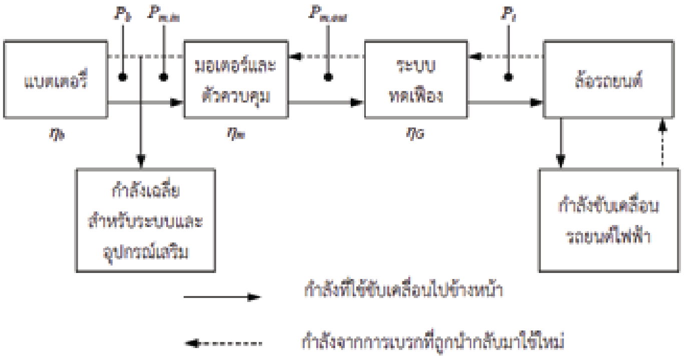
สำหรับการจำลองที่ใช้ค่าขั้นเวลาเท่ากับ Δt เมื่อแทนค่าพจน์อนุพันธ์ระยะทางด้วยผลต่างของความเร็ว จะได้ผลลัพธ์เป็นสมการคำนวณความระยะทาง *d(t)* และความเร่ง *a(t)* ของรถที่เวลา *t* ดังนี้

$$d(t) = v(t-\Delta t) + \frac{1}{2}a(t)t^2, \qquad a(t) = \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} \qquad (4)$$

แบบจำลองการใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า

แผนภาพบล็อกการไหลของกำลังรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เพียงแหล่งเดียว และมีกำลังจากการเบรกถูกนำกลับมาใช้ใหม่แสดงในภาพที่ 3 จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน *(w)* และกำลัง *(P)* ที่ระบุว่า $p = w/t$ สามารถสรุปได้ว่าการพิจารณาในช่วงเวลา 1 วินาที พลังงานและกำลังจะมีค่าเท่ากัน ดังนั้น สมการคำนวณกำลังขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า (P_t) ในทุก 1 *s* ขณะที่รถยนต์วิ่งคือ

$$P_t = F_t v \qquad (5)$$



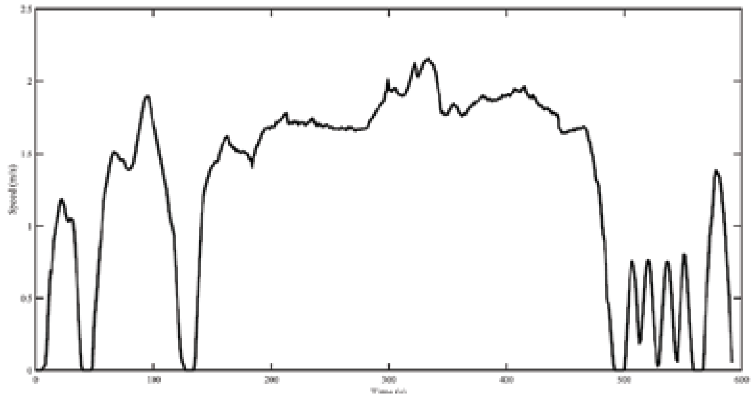
ภาพที่ 3 แผนภาพบล็อกการไหลของกำลังรถยนต์ไฟฟ้าที่มีกำลังจากการเบรกถูกนำกลับมาใช้ใหม่

สมการคำนวณกำลังเอาต์พุตที่มอเตอร์จ่ายให้ระบบทดเฟือง ($P_{m,out}$) กำลังอินพุตของมอเตอร์ ($P_{m,in}$) และกำลังของแบตเตอรี่ (P_b) ในทุก 1 *s* คือ

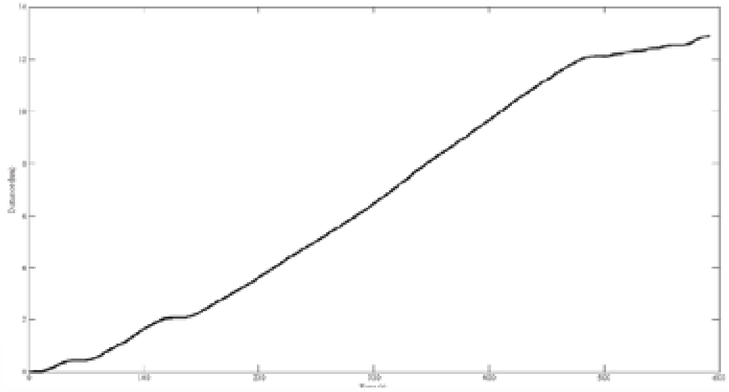
$$P_{m,out} = P_t / \eta_G \,, \quad P_{m,in} = P_{m,out} / \eta_m \,, \quad P_b = P_{m,in} + P_{ac} \tag{6}$$

ผลการจำลองและการอภิปราย

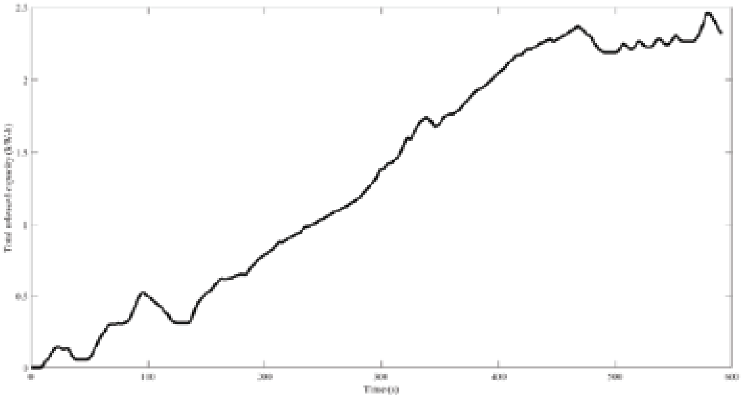
การจำลองกำหนดให้รถยนต์ขับเคลื่อนตลอดเส้นทางถนนมิตรภาพด้วยวัฏจักรขับทดสอบมาตรฐานแบบ US06 ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนรถยนต์ความเร็วสูงบนทางหลวงแผ่นดิน ความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้ สถานะประจุ และความลึกของการปล่อยประจุสัมพันธ์กับเวลาแบบเชิงเส้น รถยนต์ไฟฟ้าที่นำมาใช้จำลองผลคือ MG ZS EV [7] ความยาว 4.314 เมตร กว้าง 1.809 เมตร สูง 1.644 เมตร น้ำหนักยานยนต์รวมยอด 1,966 กิโลกรัม ความจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนคือ 44.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง แรงดันขั้วกระแสตรงของแบตเตอรี่เท่ากับ 400 โวลต์ สัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน (μ_{rr}) ใช้ค่า 0.005 ความหนาแน่นอากาศ (*p*) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสคือ 1.127 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร สัมประสิทธิ์แรงต้าน (C_d) กำหนดค่าเท่ากับ 0.36 มุมเอียงของถนนเท่ากับ 0 องศา กราฟความเร็วเปรียบเทียบกับเวลาแสดงในภาพที่ 4 ระยะเวลาของการจำลองผลทั้งหมดคือ 10 นาที ระยะทางสะสมทั้งหมดที่แสดงในภาพที่ 5 คือ 13 กิโลเมตร ความจุของแบตเตอรี่ที่ถูกใช้แสดงในภาพที่ 6 คือ 14.5 กิโลคูลอมบ์ ความลึกของการปล่อยประจุในภาพที่ 7 คือ 3.75% สถานะประจุที่เหลือเท่ากับ 96.25%



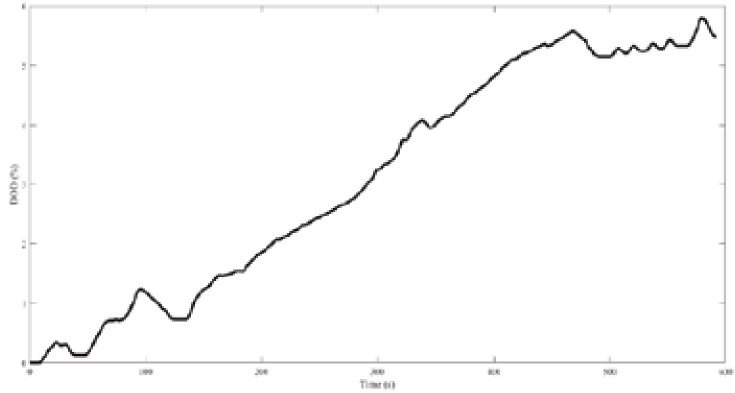
ภาพที่ 4 ความเร็วตามวัฏจักรขับทดสอบความเร็วสูง US06



ภาพที่ 5 ระยะทางสะสมที่รถยนต์ขับเคลื่อนได้ใน 10 นาที



ภาพที่ 6 ความจุของแบตเตอรี่ที่ถูกใช้สำหรับการขับเคลื่อน 10 นาที



ภาพที่ 7 ความลึกของการปล่อยประจุแบตเตอรี่ตลอดระยะเวลาของการขับเคลื่อน 10 นาที

การจำลองสำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้การขับเคลื่อนรถยนต์ไม่มีการหยุดพักระหว่างเส้นทาง ระยะเวลาที่รถยนต์ขับเคลื่อนจากสถานะประจุของแบตเตอรี่ 100% จนลดลงเหลือ 0% คือ 2 ชั่วโมง 19 นาที ระยะทางสะสมสำหรับการใช้พลังงานของแบตเตอรี่จนหมดในหนึ่งวัฏจักรคือ 178 กิโลเมตร เมื่ออ้างอิงกับข้อมูลของผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ระบุไว้ว่า ระยะเวลาอัดประจุแบบเร็วสำหรับการเพิ่มสถานะประจุแบตเตอรี่จาก 0 – 80% คือ 30 นาทีโดยประมาณ ดังนั้นรวมระยะเวลาการขับเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นของถนนมิตรภาพที่จังหวัดหนองคายถึงเวลาที่อัดประจุครั้งที่ 1 เท่ากับ 2 ชั่วโมง 31 นาที เวลาที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าบนถนนมิตรภาพด้วยระยะทางรวม 509 กิโลเมตร โดยไม่มีการหยุดพักยกเว้นการอัดประจุรวมทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง ความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของถนนมิตรภาพสำหรับการเดินทางเพียงเที่ยวเดียวคือ 79 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากการจำลอง และข้อมูลของ MG ZS EV ที่ระบุระยะทางสูงสุดต่อการอัดประจุหนึ่งครั้งของการขับเคลื่อนด้วยวัฏจักรขับทดสอบแบบ NEDC เท่ากับ 337 กิโลเมตรพบว่ามีค่าแตกต่างกัน 159 กิโลเมตร

สรุปผลการจำลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอการจำลองเพื่อวิเคราะห์หาการใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนตลอดเส้นทางถนนมิตรภาพ ผลการจำลองสามารถระบุปริมาณของพลังงานที่ถูกใช้ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดหมายสำหรับการเดินทางเพียงเที่ยวเดียว แบบจำลองและขั้นตอนวิธีของงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าที่มีการใช้งานในประเทศไทย ซึ่งเป็นเงื่อนไขของสภาพถนน จราจร และอุณหภูมิที่มาจากต่างประเทศ ดังนั้นวัฏจักรขับทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้อาจไม่เหมาะที่สุดสำหรับการทดสอบสมรรถนะและการใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย งานวิจัยที่คาดว่าจะทำในอนาคตคือการจำลองจากวัฏจักรขับทดสอบที่แท้จริงของประเทศไทยรวมไปถึงผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่และการแปลงผันพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของมอเตอร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

[1] Abousleiman, R., and Rawashdeh, O. (2015). Energy consumption model of an electric vehicle. Paper presented at 2015 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC).

[2] Asthenopoulos, V., Kosmides, P., Adamopoulou, E., and Demestichas, K. (2014). Intelligent energy consumption estimation for electric vehicles: Business processes and services. Paper presented at 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE).

[3] Boribun, B., Paolaor, P., and Kulworawanichpong, T. (2013). Impact of electric bus charging in power distribution systems. Paper presented at 2013 World Congress on Advances in Nano, Biomechanics, Robotics, and Energy Research (ANBRE13).

[4] Brandstetter, P., Vanek, J., and Verner, T. (2014). Electric vehicle energy consumption monitoring. Paper presented at 2014 International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE).

[5] Jiménez, D., Hernández, S., Fraile-Ardanuy, J., Serrano, J., Fernández, R., and Álvarez, F. (2018). Modelling the effect of driving events on electrical vehicle energy consumption using inertial sensors in smartphones. Energies. 11(2), 412.

[6] Kubaisi, R., Gauterin, F., and Giessler, M. (2014). A method to analyze driver influence on the energy consumption and power needs of electric vehicles. Paper presented at 2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC).

[7] MG Sales (Thailand) Co. Ltd. (2019). NEW MG ZS EV. from https://www.mgcars.com/th/mg-models/new-mg-zs-ev/overview

[8] Pao-la-or, P., and Boribun, B. (2019). Modeling and analysis of the plug-in electric vehicles charging in the unbalanced radial distribution system. International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications. 8(3), 6.

[9] Wang, J., Besselink, I., and Nijmeijer, H. (2015). Electric vehicle energy consumption modelling and prediction based on road information. World Electric Vehicle Journal. 7(3), 447-458.

การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานแบบออนไลน์ราคาถูกสำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านผ่านเครือข่ายไร้สาย
Development of Low-Cost Online Monitoring System for Home Energy Management Systems through Wi-Fi Network

นรากรณ์ ส่งกิตติโรจน์[1] วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1] กอบศักดิ์ ศรีประภา[2] และหทัยทิพย์ สินธุยา[1]*
[1]สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180
[2]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 12120

บทคัดย่อ

ในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า (Home energy management systems : HEMS) อย่างมีประสิทธิภาพ นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจำนวณมากเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาบอร์ดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่สามารถอ่านข้อมูลไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าราคาถูกโดยได้เลือกใช้ AC Digital Power Energy Meter Module รุ่น PZEM-004T ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า จากนั้นใช้ Microcontroller ชนิด ESP-8266 นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลพร้อมกับส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าไปยังระบบฐานข้อมูลออนไลน์ผ่านสัญญาณไร้สาย Wi-Fi Network ด้วย Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) Protocol ซึ่งในการพัฒนาระบบดังกล่าวสามารถช่วยการต่อยอดงานวิจัยด้านการนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดพลังงานไฟฟ้าราคาถูก
Home Energy Management System : HEMS

บทนำ

ระบบตรวจวัดและติดตามผลเป็นส่วนสำคัญของระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home energy management systems) เนื่องจากข้อมูลการใช้ฟ้ามีสิ่งสำคัญที่ทำให้ระบบจัดการพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพแต่การที่จะสามารถติดตามพลังงานภายในครัวเรือนแบบเรียลไทม์ให้ได้นั้นจำเป็นต้องติดตั้งอุปกร์ตรวจวัดให้ได้ครบทุกจุดภายในบ้าน ทำให้ความน่าสนใจในการนำ HEMS ไปใช้งานลดน้อยลงเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงมากเกินไป และการคุ้มทุน ดังนั้นการพัฒนาระบบติดตามที่มีราคาถูกจะช่วยให้ผู้ใช้ทั่วไปเข้าถึงระบบ HEMS ได้ง่ายมากขึ้น [1-3] ในบทความนี้จึงได้เสนอแนวคิดการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานโดยใช้อุปกรณ์ต้นทุนต่ำ โดยอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาจะสามารถส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าไปเก็บยังฐานข้อมูลออนไลน์และยังสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้ในการพัฒนาระบบตรวจวัด

นี้จะเลือกใช้ESP-8266ที่เป็นMCUติดต่อสื่อสารกับWiFi-Networkโดยทำการอ่านข้อมูลของโมดูลตรวจวัดไฟฟ้าแล้วทำการส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังระบบ Internet ผ่าน MQTT Protocol และ Cloud Server บันทึกผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูลอัตโนมัติ

ในการพัฒนาระบบติดตามออนไลน์โดยใช้โมดูลตรวจวัดไฟฟ้าราคาถูกจะสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบติดตามลดลงแต่ยังคงประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบติดตามมาตรฐาน การพัฒนานี้ยังส่งเสริมให้การนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์พฤติกรรมการไฟฟ้าด้วยปัญญาประดิษฐ์(AI)ได้ง่ายมากขึ้นทำให้เกิดการควบคุมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การศึกษาระบบติดตามต้นทุนต่ำยังเป็นจุดเริ่มต้นที่จะทำให้เกิดการต่อยอดนวัตกรรมด้าน IOT สำหรับระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเพื่อให้มนุษย์สามารถใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่า

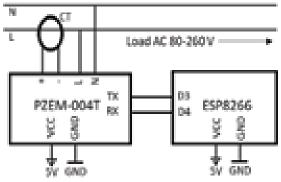
วิธีการวิจัย

การออกแบบระบบ Hardware

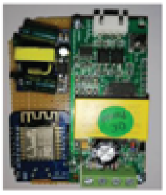
การพัฒนาระบบติดตามพลังงานต้นทุนต่ำจะเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายทั่วไปเข้ามาพัฒนาแล้วเพิ่มความสามารถให้มีความฉลาด ง่ายต่อการใช้งาน หรือสามารถนำไปต่อยอดพัฒนาได้อย่างง่ายดาย ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ AC Digital Power Energy Meter Module ราคาถูกรุ่น PZEM-004T ที่สามารถตรวจวัด ความต่างศักย์ (Voltage) กระแสไฟฟ้า (Current) พลังงานไฟฟ้าจริง (Active power) และค่าอื่น ๆ ดังตารางที่ 1 โดยใช้ Current Transformer (CT) และ Voltage sensor ที่อยู่ด้านในโมดูล คำนวณข้อมูลไฟฟ้าที่ได้แล้วแปลงข้อมูลเป็นตัวเลขดิจิตอลพร้อมกับส่งข้อมูลออกผ่าน UART (Serial port) [4-6] ในขั้นตอนนี้เราสามารถนำเอา ESP-8266 เข้ามาอ่านข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังระบบ Cloud โดย ESP-8266 นั้นเป็น Micro controller (MCU) ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถติดต่อสื่อสารกับระบบ WiFi-Network รองรับการใช้งานได้หลากหลายรูปแบบทั้ง Client, Access Point และ Client+AP ทั้งนี้ ESP-8266 ยังมีขนาดเล็ก ราคาถูก ใช้พลังงานต่ำเพียง 1.0mW [7-9] ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อดีดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้กับการส่งข้อมูลไปยังระบบอินเตอร์เน็ตโดยมีรายละเอียดการเชื่อมต่อวงจรดังภาพที่ 1 จากวงจร PZEM จะมีช่อง Input สำหรับอ่านค่าข้อมูลการใช้ไฟโดยแบ่งออกเป็น 2 Port คือ 1) ช่องสำหรับต่อสาย Hot Line, Neutral เข้ากับโมดูลโดยตรง และ 2) ช่องต่อสาย VCC GND ของ CT จะต้องคล้องกับสาย Hot Line ที่ต่อไปยังโหลด ส่วนช่อง Out put ที่ส่งข้อมูลออกเป็นตัวเลขดิจิตอลจะเชื่อมต่อกับขา D3 และ D4 ของ ESP8266

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของ PZEM-004T

Function	Measuring range	Resolution	Accuracy
Voltage	80~260V	0.1V	0.5%
Current	0~10A or 0~100A*	0.01A or 0.02A*	0.5%
Active power	0~2.3kW or 0~23kW*	0.1W	0.5%
Active energy	0~9999.99kWh	1Wh	0.5%
Frequency	45~65Hz	0.1Hz	0.5%
Power factor	0.00~1.00	0.01	1%



ภาพที่ 1 แผนภาพวงจรไฟฟ้า

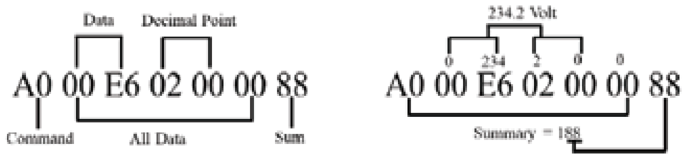


ภาพที่ 2 วงจรไฟฟ้าระบบติดตาม

ภาพที่ 3 ชุดตรวจวัดการใช้ไฟฟ้า

การอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์

การอ่านข้อมูลจากโมดูล PZEM-004T จะสามารถอ่านข้อมูลได้ผ่านสาย RS-232 โดย PZEM-004T นั้นจะส่งข้อมูลการตรวจวัดค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ร้องขอออกโดยส่งออกเป็นเลขฐาน 16 ผ่านโปรโตคอล Serial communication ซึ่งเป็นโปรโตคอลอะซิงโครนัสชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย การอ่านข้อมูล PZEM-004T มีรูปแบบการอ่านข้อมูลแบบร้องขอตอบรับ หมายถึงผู้ใช้จำเป็นต้องส่งข้อมูลคำสั่งไปบอกโมดูลก่อนและเมื่อโมดูลได้รับข้อความดังกล่าวจะเริ่มการตรวจสอบข้อความว่ามีความถูกต้องหรือไม่ ท่าหากข้อความมีความสมบูรณ์ถูกต้องโมดูลจะส่งข้อมูลที่ร้องขอกลับไปให้ผู้ใช้ข้อมูลคำสั่งที่สื่อสารระหว่างกันจะมีรูปแบบเป็นเลขฐาน 16 จำนวณ 7 ตำแหน่ง โดยในตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งที่บ่งบอกว่าข้อมูลชุดดังกล่าวเป็นข้อมูลชนิดใด ข้อมูลตำแหน่ง 2 ถึง 6 จะเป็นตำแหน่งสำหรับแสดงผลข้อมูลและตำแหน่งสุดท้ายเป็นตำแหน่งที่นำอาข้อมูลทั้งหมดมาหาผลรวมเพื่อเช็คว่าข้อความทั้งหมดมีความถูกต้องหรือไม่เพื่อลดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง โดยสามารถดูตัวอย่างการส่งข้อมูลได้ดังตารางที่ 2 จากตารางแสดงตัวอย่างการร้องขอตอบรับในตัวแปรที่สำคัญเช่น การต้องการอ่านค่า Voltage โดยส่งคำสั่ง B0 C0 A8 01 01 00 1A ไปยังโมดูล และได้รับข้อความตอบกลับมาว่า A0 00 E6 02 00 00 88 ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องแปลงข้อมูลกลับเป็นเลขฐาน 10 ให้ตรงตำแหน่งแล้วนำข้อมูลที่ได้มาบวกกันดังภาพที่ 4 จากภาพจะนำตัวเลขตำแหน่งที่ 2 และ 3 มาบวกกันจะได้ 234 แล้วนำไปบวกตำแหน่งที่เป็นทศนิยมจะได้คำตอบคือ 234.2V หลักจากที่ได้คำตอบแล้วจะนำข้อมูลทั้งหมดมาหาผลรวมเพื่อตรวจสอบว่าข้อความที่ได้รับมานั้นมีความถูกต้องหรือไม่โดยนำเลขฐาน 16 ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึง 6 มาบวกกันผลลัพธ์ที่ได้คือ 188 ปรับให้เป็น 2 ตำแหน่งจะได้ 88 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งสุดท้ายจากภาพจะเห็นได้ว่าตัวเลขมีการตรงกันทำให้สรุปได้ว่าข้อความที่ได้รับนั้นถูกต้อง

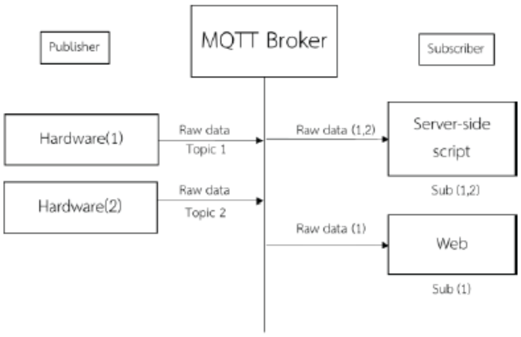


ภาพที่ 4 รูปแบบในการตอบสนองของข้อมูล

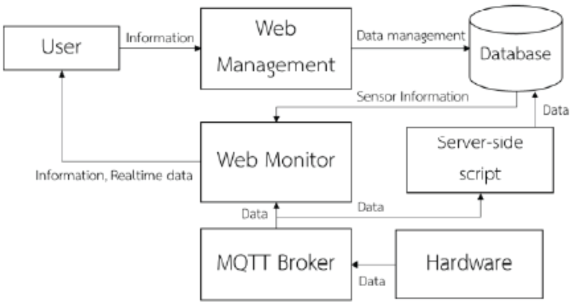
No	Function	Data1- Data7	
		Req	Resp
1	Voltage	B0 C0 A8 01 01 00 1A	A0 00 E6 02 00 00 88
2	Current	B1 C0 A8 01 01 00 1B	A1 00 11 20 00 00 D2
3	Active power	B2 C0 A8 01 01 00 1C	A2 08 98 00 00 00 42
4	Power consumption	B3 C0 A8 01 01 00 1D	A3 01 86 9F 00 00 C9

การส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

การส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตเป็นหัวใจหลักของระบบติดตาม ในงานวิจัยนี้ได้เลือก MQTT Protocol สำหรับการสื่อสารกันระหว่างกันซึ่ง MQTT เป็นโปรโทคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบ Machine to Machine (M2M) จึงทำให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการส่งข้อมูลซ้ำตลอดเวลา หลักการทำงานของ MQTT นั้นจะทำงานอยู่บน Server โดยมีชุดโปรแกรมที่เรียกว่า Broker คอยจัดการรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายเปรียบเสมือนท่อส่งข้อมูลในการรับส่ง Message ระหว่าง Client ที่เป็นได้ทั้ง Publisher และ Subscriber ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 รูปแบบการส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol



ภาพที่ 6 หลักการทำงานของระบบติดตาม

จากภาพแสดงตัวอย่างที่ Hardware ทำหน้าที่เป็น Publisher ส่งข้อมูลของตนเองที่ระบุ Topic ไปยัง Broker ซึ่ง Broker ก็จะกระจายข้อความนั้นไปยัง Subscriber ที่ต้องการข้อมูลใน Topic นั้น ๆ [10-17] แต่ MQTT Protocol นั้นเป็นเพียงแค่ระบบสื่อสารกลางในการส่งข้อมูลในระบบเท่านั้น ในระบบติดตามยังต้องอาศัยการทำงานที่พึ่งพากันหลากหลายส่วนโดยมีรายละเอียดดังภาพที่6จากภาพHardware จะส่งข้อมูลไปยัง MQTT Broker แล้ว Broker จะกระจายข้อมูลไปยังส่วนต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การส่งข้อมูลไปยัง Web Monitor ที่ผู้ใช้งานได้ทำการลงทะเบียนไว้ โดย Web Monitor จะดึงข้อมูล Topic จากฐานข้อมูลมา Subscribe ทำให้ Broker ส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง และ 2) การส่งข้อมูลไปยังServer-sidescriptที่มีหน้าที่รับข้อมูลแล้วนำข้อมูลดังกล่าวไปบันทึกผลลงฐานข้อมูลอัตโนมัติจากการออกแบบขั้นตอนการทำงานทั้งหมดจะทำให้Webapplicationสามารถแสดงผลข้อมูลไปยังผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานแบบออนไลน์ราคาถูกสำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านผ่านเครือข่ายไร้สาย ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันทั้ง Hardware และ Online software เพื่อทำให้การติดตามพลังงานมีความรวดเร็วสามารถแสดงผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ผลการทดสอบเพื่อประสิทธิภาพจึงสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ความเที่ยงตรงของระบบเซ็นเซอร์ และ 2) ผลการออกแบบพัฒนาระบบ Online monitor โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

ผลการทดลองความถูกต้อง

การทดลองหาความเที่ยงตรงของโมดูลตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้ทราบว่าโมดูลตรวจวัดไฟฟ้าจะสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่ มีค่าความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยวิธีการทดลองจะใช้โมดูลตรวจวัดไฟฟ้า และพาวเวอร์มิเตอร์มาตรฐานรุ่น UNI-T UT204A เชื่อมต่อไปยังโหลดการใช้ไฟฟ้าพร้อมกับตรวจวัดว่ามีกระแสและแรงดันไฟฟ้าแล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันผลจากการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่3และ5จากตารางการทดลองทั้งกระแสและแรงดันไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดน้อยมากโดยค่าผิดพลาดของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่7.3%และค่าผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้า0.74% จากตัวเลขดังกล่าวจึงยืนยันได้ว่าโมดูลตรวจวัดไฟฟ้าสามารถนำไปใช้งานได้จริงมีค่าความถูกต้องที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 3. การทดลองเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า

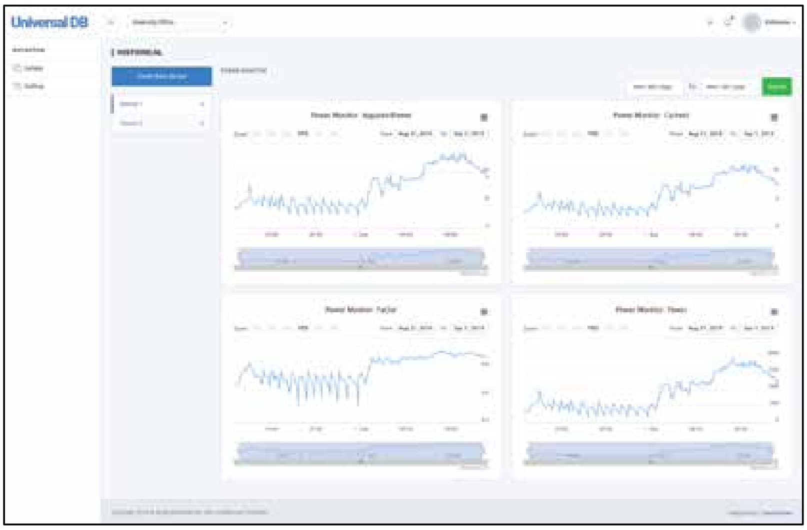
Time	Develop device (A)	UNIT-T (A)	Difference (A)
1	3.27	3.51	0.24
2	3.31	3.54	0.23
3	3.29	3.52	0.23
4	3.26	3.49	0.23
5	3.25	3.48	0.23
6	3.22	3.47	0.25
7	3.28	3.52	0.24
8	2.98	3.26	0.28
9	2.96	3.25	0.29
10	2.97	3.26	0.29

ตารางที่ 4 การทดลองเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

Time	PZEM (V)	UNIT-T (V)	Difference (V)
1	238	239.3	1.3
2	237	239.5	2.5
3	237	239.6	2.6
4	238	239.5	1.5
5	238	239.4	1.4
6	238	239.5	1.5
7	238	239.5	1.5
8	238	239.5	1.5
9	238	239.4	1.4
10	237	239.5	2.5

ผลการออกแบบพัฒนาเว็บ

การออกแบบพัฒนาเว็บโดยการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงผลในรูปแบบกราฟสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องโดยหลักการการทำงานระบบจะใช้ชุดโปรแกรมในภาษา PHP ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบ JSON Format แล้วนำข้อมูลเข้าไปในฟังก์ชันของ Highcharts ซึ่ง Highcharts เป็น Tool ในภาพ Javascript ที่สามารถแสดงผลข้อมูลที่ได้รับเป็นรูปแบบกราฟตามที่ผู้ใช้กำหนด [18] โดยระบบสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 7-8



ภาพที่ 7 ระบบแสดงผลข้อมูลย้อนหลัง

ภาพที่ 8 ระบบแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบพัฒนาระบบติดตามการใช้พลังงานแบบออนไลน์ราคาถูกสำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถช่วยให้การมอนิเตอร์พลังงานใน HEMS เป็นไปได้ง่ายมากขึ้น โดยจะสามารถแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่มีความเที่ยงตรงสูงโดยมีค่าความผิดพลาดในการอ่านกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3% และค่าความผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.74% ส่วนการนำ ESP8266 ที่เป็น MCU ราคาถูกมาประยุกต์ใช้งาน ทำให้สามารถส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่านสัญญาณ WIFIได้ดีสามารถลดต้นทุนในการทำระบบออนไลน์มอนิเตอร์ลงได้จากผลในงานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าการออกแบบพัฒนาระบบมอนิเตอร์การใช้ไฟฟ้าแบบออนไลน์ต้นทุนต่ำมีประสิทธิภาพที่สูงเมื่อเทียบกับต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก NICOP Grant, Office of Naval Research, USA และการสนับสนุนจากวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ช่วยสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์สำหรับทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Han, D. and J. Lim. (2010). Smart home energy management system using IEEE 802.15.4 and zigbee. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 56(3): p. 1403-1410.
[2] Han, D.-M. and J.-H. Lim.(2010). Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee. IEEE Transactions on Consumer Electronics. 56(3): p. 1417-1425.
[3] Zhou, B., Li, W., Chan, K. W., Cao, Y., Kuang, Y., Liu, X., and Wang, X. (2016). Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 61: p. 30-40.
[4] Nguyen, T. D., Do, T. D., Le, M. H., Le, N. T., and Benjapolakul, W. (2019). Appliance Classification Method Based On K-Nearest Neighbors for Home Energy Management System. 2019 First International Symposium on Instrumentation, Control, Artificial Intelligence, and Robotics (ICA-SYMP). IEEE.
[5] Nguyen, T. D., Tran, V. K., Nguyen, T. D., Le, N. T., and Le, M. H. (2018). IoT-Based Smart Plug-In Device for Home Energy Management System. 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD).
[6] Wasoontarajaroen, S., K. Pawasan, and V. Chamnanphrai. (2017). Development of an IoT device for monitoring electrical energy consumption. 2017 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE). IEEE.
[7] Thaker, T. (2016). ESP8266 based implementation of wireless sensor network with Linux based web-server. 2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN).
[8] Kodali, R.K. and S. Soratkal. (2016). MQTT based home automation system using ESP8266. 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC). IEEE.
[9] Škraba, A., Koložvari, A., Kofjač, D., Stojanović, R., Stanovov, V., and Semenkin, E. (2017). Prototype of group heart rate monitoring with NODEMCU ESP8266. 2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO).
[10] Lee, S., Kim, H., Hong, D. K., and Ju, H. (2013). Correlation analysis of MQTT loss and delay according to QoS level. The International Conference on Information Networking 2013 (ICOIN).
[11] Manohar, H. L., and Asir, T. R. G. (2018). Data consumption pattern of MQTT protocol for IoT applications. Smart Secure Systems – IoT and Analytics Perspective. Singapore: Springer.
[12] Matabuena, D., Bellido-Outeirino, F. J., Moreno-Munoz, A., Gil-de-Castro, A., and Flores-Arias, J. M. (2018). Educational platform for communications using the MQTT protocol. XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE).
[13] Upadhyay, Y., A. Borole, and D. Dileepan. (2016). MQTT based secured home automation system. Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN).
[14] Hunkeler, U., H.L. Truong, and A. Stanford-Clark.(2008). MQTT-S — A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE '08).
[15] Thangavel, D., Ma, X., Valera, A., Tan, H. X., and Tan, C. K. Y. (2014). Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware. 2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP).
[16] Songkittirote, N., W. Setthapun, and H. Sintuya. (2018). Smart Plug Control System Development with MySQL Database and MQTT Protocol. 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C).
[17] Kashyap, M., V. Sharma, and N. Gupta. (2018). Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things. Procedia Computer Science, 2018. 132: p. 1611-1618.
[18] Hua, E. C. C., Nen, V. Y., Tee, F. S., and Ann, O. C. (2018). Pigeon-Chart: A Customized HTML Element for Data Visualization in Data-Driven Web Application Using AngularJS, HighCharts, UnderscoreJS and PHP. 2018 IEEE 3rd International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS).

Conceptual Study of Community Peer to Peer Energy Trading in City of Korat

Ashok Paudel[1] Boonruang Marungsri[1]
[1]School of Electrical Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology, Thailand

Abstract

The Peer to peer (P2P) energy trading is considered as the future of the distribution system. Thailand is planning to utilize more and more renewable resources enhancing the decentralized trading approach. In this scenario, this paper presents a ground-level picture of implementing some of the existing P2P pricing methods in the local scheme of load profile of some commercial class consumers located in Korat city. Participatory, single-stage P2P and multistage P2P trading method is compared with the direct bidirectional trading mechanism. It is found that multi-level transaction is more profitable to prosumer as they can get a maximum saving in this trading model. Similarly, it is evident that profitability is subject to energy availability and scarcity within the trading market.

Keywords: Prosumer, Peer to peer energy trading, participatory method, multilevel transactions

Introduction

Various pricing mechanisms were developed considering diverse variables to maximize the profit to the prosumer. All methods loosely classified into two major classes, auction-based trading and non-auction based trading. Auction based transaction is more common in blockchain technology-based p2p trading platform and non-auction methods are popular in the community-based platform; however, it may not be true for all traders. Game-theoretic auction method and double-sided auction algorithm are two prominent auction algorithms used in p2p platforms [1], [2]. P2P platform can be utilized by either utility to maximize the profit in a multi microgrid system without affecting local operators [3] or to maximize the prosumer profit [4]. Prosumer having storage facilities will get more benefits than other peers [5]. Safe operation of the network can be guaranteed by imposing an extra tariff in a particular section or branch of the network which will ensure the fair distribution of local resources.

Foundation of non-auction based transactions is basic supply-demand economics. These methods apply the law of supply-demand with a few predefined sets of logic to generate electricity prices. Community p2p scheme utilizes the existing distribution network infrastructure and also requires fewer numbers of communication channels so it is relatively easy to set up and operate. However, a well-defined standard, government policy and prosumer willingness is the key factor of success of any p2p trading market. Thailand is

currently heavily dependent on nonrenewable energy resources and is keen to move towards green energy. They are encouraging their people to generate solar energy on their premises and either utilize it or sell it back to the utility company. Solar rooftop programs may help the government to achieve its goal. On the other hand, it opens a window for the community or startup companies and researchers to establish the p2p trading market.

This paper presents an economic overview of establishing a community p2p market in Nakhon Ratchasima province of Thailand. The actual load curve of commercial consumers and solar generation profiles obtained from provincial electricity authority (PEA) are considered for the simulation work. However, solar generation is normalized according to the load demand of the prosumer. It is assumed that peak solar generation is equal to the peak load of that particular prosumer. The participatory method [6] and the multilevel transaction method [7] is used to calculate the price.

Participatory and multilevel transactions are two common pricing methods used in the community p2p market because of its simplicity and requirement of fewer infrastructures. The participatory method primarily aims to ensure community welfare by utilizing local resources within themselves. On the contrary multilevel transaction is more profit-oriented method.

Methodology

Participatory Method (PM)

The participatory method is one of the simplest P2P trading platforms. It can be either a microgrid level or a nanogrid level transaction. The whole community appears as a single prosumer to the utility whereas individual prosumer in the community is billed according to their energy consumption. Since all individuals take part in the program to share their resources for community benefit rather than individual, it is referred to as the participatory method.

Let consider *n* households in the community equipped with solar PV facility. The Instantaneous demand of the entity at time t is D_t, and generation is G_t. Then, the daily demand of individual member is

$$D_i = [D_i^1, D_i^2, D_i^3, \dots D_i^T] \quad i \in [1,2,3\dots n] \tag{1}$$

Where D_i =demand of prosumer *i*

T = total period, 24 for one day

Similarly, the hourly generation of a prosumer is

$$G_i = [G_i^1, G_i^2, G_i^3, \dots G_i^T] \quad i \in [1,2,3\dots n] \tag{2}$$

The simultaneous mismatch power between supply and demand of a prosumer at time *t* is epresented by $M_i(t)$ as given in equation (3).

$$M_i(t) = \min(D_i(t), G_i(t)) \tag{3}$$

Now, the amount of power to be imported by a prosumer because of the generation deficit is epresented by $P_{i,\ Buy}$ as given in (4)

$$P_{i,Buy} = D_i(t) - M_i(t) \quad (4)$$

The excess generation should be exported to the grid, which is given by equation (5).

$$P_{i,Sold} = G_i(t) - M_i(t) \quad (5)$$

The combined energy that a community brought from the grid and sold to the grid is represented by $E_{buy,\ total,}$ and $E_{Sold,\ total}$ as given in equation (6).

$$E_{Buy,total} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=}^{24} P_{DIF}(t)$$
$$E_{Sold,total} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=}^{24} P_{SUR}(t) \quad (6)$$

The buying and selling price of electricity issued by the utility company is represented by C_{GBR} , C_{GSR} respectively. The electricity cost of an individual prosumer in the case of direct grid trading is given by equation (7).

$$C_i^{DG} = (\sum_{t=1}^{24} P_{i,Buy}(t) \cdot \Delta t) \cdot C_{GBR} - (\sum_{t=1}^{24} P_{i,Sold}(t) \cdot \Delta t) \cdot C_{GSR} \quad (7)$$

Now, as the sharing is considered within microgrid instantaneous power balance should be calculated in a whole community rather than on an individual basis. This is the representation of the self-consumption of their generation (they share PV generation). It is calculated as,

$$M_i(t) = \min(\sum_{i=1}^{n} D_i(t), \sum_{i=1}^{n} G_i(t)) \quad (8)$$

Now, the combined power to be brought from the grid (after sharing), represented by $P_{GB}(t)$ and total community sell denoted as $P_{GS}(t)$ is calculated as follows,

$$P_{GB}(t) = \sum_{i=1}^{n} D_i(t) - M_i(t) \quad (9)$$

$$P_{GS}(t) = \sum_{i=1}^{n} G_i(t) - M_i(t) \quad (10)$$

In terms of energy

$$E_{GB} = \sum_{t=1}^{24} P_{GB}(t) \cdot \Delta t \quad (11)$$

$$E_{GS} = \sum_{t=1}^{24} P_{GB}(t) \cdot \Delta t \quad (12)$$

In the P2P scenario, members of the community share their generation among themselves, the sum of individual imported and exported energy will always remain higher than the community energy import and export.

Now, the community energy manager will calculate buying and selling rates of electricity. Let say C_{MGBR} be buying price and C_{MGSR} be selling rate

$$C_{MGBR} = C_{GBR} \frac{E_{GB}}{B_{Buy,total}} \quad (13)$$

$$C_{MGSR} = C_{GSR} \frac{E_{GS}}{B_{Sold,total}} \quad (14)$$

At last, the new energy coast of a prosumer based on the modified rate or P2P rate is given by

$$C_i = (\sum_{t=1}^{24} P_{i,Buy}(t) \cdot \Delta t) \cdot C_{MGBR} - (\sum_{t=1}^{24} P_{i,Sold}(t) \cdot \Delta t) \cdot C_{MGSR} \quad (15)$$

Multilevel Trading

In this method, a two-level power transaction market is considered, as shown in figure 1. The lower controller sends the information about available and required power to the higher-level controller on the other hand topmost controller calculates the energy price and send that information to lower controllers to define their energy rate within their respective area. Pricing depends upon the supply-demand economics. Supply to demand ratio (SDR) is considered as the deciding factor to determine the energy rate.

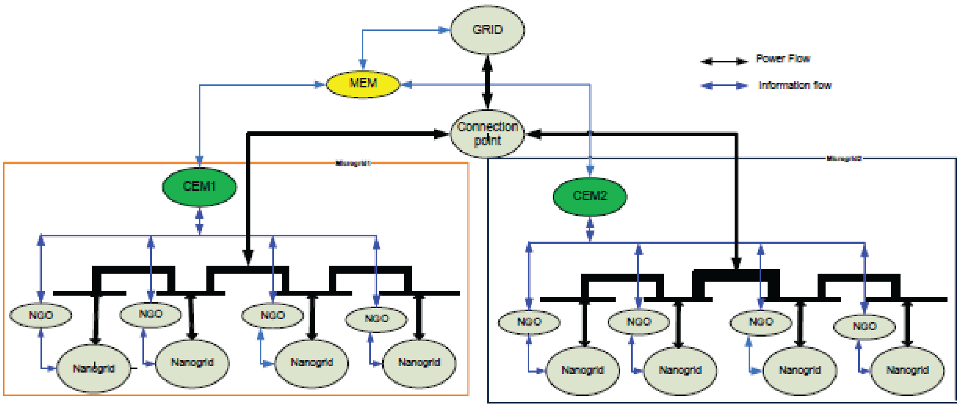


Figure 1 Block diagram of multi-level transaction.

$$NP_i^t = D_i^t - G_i^t \qquad (16)$$

Each NGO sends the information to higher-level controller, community energy manager (CEM) in this case. CEM determines the total power excess (TPE) and total power deficit (TPD) as given below,

$$TPE^t = -\sum_{i=1}^{n} NP_i^t \quad NP_i^t < 0 \qquad (17)$$

$$TPD^t = \sum_{i=1}^{n} NP_i^t \quad NP_i^t > 0 \qquad (18)$$

Due to the presence of another controller in the system CEM again sends the information of residual demand or excess to the topmost controller, microgrid energy manager (MEM).

To avoid confusion, let say it as a power mismatch (PM).

$$PM^t = TPD^t - TPE^t \qquad (19)$$

Finally, MEM, the topmost controller through which grid interaction is possible, receives information from CET. MEM then calculates total excess power to be sold and power to be borrowed from the grid. TPE and TPD at a time t is now given by;

$$TPE^t = -\sum_{j=1}^{m} NP_j^t \qquad (20)$$

$$TPD^t = \sum_{j=1}^{m} NP_j^t \qquad (21)$$

Now the SDR of whole the system for a time t is calculated as,

$$SDR^t = \frac{TPE^t}{TPD^t} \qquad (22)$$

α_{buy} and α_{sell} are the rates of grid buying and grid selling price specified by the grid operator, respectively. Internal energy rate defined by MEM can be represented as,

$$\beta = \{\beta^1{}_{Buy},\beta^2{}_{Buy},\beta^3{}_{Buy}\ldots\beta^{24}{}_{Buy},\beta^1{}_{Sell},\beta^2{}_{Sell},\beta^3{}_{Sell}\ldots\beta^{24}{}_{Sell}\}$$

To get a sustainable economic benefit of the P2P market, the grid price and MEM price must always satisfy the following condition [7].

$$\alpha_{Sell} \le \beta_{Sell} \le \beta_{Buy} \le \alpha_{Buy}$$

Selling and buying price of MEM is given below,

$$\beta^t_{Sell} = \begin{cases} \dfrac{\alpha_{Sell}\alpha_{Buy}}{(\alpha_{Sell}-\alpha_{Buy})SDR^t+\alpha_{Sell}} & ;0 \le SDR^t \le 1 \\ \alpha_{Sell} & ;SDR^t > 1 \end{cases} \quad (23)$$

$$\beta^t_{Buy} = \begin{cases} \beta^t_{Sell}SDR^t + \alpha_{Buy}(1-SDR^t) & ;0 \le SDR^t \le 1 \\ \alpha_{Sell} & ;SDR^t > 1 \end{cases} \quad (24)$$

Similarly, the buying and selling rate defined by CEM, represented by $\gamma^t_{m,Buy}$ and $\gamma^t_{m,Sell}$ respectively, can be calculated using the rate of MEM as a boundary condition in (23) and (24) as shown below, where *m* represents respective microgrid.

$$\gamma^t_{m,Sell} = \begin{cases} \dfrac{\beta^t_{Sell}\beta^t_{Buy}}{(\beta^t_{Buy}-\beta^t_{Sell})SDR^t_m+\beta^t_{Sell}} & ;0 \le SDR^t_m \le 1 \\ \beta^t_{Sell} & ;SDR^t_m > 1 \end{cases} \quad (25)$$

$$\gamma^t_{m,Buy} = \begin{cases} \gamma^t_{m,Sell}SDR^t_m + \beta^t_{Buy}(1-SDR^t_m) & ;0 \le SDR^t_m \le 1 \\ \beta^t_{Sell} & ;SDR^t_m > 1 \end{cases} \quad (26)$$

Finally, the per day electricity bill is calculated using the following relations,

i. Peer to grid trading

In this case, a peer directly transacts with grid, and hence, the grid exchange rate

$$C^i_{P2G} = \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,im}(t) * \Delta t\right) * \alpha_{Buy} - \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,ex}(t) * \Delta t\right) * \alpha_{Sell} \quad (27)$$

ii. Single stage P2P trading

$$C^i_{SP2P} = \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,im}(t) * \Delta t\right) * \beta^t_{Buy} - \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,ex}(t) * \Delta t\right) * \beta^t_{Sell} \quad (28)$$

iii. Multilevel P2P trading

$$C^i_{MP2P} = \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,im}(t) * \Delta t\right) * \gamma^t_{m,Buy} - \left(\sum_{t=1}^{24} P^t_{i,ex}(t) * \Delta t\right) * \gamma^t_{m,Sell} \quad (29)$$

Result and Discussion

The Daily load curves of eight commercial consumers (bank, school, hospitals, etc.) are taken for the simulation and are divided into two groups representing two microgrids comprising five and three individual entities (nanogrids) as shown in Figure 2(a) and 2(b). The daily solar generation profile is generated by assuming that the individual entity has the solar installation facility equal to its peak demand and this case is referred as the normal mode on the interchanged mode the PV profiles of peers are swapped without

changing the demand. It is considered that the utility will buy energy on the rate of 2.71 Baht/unit, which is the actual buying rate of energy by PEA from energy generation company (EGAT). Whereas the selling rate is assumed as 7 baht due to lack of adequate data and policies. However, the study is of qualitative nature and describes only the trends than the actual quantitative analysis such assumption is justified. First of all, analysis is carried out to calculate per day saving in electricity bill in two platforms as described in the methodology section then the effect of varying solar penetration in profitability is also studied in two microgrids. Figure 3 (a) and (b) represents the possible saving in the electricity bill in various trading platforms with varying solar penetration in two microgrids in normal mode. 50-50 as written in the figure, suggests that the first microgrid has PV generation equal to the 50% of its demand and so on the second microgrid. It is evident from the figure that the multilevel transaction is a more profitable trading platform for the prosumer. On the other hand, if the participating microgrids have a considerable amount of power surplus and deficit, the P2P market may result in more profit. However, saving is not much impressive. If different consumer classes and a well-defined policy are implemented, then the economic operation will viable in Korat city.

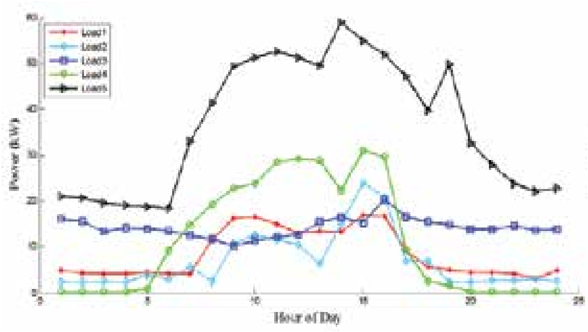


Figure 2(a) microgrid 1 data

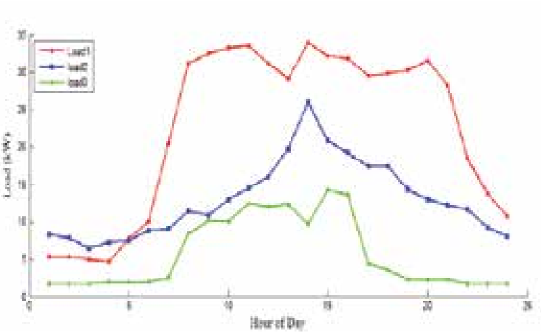
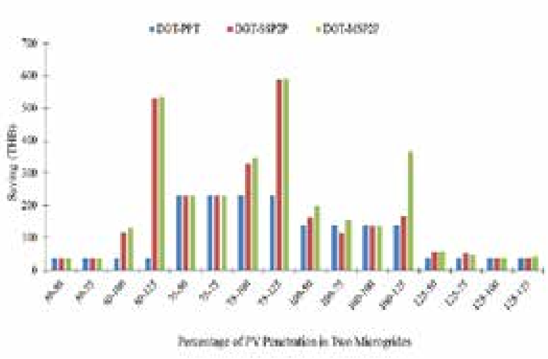


Figure 2(b) microgrid 2 data



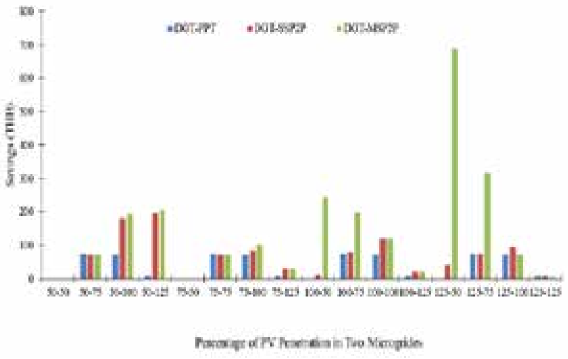


Figure 3 (a) savings in various PV penetration levels in microgrid
3(b) savings in various PV penetration levels in microgrid 2

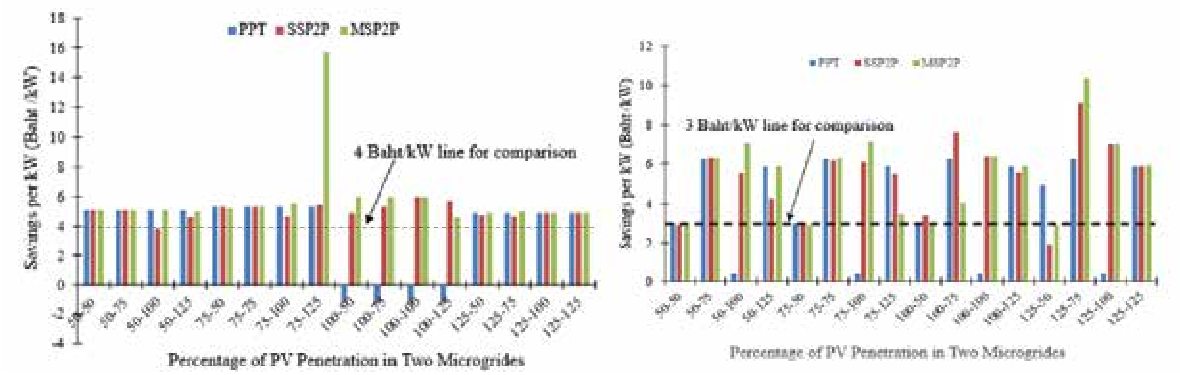


Figure 4 Comparison in terms of Saving per kW PV injection in (a) microgrid (b) microgrid 2

After analysis in normal mode the PV generation facilities are swapped among prosumers to analyze the effect of self-consumption and is referred as interchanged mode. Figure 4(a) and 4(b) respectively presents the difference between actual saving per kilowatt PV installation in interchanged mode and normal mode in by microgrid 1 and microgrid 2. It is found that the interchanged mode resulted considerably higher saving per kW PV injection. From Figure 4 (a) such difference is 4 and higher in almost all PV injection level in microgrid 1. Similarly, microgrid 2 has at least 3 unit higher value of saving per kW PV injection in interchanged mode compared to the normal mode as shown in Figure 4 (b).

Conclusion

P2P trading is an emerging concept in the power trading market. An analysis is carried out to find the best trading option from available pricing strategies. It is found that multilevel transaction is more profitable than other options as it results in higher savings. Also, it is found that the saving is subject to the variation in PV generation. As discussed in interchanged mode, the self-consumption of generated energy is not justifiable from the economic viewpoint. This reason may open a new type of profit-sharing based community energy trading market in which a larger prosumer invests in a generation facility to be installed in a low demand consumer with the profit-sharing agreement. Also, another possible way of maximizing profit is by using a storage facility and using the auction algorithm, and it may be the future extension of the research

References

[1] C.H. Leong, C. Gu, and F. Li (2018). Auction mechanism for P2P local energy trading considering physical constraints. In the 10th international conference on applied energy (ICAE2018), Hong Kong..

[2] N.M. Faquiry, S. Das, "Double sided energy auction in microgrid: Equilibrium under price anticipation in microgrid," IEEE Access, vol. 4, 3794-3805.

[3] D. gregoratti, and J. Matamoros (2015). Distributed energy trading: The multi microgrid case. IEEE transaction on industrial electronics, vol. 62, no. 4, pp. 2551-2559.

[4] S. Wu, F. Zhang, D. Li (2018). User centric peer to peer energy trading for residential consumer. In the 2nd IEEE conference on energy internet and energy system.

[5] M. Khorasany, Y. Mishra, and G. Ledwich (2017). Peer-to-peer market clearing framework for DERs using knapsack approximation algorithm. In the 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe).Torino, Italy.

[6] C. Long, J. Wu, T. Lee, M. Cheng, and N. Jenkins (2017) Peer to Peer energy trading in community microgrid. In the 2017 IEEE power and energy society general meeting, Chicago, IL, USA.

[7] A. Paudel, and G.H. Beng (2018). A hierarchical peer to peer energy trading mechanisms for residential microgrid distribution system. In the 2018 IEEE power and energy society general meeting, Portland, OR, USA.

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดบ้านที่อยู่อาศัยด้วยโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และระบบไฟฟ้า โดยโปรแกรม MATLAB/Simscape
The study of residential power load with PV, battery and electricity network using MATLAB/Simscape

พรศิริ วงศ์สุวรรณ[1] รศ.ดร.สุนทรี เด่นเทศ[2] รศ.ดร.ปรีดา จันทวงษ์[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800 12110

บทคัดย่อ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันเป็นการนำพลังงานไฟฟ้ามาจากระบบไฟฟ้าหลักซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากการผลิตโดยฟอสซิล พลังงานน้ำ ซึ่งมีข้อจำกัดในการขยายหรือก่อสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้เป็นอุปสรรคหนึ่งต่อปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต และด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยกังหันลม ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโซลาร์เซลล์ เป็นต้น ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบนี้เป็นแบบกระจายตัวและให้แหล่งพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในบทความนี้จึงได้จำลองระบบไมโครกริดที่เป็นการทำงานร่วมกันของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยแบบจำลองจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 1 เฟสในการจ่ายไฟฟ้าให้กับบ้านที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย จำนวน 4 ภูมิภาค ตามพื้นที่ให้บริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง (ยกเว้นพื้นที่กรุงเทพมหานครนนทบุรีและสมุทรปราการ) และภาคใต้ด้วยโปรแกรม MATLAB/-Simscape ในการจำลองจะวิเคราะห์และประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยภายใน 24 ชั่วโมงโดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นกราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่โหลดของบ้านที่อยู่อาศัยได้รับจากระบบไมโครกริดที่จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simscape จากลักษณะการใช้ไฟฟ้าของแต่ละภูมิภาคที่แตกต่างกันทำให้ต้องพิจารณาเลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์ให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เหมาะสมในแต่ละภูมิภาคและเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมโดยที่ภาคเหนือควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 4,000 W/km2 แบตเตอรี่ 1,000 Ah ภาคตะวันออกเฉียงเหนือควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 2,500 W/km2 แบตเตอรี่ 800 Ah ภาคกลางควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 10,000 W/ km2 แบตเตอรี่ 1,200 Ah และภาคใต้ควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 7,000 W/ km2 แบตเตอรี่ 1,000 Ah

คำสำคัญ: ระบบไมโครกริด ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ระบบไฟฟ้ากระแสตรง แบตเตอรี่ บ้านที่อยู่อาศัย

บทนำ

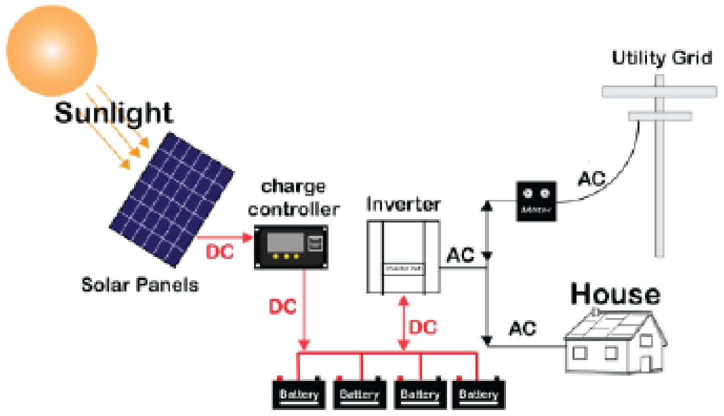
เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าสามารถตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าของประชาชนในประเทศไทยการเลือกระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนมาช่วยในการผลิตไฟฟ้าเป็นหนึ่งแนวทางที่ภาครัฐจึงมีนโยบายส่งเสริมตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 (PDP2018) เพื่อให้ลดการสร้างโรงไฟฟ้าที่ถูกจำกัดเรื่องการขยายสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้า ในปัจจุบันมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานหมุนเวียนเช่นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโซลาร์เซลล์ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยกังหันลมเป็นต้นแต่การจะนำพลังงานหมุนเวียนมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเสริมเข้าไปในระบบไฟฟ้าหลักนั้น จะต้องเชื่อมต่อกับระบบกักเก็บพลังงาน (Energy storage) เพื่อรองรับความผันผวนหรือช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบไฟฟ้าหลัก [1-2]

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ศึกษาการใช้งานจริงที่ Missouri S&T Village Solar ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าไมโครกริด (Microgrid) ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วยบ้านที่อยู่อาศัยจำนวน 4 หลัง พร้อมติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์โดยบ้านแต่ละหลังได้มีการติดตั้งแบตเตอรี่เป็นระบบจัดเก็บพลังงานยโดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในไมโครกริดนั้นสามารถส่งผ่านพลังงานได้ดีกว่าการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังระบบไฟฟ้าหลัก สำหรับในประเทศไทยนั้น ได้มีการศึกษาศักยภาพการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่เป็นระบบ
ไมโครกริดเช่นกัน โดยศึกษาโครงสร้างของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กจากเครื่องกำเนิดดีเซล เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชนในอนาคต [3-4]

จากงานวิจัยของ Polytechnic University of Catalonia ที่ศึกษาการทำงานร่วมกันของระบบไฟฟ้ากระแสตรง(DC)กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ(AC)โดยจำลองการเชื่อมพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าหลัก โดยโปรแกรม MATLAB Simulink ที่มีระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่และตัวแปลงแรงดันไฟฟ้า(Voltage Source Converter: VSC) ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าหลักที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 3 เฟส ให้ผลจากการจำลองการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่กับระบบไฟฟ้าหลักที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) 3 เฟสนั้นสามารถเชื่อมต่อกันได้[5] แต่ในบทความนี้จำลองโครงสร้างระบบไฟฟ้าโดยใช้ระบบไฟฟ้าหลักที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) 1 เฟสระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโซลาร์เซลล์ (DC) และแบตเตอรี่ โดยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับบ้านที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ที่รับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) เพื่อดูการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง

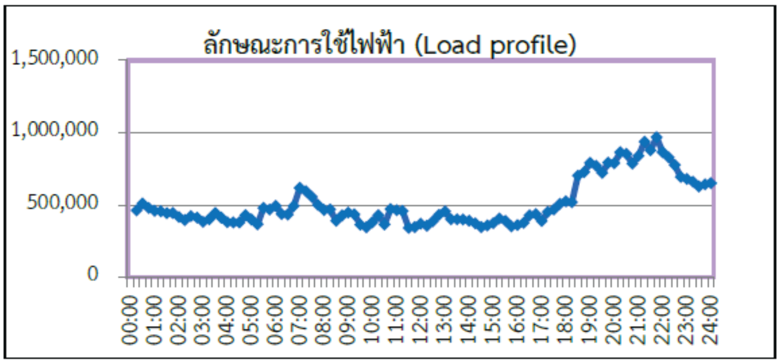
วิธีการวิจัย

ในบทความนี้ได้ศึกษาการทำงานร่วมกันของระบบไฟฟ้ากระแสตรง(DC)และระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยออกแบบจำลองระบบไมโครกริด ที่ประกอบไปด้วย โหลดบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแบบไฮบริด (Hybrid system) ซึ่งมีทั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน และระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 1 เฟส โดยที่การคำนวณหาขนาดแผงโซลาร์เซลล์ และขนาดของแบตเตอรี่ที่รองรับการกักเก็บพลังงานจะขึ้นกับลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟและความเข้มแสงอาทิตย์ในพื้นที่นั้น



ภาพที่ 1 ระบบไฟฟ้าแบบไฮบริด (Hybrid system)

ในแบบจำลองนี้เลือกศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load profile) ของบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ระยะเวลา 12 เดือน เนื่องจากพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยทั่วไปมักจะใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย โดยเลือกศึกษาทั้ง 4 ภูมิภาค ตามพื้นที่ให้บริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง (ยกเว้นพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) และภาคใต้ [6]

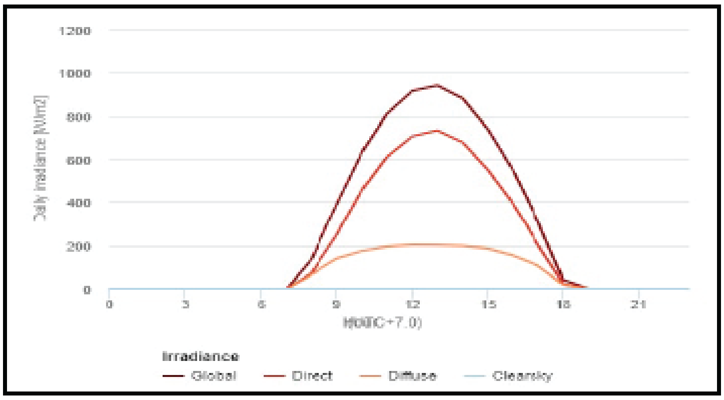


ภาพที่ 2 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ภาคเหนือ เดือนมกราคม

จากภาพที่ 2 เป็นข้อมูลภาพรวมการใช้ฟ้าของทั้งภาคเหนือ ในเดือนมกราคม 2562 ซึ่งมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่สูงมาก เพื่อให้ได้กราฟที่ยังคงมีลักษณะเดิม จึงต้องมีการลดทอนลง เพื่อนำไปออกแบบจำลองระบบไมโครกริดในขนาดที่เล็กลงได้ โดยลดทอนลงตามสมการที่ (1) โดยที่ ภาคเหนือ มีพื้นที่ 93,690.85 ตารางกิโลเมตร ภาคตะวันออกเหนือ มีพื้นที่ 168,854 ตารางกิโลเมตร ภาคกลาง มีพื้นที่ 88,603.50 ตารางกิโลเมตร (ไม่รวมพื้นที่ที่ให้บริการของการไฟฟ้านครหลวง ได้แก่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) และ ภาคใต้ มีพื้นที่ 70,715.2 ตารางกิโลเมตร [7-10]

$$Load\ profile_{Sim} = \frac{Load\ profile_{Real}}{Area\ of\ each\ region} \qquad (1)$$

ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar irradiance) ที่นำมาใช้ในแบบจำลองนี้เป็นค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จาก Photovoltaic Geographical Information System [11] ของทั้ง 12 เดือน โดยการเลือกสถานที่ตั้ง ดังนี้ ภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจังหวัดขอนแก่น ภาคกลางจังหวัดปทุมธานี และภาคใต้จังหวัดสงขลา และเลือกใช้ค่า global real-sky ซึ่งเป็นวันที่มีสภาพอากาศดี



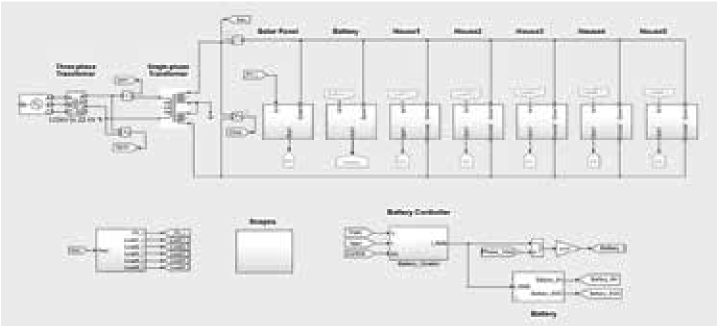
ภาพที่ 3 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ภาคกลาง เดือนมกราคม

การหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมนั้นพิจารณาจากค่าความเข้มแสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้โซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากหรือน้อยโดยกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แปรผันตรงกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ นั่นหมายความว่าถ้าค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงโซลาร์เซลล์ก็จะสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ปริมาณมาก และจะต้องให้โซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณน้อยใกล้เคียงกับช่วงเวลาที่มีการใช้โหลดของบ้านที่อยู่อาศัยน้อยที่สุดเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปที่ระบบไฟฟ้าหลักมากเกินไป เนื่องจากช่วงเวลาที่บ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้ามากเป็นระยะเวลาสั้น

$$Power_{PV} = Solar\ irradiance\ x\ \frac{Solar\ irradiance_{max}}{Load\ profile_{real.min}} \qquad (2)$$

การออกจำลองระบบไมโครกริด ทำโดยโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์มาเชื่อมต่อกันประกอบด้วยระบบไฟฟ้าหลักกระแสสลับที่จ่ายให้กับบ้านที่อยู่อาศัย220Vระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน และบ้านที่อยู่อาศัย การที่จะส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าให้กับบ้านที่อยู่อาศัยได้นั้นต้องอาศัยข้อมูลของลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load profile) ของบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย และค่าความเข้มแสงเพื่อดูว่าแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้มากน้อยเพียงใดจึงได้ทำวงจรควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้สามารถจ่ายได้ภายใน24ชั่วโมงรวมไปถึงควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่เพื่อดูพลังงานไฟฟ้าเข้าและออกจากแบตเตอรี่ และประเมินขนาดของแบตเตอรี่ได้ซึ่งขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมหาได้จากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่โดยการsimulation ของแบบจำลอง

$$Battery_{Ah} = \frac{I}{3600} \qquad (3)$$



ภาพที่ 4 แบบจำลองระบบไฟฟ้าไมโครกริด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากแบบจำลองระบบไฟฟ้าไมโครกริดที่ประกอบไปด้วยลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load profile) ของบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ทั้ง 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ในแต่ละเดือน เป็นระยะเวลา 12 เดือน เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าโครงข่ายไฟฟ้าหลักที่เป็นกระแสสลับ (AC) 1 เฟส และระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ได้จากโซลาร์เซลล์ โดยใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ของแต่ละเดือนเป็นปัจจัยหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าและทำงานร่วมกับแบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงาน ให้ผลโดยแบ่งตามภูมิภาคเป็นดังนี้

1.ภาคเหนือ จากภาพที่ 5 เดือนมีนาคม ถึง เดือนตุลาคม ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทำให้โซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย และควรเลือกให้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 4,000 W ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร และเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่ 1,000 Ah

2.ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากภาพที่ 6 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภูมิภาคนี้จะต่ำกว่าภูมิภาคอื่นทำให้ขนาดความจุของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมนั้นใช้น้อยกว่าภูมิคภาคอื่นโดยควรเลือกใช้ประมาณ 800 Ah ในเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทำให้โซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ควรเลือกให้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 2,500 W ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร

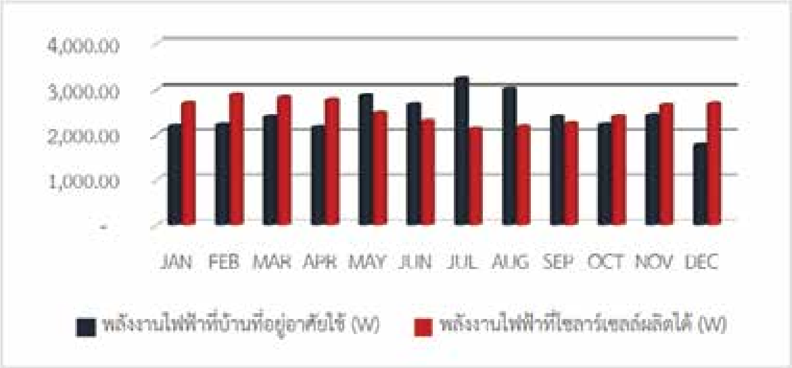
3.ภาคกลาง จากภาพที่ 7 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทำให้โซลาร์เซลล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย โดยจะมีเพียงเดือนเมษายน พฤษภาคม และกันยายน ที่โซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยเพียงเล็กน้อย ควรเลือกให้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 10,000 W ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร และเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่ 1,200 Ah

4.ภาคใต้ จากภาพที่ 8 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทำให้โซลาร์เซลล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วย ควรเลือกให้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 7,000 W ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร และเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่ 1,000 Ah

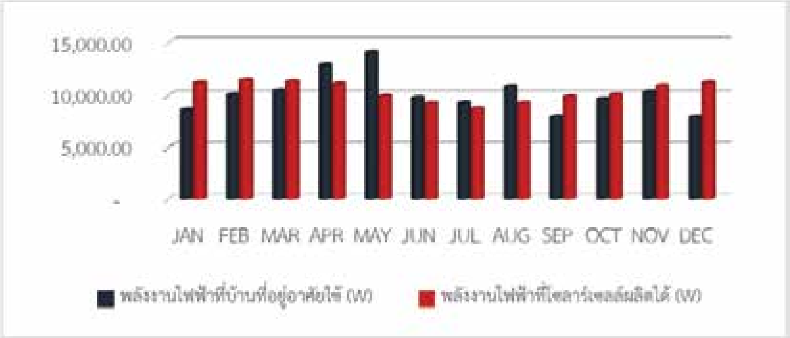
ในการออกแบบและวิเคราะห์แบบจำลองไมโครกริดอย่างง่ายนี้ทำให้เห็นการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าหลัก (AC) พลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากโซลาร์เซลล์ และแบตเตอรี่ โดยที่ทั้งหมดทำงานร่วมกันส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังบ้านที่อยู่อาศัยได้

งานวิจัยนี้เป็นเพียงแบบจำลองระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก วิเคราะห์โดยโปรแกรม MATLAB/Simscape หากทำการศึกษาโดยติดตั้งแผงโซลลาร์เซลล์ และแบตเตอรี่ ในพื้นที่บ้านที่อยู่อาศัยจริง พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังบ้านที่อยู่อาศัยอาจจะลดน้อยลงได้ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจาก Voltage drop ตามระยะทาง รวมไปถึงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่แท้จริงก็จะส่งผลไปถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ได้

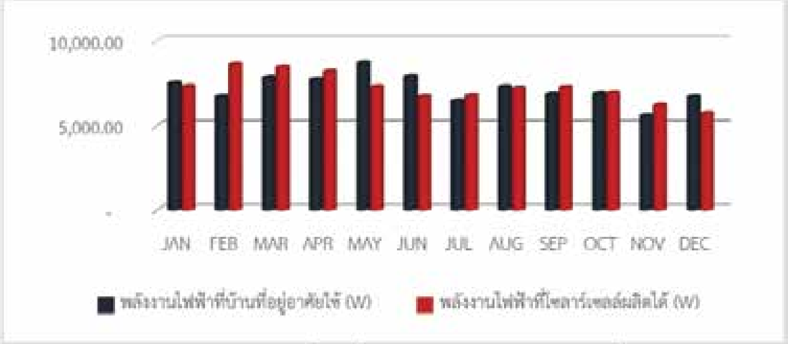
ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่บ้านที่อยู่อาศัยใช้และพลังงานไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ภาคเหนือ



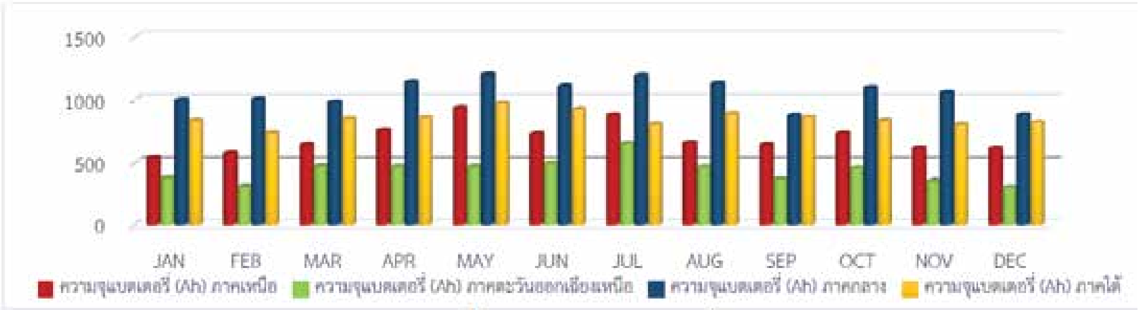
ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่บ้านที่อยู่อาศัยใช้และพลังงานไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ภาคตะวันออกเหนือ



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่บ้านที่อยู่อาศัยใช้และพลังงานไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ภาคกลาง



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่บ้านที่อยู่อาศัยใช้และพลังงานไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ภาคใต้



ภาพที่ 9 ขนาดความจุแบตเตอรี่

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดบ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยด้วยระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากโซลาร์เซลล์แบตเตอรี่และระบบไฟฟ้าหลักที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) นั้นสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเมื่อโซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัย บ้านที่อยู่อาศัยก็ไปดึงพลังงานจากระบบไฟฟ้าหลักมาใช้ซึ่งลักษณะการใช้ไฟฟ้าของแต่ละเดือนของแต่ละภูมิภาคก็จะแตกต่างกันไปจึงต้องพิจารณาเลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์ให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เหมาะสมในแต่ละภูมิภาค และเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมด้วย ภาคเหนือควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 4,000 W/km^2 แบตเตอรี่ 1,000 Ah ภาคตะวันออกเฉียงเหนือควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 2,500 W/km^2 แบตเตอรี่ 800 Ah ภาคกลางควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 10,000 W/ km^2 แบตเตอรี่ 1,200 Ah และภาคใต้ควรติดตั้งโซลาร์เซลล์ 7,000 W/ km2 แบตเตอรี่ 1,000 Ah

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2561). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 (PDP2018). กรุงเทพมหานคร : กระทรวงพลังงาน.
[2] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. ลมและแสงอาทิตย์ อนาคตของระบบไฟฟ้าไทย สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://tdri.or.th/renewal-energy/
[3] Almad Alzahrani, et al. (2017). Modeling and Simulation of Microgrid. Complex Adaptive Systems Conference with Theme: Engineering Cyber Physical Systems, CAS.
[4] Manote Tonsing. (2019). Energy Data Management Systems for Smart Community with PV Microgrid. Chiang Mai Rajabhat University : Doctor of Philosophy Information Technology for Business and Education.
[5] Silvia Ma Lu. (2005). Modelling, Control and Simulation of a Microgrid based on PV System, Battery System and VSC. Polytechnic University of Catalonia.
[6] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://peaoc.pea.co.th/loadprofile/
[7] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ภาคเหนือ (ประเทศไทย) สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคเหนือ_(ประเทศไทย)
[8] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ภาคอีสาน (ประเทศไทย) สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคอีสาน_(ประเทศไทย)
[9] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ภาคกลาง (ประเทศไทย) สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคกลาง_(ประเทศไทย)
[10] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ภาคใต้ (ประเทศไทย) สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ภาคใต้_(ประเทศไทย)
[11] European Commission. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#DR

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโซล่าเซลล์ โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าผ่านระบบ IOT สำหรับที่อยู่อาศัย
Solar cell system design using IOT power monitoring system for residential

กำลังพล พลอยน้อย[1] วัชระ วงค์ปัญโญ บุญวัฒน์ วิจารณ์พล ปรเมษฐ์ สิทธิสันต์
คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการวัดและแสดงผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการนำเอาระบบไอโอที (IOTs) มาประยุกต์ใช้สำหรับช่วยในการรายงานผลข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตและการส่งค่าผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ (Line Notify) เพื่อประกอบการคำนวณหาจุดคืนทุนในการเลือกติดตั้งโซล่าเซลสำหรับผู้ที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานโดยออกแบบให้ระบบตรวจจับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไม่สัมผัส (non-contact sensor) และการเชื่อมต่อผ่านระบบไวไฟ (Wi-Fi) และสามารถให้เชื่อมต่อผ่านระบบ 3G ของผู้ให้บริการเครือข่ายข้อมูล มีการแสดงผลผ่านเว็บเบราเซอร์ โดยแสดงผลในรูปแบบกราฟแบบเวลาจริงประกอบด้วย ข้อมูลของกระแส (Amp) แรงดัน (Volt) ความถี่ (Hz) กำลังงานไฟฟ้า (Kw) และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (Wh) โดยระบบสามารถแสดงข้อมูลผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ตามช่วงเวลาที่กำหนด และทดสอบนำระบบไปวัดวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบ้านพักอาศัย จำนวน 6 หลังคาเรือน เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ใน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อช่วยในการตัดสินใจโดยนำไปคำนวณหาจุดคืนทุนในการเลือกติดตั้งโซล่าเซลต้องการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน สามารถนำระบบนี้ไปช่วยวิเคราะห์และเป็นระบบช่วยแนะนำได้

คำสำคัญ: ไอโอที, มาตรอัจฉริยะ, โซล่าเซล, แจ้งเตือนผ่านระบบไลน์

Abstract

The aim of this research to study the measurement and monitoring of electrical power consumption data. By applying the Internet of things (IOTs) system for used for report the data via the internet and communication with API through the application line (Line Notify). The sensor system used Non-contact current sensor and connecting with Wi-Fi or 3G .The data report through a web browser (Thingspeak.com) by showing results in a real time graph consisting of Information of current (Amp), Voltage (Volt), Frequency(Hz) Power (Watt) and Electricity Consumption (Wh). The system can display the results via application line at specified intervals. And measure the amount of electrical energy consumption in a 6 residential building in order to find the amount of electrical energy consumption in 24 hours, then used the data to make decisions by calculating and find the payback point from choosing to install the solar cells.

Keywords: IOTs, Smart meter, Solar cell, Line Notify

บทนำ

มาตรอัจฉริยะ (Smart Meter) [4] เป็นมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดใหม่ที่ถูกพัฒนามาเพื่อแทนที่มาตรพลังงานแบบเดิมที่มีอยู่ (แบบจานหมุน) โดยการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไปที่ระบบควบคุม (Control System) มาตรอัจฉริยะสามารถติดต่อสื่อสารโดยตรงกับระบบควบคุมได้บ่อยเท่าที่ต้องการผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถอ่านหรือคำนวณปริมาณการใช้พลังงานได้เสมอช่องทางการสื่อสารอาจเลือกได้จากหลายรูปแบบตัวอย่างเช่นรูปแบบการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือรูปแบบการสื่อสารผ่านคลื่น ระบบ RF เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้จัดทำเลือกสื่อสารผ่านทางระบบ Internet ผ่าน Wi-Fi และระบบเครือข่าย 3G เพื่อความสะดวกและเป็นระบบพื้นฐานที่ใช้งานได้ดีในปัจจุบันผู้ใช้สามารถดูข้อมูลจากที่ไหนก็ได้หากสามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

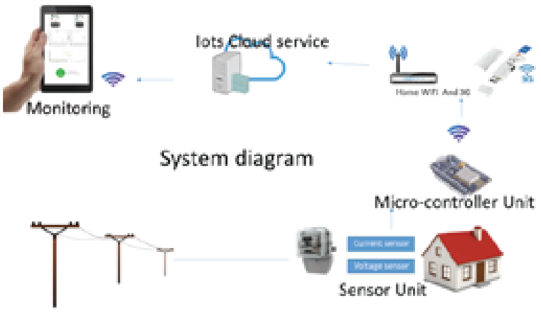
งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ในการวัดและแสดงผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการนำเอาระบบไอโอที (IOTs) มาประยุกต์ใช้สำหรับช่วยในการรายงานผลข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตและการส่งค่าผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์(Line Notify)โดยออกแบบโดยให้ระบบตรวจจับปริมาณการใช้ฟ้าแบบไม่สัมผัส (non-contact sensor) และมีการเชื่อมต่อระบบแสดงผลและการส่งข้อมูลโดยสามารถให้เชื่อมต่อโดยผ่านระบบไวไฟ (Wi-Fi) และสามารถให้เชื่อมต่อผ่านระบบ 3G ของผู้ให้บริการเครือข่ายข้อมูล เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีไอโอที มาประยุกต์ในการวัดและแสดงผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปประยุกต์ในการประกอบการช่วยตัดสินใจเลือกติดตั้งระบบจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ระบบที่ออกแบบนี้จะใช้เป็นระบบ IoT base ซึ่งมีข้อดีในเรื่องรูปแบบและรายละเอียดการแสดงผล สามารถแสดงผลผ่าน smart phone หรือ Tablet หรือคอมพิวเตอร์ มีความสามารถในการเก็บข้อมูลและสามารถขยายขอบเขตความสามารถได้โดยง่ายหลังจากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบความสัมพันธ์ของระบบและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมได้แก่ อุปกรณ์เซ็นเซอร์กระแส (Current sensor) อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และและอุปกรณ์สื่อสาร (Communication) ที่เหมาะสมกับระบบที่ออกแบบ

ขอบเขตของการวิจัย เป็นระบบ IoT Base ซึ่งจะวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปที่ cloud server ผ่านระบบ Internet เพื่อนำค่าจากการตรวจวัดไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และเก็บช่วงของเวลาจากการวัดเพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยเวลาการแสดงผลสามารถแสดงผลข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังงานไฟฟ้าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ความสามารถในการแสดงผลสามารถแสดงผลเป็นส่งทางระบบแอพพลิเคชั่นไลน์หรือรูปแบบกราฟผ่าน web browser

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบ IOT [6-7][12] เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจและนำมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน เช่น ด้านการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ใช้กับร่างกาย (Wearables) ด้านเมืองอัจฉริยะ (Smart City) [11,14,16] ด้านบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) [5,18] ด้านโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial internet) ด้านระยนต์อัจฉริยะ (Connected car) ด้านระบบสุขภาพ (Connected health)[17,21] ด้านฟาร์มอัจฉริยะ (Smart farming [1-3,10,15,18-20,22] ด้านการเพิ่มโอกาสธุรกิจของห้างร้าน (Smart retail) ด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Smart Supply Chain) ด้านโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) และระบบมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart meter) [8,10,13,23] เป็นต้น โดยระบบไอโอทีจะสื่อสารผ่านเทคโนโลยีระบบประมวลผลผ่านกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) [6] ซึ่งมีข้อดีทั้งด้านการขยายตัวได้อย่างยืดหยุ่นสามารถที่จะปรับขนาดได้ตามความต้องการของผู้ใช้และมีการจัดสรรทรัพยากรโดยเน้นการทำงานระยะไกลอย่างง่าย

สมมติฐานของการวิจัยผู้วิจัยได้ออกแบบผังแนวคิดเบื้องต้นของระบบไอโอทีสมาร์ตมิเตอร์โดยวิธีวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ จากนั้นใช้ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded system) เป็นตัวประมวลผลข้อมูล ส่งผ่าน WiFi หรือผ่านระบบ 3G ไปยัง Cloud server เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ตได้ และในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้บริการจาก thingspeak.com เนื่องจากมีข้อดีคือมีเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บข้อมูลและแสดงผลและไม่เสียค่าใช้จ่าย ตามรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ผังโครงสร้างระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลศึกษาความเป็นไปได้และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากนั้นเลือกระบบที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบันซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

3.1 การออกแบบโครงสร้าง และการเชื่อมต่อระบบ

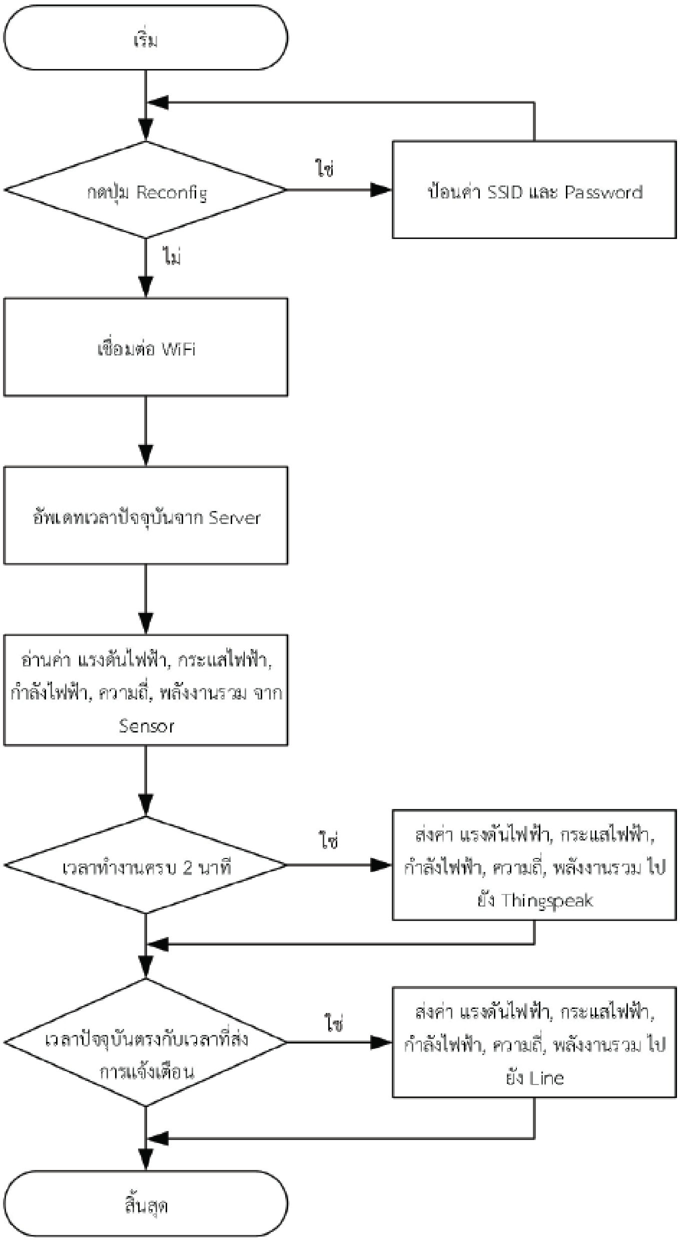
จากรูปที่ 2.เป็นผังไดอะแกรมของระบบซึ่งจะแสดงการเชื่อมต่อของระบบตั้งแต่เซ็นเซอร์ตัวประมวลผล การเชื่อมต่อผ่านระบบอินเตอร์เน็ต การเชื่อมต่อผ่าน API ของแอพพลิเคชันไลน์และการแสดงผลผ่านเว็บ ในการออกแบบเลือกได้ใช้ชุดโมดูลวัดกระแสแบบไม่เชื่อมต่อ (Non-Invasive Current Sensor) และใช้ Esp 8266 เป็นตัวประมวลผลหลัก ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีโมดูล Wifi ติดตั้งมาด้วย ซึ่งทำให้สะดวกในการนำมาใช้งานเพื่อเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตไปยังเซอร์ฟเวอร์จากการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพทำให้วงจรของระบบไม่ซับซ้อนยุ่งยาก ดังรูป

รูปที่ 2. ผังไดอะแกรมของระบบ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เซนเซอร์ที่ใช้เป็นแบบ non-contact โมดูล SDM120CT-Modbus Single Phase CT connected Digital Energy กับระบบประมวลผลกลาง (Micro Controller Unit, MCU) ใช้โมดูลเบอร์ ESP 8266 สื่อสารผ่าน RS485 กับโมดูลเซนเซอร์ ระบบรองรับการใช้งาน Protocol การสื่อสารแบบ MQTT เชื่อมต่อไปยัง Cloud server, Thingspeak.com ซึ่งสามารถเก็บข้อมูล และสามารถจัดการการแสดงผล (Dashboard) การแสดงผลผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นแบบ responsiveness สามารถแสดงผลได้เหมาะสมตามขนาดหน้าจอและอุปกรณ์ที่แสดง

3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์



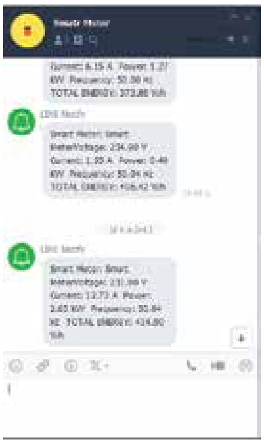
รูปที่ 3. ผังงานแสดงการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3. เป็นผังงาน (Flow chart)แสดงการทำงานของระบบ สามารถบรรยายการทำงานของระบบได้ดังนี้ เมื่อเริ่มเปิดใช้งานระบบจะเช็คว่าผู้ใช้กดปุ่ม Re-config หรือไม่ ถ้ากดปุ่ม Re-config ระบบจะให้ผู้ใช้ตั้งค่า ssid และ password ใหม่ ถ้าไม่ได้กดปุ่ม Re-config ระบบจะเชื่อมต่อ Wi-Fi ที่ตั้งค่าไว้ เมื่อเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้แล้ว ระบบจะอัพเดทเวลาของ Smart meter ให้เป็นเวลาปัจจุบันโดยใช้เวลาจาก Server จากนั้น อ่านค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความถี่ พลังงานรวม จากเซนเซอร์ จากนั้นตรวจสอบเวลาทำงานถ้าครบ 2 นาที ระบบจะส่งค่าที่อ่านจาก Sensor ไปยัง ThingSpeak.com ถ้าไม่ครบ 2 นาที ระบบจะตรวจสอบว่าเวลาปัจจุบันตรงกับเวลาที่ต้องส่งการแจ้งเตือนหรือไม่ ถ้าเวลาตรงจะส่งรายงานค่าที่อ่านจาก Sensor ไปยัง Line ของผู้ใช้งานแล้วจบรอบการทำงาน

ส่วนหน้าจอแสดงผลเป็นกราฟจากรูปที่ 4. บนเว็บไซด์ ThingSpeak.com งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้เป็นการแสดงผลแบบช่วงเวลาของข้อมูลที่ประกอบด้วย การแสดงผลข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voltage, v) ข้อมูลกระแสไฟฟ้า (Current, A) ข้อมูลความถี่(Frequency, Hz) ข้อมูลกำลังงานไฟฟ้า (Power, Kw) และข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (Energy, Wh)

รูปที่ 4. หน้าจอแสดงผลข้อมูลแบบกราฟ บนเว็บไซด์ ThingSpeak.com

สำหรับในระบบการแสดงข้อมูลผ่านระบบแอพพลิเคชันไลน์นั้นงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้รายงานผลข้อมูลปริมาณการใช้งานไฟฟ้า และแจ้งเตือน (Line Notify) โดยจะแสดงผลข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voltage, v) ข้อมูลกระแสไฟฟ้า(Current, A) ข้อมูลความถี่ (Frequency, Hz) ข้อมูลกำลังงานไฟฟ้า (Power, Kw) และข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป(Energy, Wh) เป็นรูปแบบค่าตัวเลข ตามช่วงเวลาที่กำหนด รูปแบบการแสดงผลดังรูปที่ 5.



รูปที่ 5. รายงานผลข้อมูลปริมาณการใช้งานไฟฟ้า
และแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชัน (Line Notify)

3.4 การติดตั้งและทดสอบ

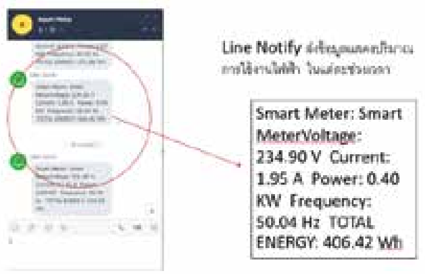
การติดตั้งเพื่อทดสอบการทำงานได้ของระบบโดยทดสอบความสามารถในการแสดงผลในรูปแบบกราฟ และทดสอบความสามารถในการแสดงข้อมูลผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ตามช่วงเวลาที่กำหนด ภาพประกอบการติดตั้งจากรูปที่ 6.

รูปที่ 6. นำอุปกรณ์ไปติดตั้งวัดปริมาณการใช้งาน

ผลการวิจัย

การแสดงผลบนเว็บไซด์ ThingSpeak.com เป็นการแสดงผลแบบช่วงเวลา ประกอบด้วยการแสดงผลข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voltage, v) ข้อมูลกระแสไฟฟ้า (Current, A) ข้อมูลความถี่ (Frequency, Hz) ข้อมูลกำลังงานไฟฟ้า (Power, Kw) และข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป(Energy, Wh) โดยจะแสดงผลเป็นกราฟเส้น ดังรูปที่ 7.

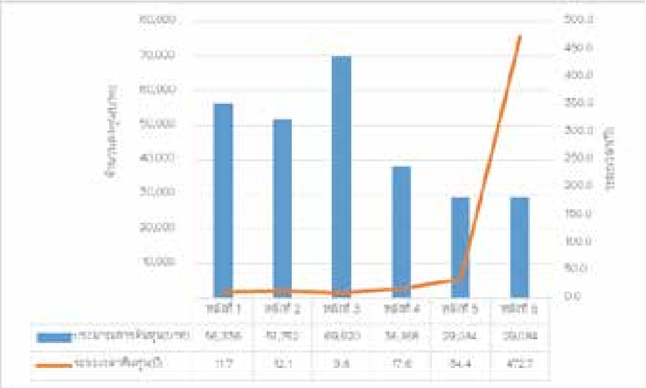
รูปที่ 7. กราฟแสดงผลปริมาณการใช้งานแบบตามเวลา



รูปที่ 8. ข้อมูลรายงานตามช่วงเวลา ผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์

จากรูปที่ 8. เป็นการแสดงข้อมูล ปริมาณการใช้งานไฟฟ้าและแจ้งเตือนผ่านทางระบบแอพพลิเคชันไลน์ (Line Notify) โดยจะแสดงผลข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voltage, v) ข้อมูลกระแสไฟฟ้า (Current, A) ข้อมูลความถี่ (Frequency, Hz) ข้อมูลกำลังงานไฟฟ้า (Power, Kw) และข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (Energy, Wh) เป็นรูปแบบค่าตัวเลข ตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ ทางด้านอื่นๆต่อไป

รูปที่ 9. นำผลที่ได้มาคำนวณต้นทุนในการติดตั้งโซล่าเซล
เทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารบ้านพัก



รูปที่ 10. ประมาณการต้นทุนติดตั้งโซล่าเซลในอาคารบ้านพัก
แต่ละหลังเทียบกับ ระยะเวลาคืนทุน

การนำผลการวัดข้อมูลที่อ่านได้จากระบบ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ เลือกติดตั้งโซล่าเซล ในการลดค่าใช้จ่าย ในครัวเรือนนั้น จะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จะช่วยในการตัดสินใจเพื่อเลือกหรือไม่เลือกที่จะลงทุนจะติดตั้งโซล่าเซลเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยผลจากการทดลอง จากกราฟรูปที่ 9. จะเห็นว่าการลงทุนของครัวเรือนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากก็จะต้องมีค่าใช้จ่ายมาก เช่น ครัวเรือนที่ 1 ถึง 3 จะมีค่าใช้จ่ายประมาณตั้งแต่ 51,000 บาท จนถึงประมาณ 69,000 บาท ส่วนครัวเรือนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย เช่นครัวเรือนที่ 5 และ 6จะมีต้นทุนที่ไม่สูงมากและจากกราฟคือมีค่าใช้จ่ายลงทุนที่เท่ากัน แต่หากพิจารณาจุดคืนทุนจากกราฟรูปที่ 10. จะได้ผลลัพธ์ ว่าครัวเรือนหลังที่ 5 และ 6 ไม่จำเป็นต้องติดตั้ง เนื่องจากจุดคืนทุนใช้เวลานานมาก หรืออาจจะเรียกได้ว่าไม่มีจุดคืนทุนลักษณะนี้สามารถนำระบบนี้ไปช่วยวิเคราะห์และเป็นระบบช่วยแนะนำได้

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยทดสอบความสามารถของการทำงานได้ของระบบ ระบบแสดงผลในรูปแบบกราฟแบบเวลาจริงประกอบด้วย ข้อมูลของกระแส (Amp) แรงดัน (Volt) และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (KWh) และความสามารถในการแสดงข้อมูลผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ตามช่วงเวลาที่กำหนดระบบสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ได้และสามารถนำระบบไปวัดวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบ้านพักอาศัย จำนวน 6 หลังคาเรือน เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ใน 24 ชั่วโมง และนำผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ดังกรณีศึกษาการทดลองประยุกต์ข้อมูลที่อ่านได้จากระบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกติดตั้งโซล่าเซล ในการลดค่าใช้จ่าย ในครัวเรือนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและจะสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในโอกาสต่อไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ประโยชน์ คำสวัสดิ์, (2558),“การพัฒนาเครือข่ายเซนเซอร์สำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
[2] พรรณวิภา อรุณจิตต์ , นาวี โกรธกล้า และ ปิจิราวุช เวียงจันดา.(2558), “โรงเรือนปลูกพืชควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบเครือข่าย” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ,1-5.
[3] วรากร สังข์กระแสร์, ธรรมชาติ กลิ่นเกษร และ เสกสรรค์ มธุลาภรังสรรค์, (2558),“ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดบนระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบ NFT” (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พัฒนาในรูปแบบใช้ระบบฝังตัวเข้ามาควบคุม มีการระบบให้ครอบคลุมกับสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการ และที่ผู้ใช้ต้องการมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และการเก็บผลการทำงาน, 2-13.
[4] วันเฉลิม โปรา, (2014),ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมาตรอัจฉริยะ(Smart Meter)และแนวทางการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะมาตรอัจฉริยะ, สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[5] สามารถ ยืนยงพานิช, (2559), “ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์” การควบคุมอุปกรณ์เทคโนโลยีแบบไร้สายผ่านเว็บเบราว์เซอร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน,มหาวิทยาลัยนเรศวร, 199-203.
[6] Andreas Kamilaris, Feng Gao, Francesc X.Prenafeta-Boldu,(2016), “Agri-IoT” , A semantic framework for Internet of Things-enabled smart farming applications”, GIRO Joint Research Unit IRTA-UPC, Barcelona, Spain and Insight Centre for Data Analytics, National University of Ireland, Galway, Ireland,.
[7] D.K. Sreekantha, Kavya A.M. (2017) ,“Agricultural crop monitoring using IOT - a study”, Department of Computer Science and Engineering, NMAM Institute of Technology, Nitte, Karnataka, India
[8] Diogo Santos and João C. Ferreira ,(2019), IoT Power Monitoring System for Smart Environments , Sustainability
[9] Dr.Andrew Robinson, Jonathan Evans,(2557), Raspberry Pi Projects.
[10] Devadhanishini.AY et.,al , (2019), Smart Power Monitoring System Using Iot , 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS 2019).

[11] Francisco B. Culibrina; Elmer P. Dadios, (2015) , Smart farm using wireless sensor network for data acquisition and power control distribution, International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology,Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). 9-12 Dec:1-6.

[12] G. Aloi. , (2016), A Mobile Multi-Technology Gateway to Enable IoT Interoperability, IEEE International Conference .

[13] Iman Mohammed Nayyef and Anas Ali Husein ,(2018), DESIGN AND IMPLEMENTATION OF IOT BASED SMART POWER MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM USING WSNS, International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA), Vol 8, No.4.

[14] Kristian Hentschel. Supersensors,(2016), Raspberry Pi Devices for Smart Campus Infrastructure, Future Internet of Things and Cloud (FiCloud) .

[15] Nattapol Kaewmard, Saiyan Saiyod ,(2014) ,“Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm”, Hardware-Human Interface and Communications, LABORATORY, Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

[16] Ranjith Balakrishnan ,(2015). ”IoT basedMonitoring and Control System Home Automation”. Iot 2015 :169-173

[17] R.Kumar and Dr.M.Pallikonda Rajasekaran, (2016), An IoT based patient monitoring system using raspberry Pi, Computing Technologies and Intelligent Data Engineering (ICCTIDE).

[18] Sinung Suakanto, Ventje J. L. Engel.Maclaurin Hutagalung, Dina Angela , ,(2016), “Sensor networks data acquisition and task management for decision support of smart farming”.

[19] Siwakorn Jindarat, Pongpisitt Wuttidittachotti ,(2015) , “Smart farm monitoring using Raspberry Pi and Arduino”,Faculty of Information Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand.

[20] Sneha S. Gumaste; Anilkumar J. Kadam ,(2016) , Future weather prediction using genetic algorithm and FFT for smart farming, International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA) , 1-6.

[21] Solahuddin Y. F, W. Ismail (2014) ,“Data Fusion for Reducing Power Consumption in Arduino-Xbee Wireless Sensor Network Platform”. Arduino-Xbee Wireless Sensor Network, 1-6.

[22] V.K. Saxena ,Shashank Pushkar and (2016),“Cloud computing challenges and implementations”. Cloud computing, 2583- 2587.

[23] Viorel MIRON-ALEXE, (2017) ,Iot Power Consumption Monitoring System For Off-Grid Households, ELECTRONICS AND COMPUTERS SCIENCE, Vol.17 Issue 2.

MEMBER OF
Dow Jones
Sustainability Indices
In Collaboration with RobecoSAM

pttGroup
สานพลังสู่ความยั่งยืน

เพื่อการเติบโตทางธุรกิจ

พร้อมสร้างคุณค่าแก่สังคมและสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้รับการจัดอันดับเป็นสมาชิกในกลุ่มดัชนี Dow Jones Sustainability Indices (DJSI) 8 ปีต่อเนื่อง

แสดงถึงการบริหารจัดการองค์กรที่มีประสิทธิภาพ เทียบเคียงกับบริษัทชั้นนำในอุตสาหกรรมเดียวกันทั่วโลก คำนึงถึงสังคมและสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ลงทุนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระยะยาว

ตอกย้ำความมุ่งมั่นในการดำเนินธุรกิจ โดยให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการ 3 ด้านอย่างสมดุล คือการทำธุรกิจควบคู่กับการดูแลชุมชน สังคม (People) การอนุรักษ์รักษาทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม (Planet) และเป็นฐานความมั่นคงให้แก่ภาคเศรษฐกิจ สังคม เติบโตอย่างแข็งแรงและยั่งยืน (Prosperity)

Low Wind Speed Wind Turbine
"FT-5 kW Wind Turbine"

โครงการชั่งหัวมัน จ.เพชรบุรี

โครงการสาธิตผลิตไฟฟ้า อ.หัวไทร จ.นครศรีฯ

โครงการชั่งหัวมัน จ.เพชรบุรี

Wind Turbines

Specification

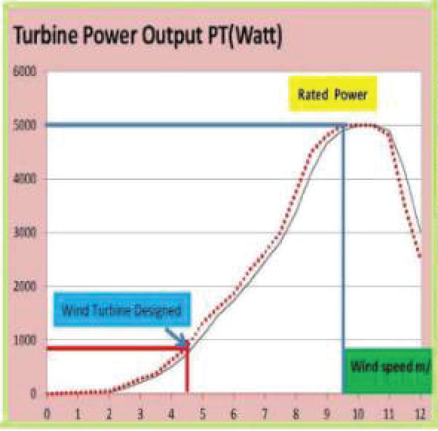
Rated Power & Wind Speed : 5kw@9.5m/s

Cut wind speed : 2.5 m/s

Rotor Diameter : 6.5 m

Hub height : 200

Tip Speed Ratio : 7



โครงการพระราชดำริ
ดอยม่อนล้าน จ.เชียงใหม่

บริษัท เอฟที เอนเนอร์จี จำกัด (สำนักงานใหญ่)
99/109 หมู่ที่ 2 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
02-159-0830 www.ft-energy.co.th

DYNAMACH ENGINEERING
NIA
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ
บริษัท ไดน่าแมค เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
5/16 หมู่ 17 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130
NEO SOLAR
ระบบบริหารจัดการน้ำ
เพื่อการเกษตรบนที่สูง
แหล่งเก็บน้ำบนพื้นที่สูง สูงจากพื้นที่เก็บน้ำด้านล่าง 80เมตร
800 m³
แหล่งน้ำบนที่ราบ
แผงโซล่าชนิดลอยน้ำ
ควบคุมการสั่ง วาล์วน้ำทุกตัว ผ่านเครือข่าย LoRa
Head : 65 m
"Motive" Neo Solar off grid inverter 11kW (Made in Italy)
ระบบควบคุม การจัดการน้ำ ผ่าน Smart Phone
ระบบสูบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ Inverter แบบประกอบ บนตัวมอเตอร์
ISLAND
www.dynamach.co.th
dynamach engineering
HOTLINE: 093 282 4295

SCAN INTER
สแกน อินเตอร์
CREATING
SUSTAINABLE
ENERGY
SCN
วิสัยทัศน์
ผู้นำนวัตกรรมเทคโนโลยี พลังงานในภูมิภาคเอเชีย แปซิฟิก
พันธกิจ
01 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานที่สะอาดและยั่งยืน นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างมูลค่าให้กับธุรกิจ
02 สร้างผลตอบแทนที่พึงพอใจให้กับนักลงทุน
03 บริหารจัดการทรัพยากรบุคคลให้มีคุณภาพ เพื่อสร้างแรงจูงใจและดำรงรักษาไว้ซึ่งทีมงานที่หลากหลาย ในบรรยากาศที่เกื้อกูลกัน
04 เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

21st Century Corporate Citizenship:
Social Value and Peacefulness to Society through Your Business
ปรับกลยุทธ์ธุรกิจ สู่ยุค New Normal
สู่การสร้างคุณค่าธุรกิจและการเติบโตอย่างยั่งยืน
NISE
SIA / SROI
บริการพัฒนาระบบการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI Framework Development Service)
บริการประเมินและจัดทำรายงานผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI Reporting Service) ตามกรอบมาตรฐานสากล (Social Value International)
บริการตรวจสอบรับรองรายงานผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI Report Assurance)
Impact Business
บริการเตรียมความพร้อมองค์กรสู่การรับรองมาตรฐาน Benefit Corporatation Certified ในฐานะตัวแทนประเทศ (Bcorp Thailand)
บริการประเมิน Social Impact Performance ขององค์กรตามมาตรฐาน BIA (Benefit Impact Assessment)
Join!!
Our Community
ถึงเวลาทำเรื่องสังคม...ให้สำคัญ
SOCIAL VALUE INTERNATIONAL
SOCIAL VALUE THAILAND
SVA
Certified B Corporation
B Impact Assessment
Nise : Network of Impact Social Enterprise
Email : info@nisecorporation.com Tel : 090-669-3961, 089-680-1233
Website : www.nisecorp.com

HUG TOWN
HUG
Town
TowN+DesigN LaB
InnovatioN LaB
LocaL ResearcH LaB

E4C.INNOVATION
TO THE INNOVATON MANAGMENT

นวัตกรรมไทย
www.innovation.go.th
MHESI
NIA
สวทช
NSTDA
บัญชีนวัตกรรมไทย
รหัสสินค้า 14000006
cep

TITUM
TITUM E PLUS SYSTEM
We'll take care of this!
Reduction of Electrical Usage
Better Air Quality - fresh and clean
Increase Machine Efficiency
Optimized For Open Space

#TREC
13
พลังงานชุมชน
บนฐาน
วิถีชีวิตใหม่

การประชุมสัมมนาวิชาการ
รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13
13th Thailand Renewable Energy for Community Conference