



วารสารวิชาการ พลังงาน ทดแทน สู่ชุมชน

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-เมษายน 2563

J-REC

JOURNAL OF
RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

ISSN 2630-0273

ISSN 2773-8639 (online)

J-REC BY TRECA

วารสารวิชาการ
**พลังงานทดแทน
สู่ชุมชน**

J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทนในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และงานวิชาการใหม่ๆ ด้านพลังงานทดแทนระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในทั้งภาครัฐและเอกชน
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจ ทำผลงานทางด้านพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ
4. เป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางด้านพลังงานทดแทนสู่การใช้งานจริงเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของประเทศไทย



เจ้าของและลิขสิทธิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ที่ตั้งสมาคมฯ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 ม.1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

โทร. 0-2549-3497 www.reca.or.th/jrec

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

พิมพ์ออกเผยแพร่ 3 ฉบับต่อปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม-เมษายน พฤษภาคม-สิงหาคม และ กันยายน-ธันวาคม
ติดต่อขอรับเป็นสมาชิกได้โดยตรงที่ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

พิมพ์ที่บริษัท ทริปเพิ้ล กรุป จำกัด

95 ถ.แจ้งวัฒนะ ช.6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 0-2521-8420 โทรสาร 0-2521-8424

วัตถุประสงค์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน แห่งประเทศไทย

- ส่งเสริมความร่วมมือ ทางด้านวิชาการระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน ในด้านพลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและ สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนต่างๆในประเทศไทย
- จัดหาทุน เพื่อสนับสนุนการศึกษา วิจัย ฝึกอบรม การดำเนินโครงการด้านพลังงานทดแทน ให้กับภาครัฐและภาคประชาชน
- ไม่ดำเนินการ ส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมใดๆ ที่มุ่งไปสู่การดำเนินงานทางการเมือง
- ไม่ดำเนินการ ให้มีการกระทำการอันผิดต่อขนบธรรมเนียมและจารีตประเพณีที่ดีของสังคมไทย

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมากอันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคง ทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

จุดมุ่งหมายสำคัญ

การทำงานกันทั้งส่วนภาครัฐและประชาชนในการใช้พลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนในประเทศไทย ตลอดจนการศึกษาวิจัย ดำเนินการหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่างๆ มาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อความเหมาะสมและให้เกิดความยั่งยืนของชุมชนและประชาชนในประเทศไทย

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

คณะกรรมการจัดทำวารสาร

วิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

คณะผู้ก่อตั้งวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยชนรินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช
รองศาสตราจารย์ ดร.อิสริยา หรรษาจรรยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี
นาย มนต์ริ ชาลีเครือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์มิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ อริยวิริยะนันท์
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง
พลโท กฤตภาส คงคาพิสุทธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิธ เรืองรุ่งชัยกุล
พลอากาศโทเอกราช ขาดิชัย
นายวิชัย เพ็ชรทองคำ
นายวิสูตร ยังพลจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญฤทธิ์ ประสาทแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เรืองวารี
อาจารย์สมควร แวดดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แวดศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร
ดร.อำพล อาภาธนากร
ดร.ภาสวรรณ วัชรดำรงศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ
หม่อมหลวงลือศักดิ์ จักรพันธ์
นายพิเนตร พรสวรรค์
นายสุกิต แก้วศรีสด

นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
เลขาธิการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยรัตนนคร
กรรมการและประชาสัมพันธ์สมาคมฯ
อุปนายกภาคใต้
อุปนายกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อุปนายกภาคกลาง
อุปนายกภาคเหนือตอนบน
อุปนายกภาคเหนือตอนล่าง
อุปนายกภาคตะวันออก
ปฎิคมสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
นายทะเบียนสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
และสมาชิกสามัญสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงวุฒิ ชูเมือง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มาริณา มะห์นิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรเชษฐ์ เพชรห้วยลึก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล
ผู้ช่วยเลขานุการดร. นันทพันธ์ นภัทรานันท์
ดร.พลกฤษณ์ คล้ายวิตภัทร
ดร.รวมพร นิคม
ดร.โชคชัย เหมือนมาศ
รองศาสตราจารย์ ดร.สมรักษ์ เกิดสุวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ นิลผึ้ง
ดร.ธวัชชัย วงศ์ช่าง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บัญญัติ นิยมवास
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ ศุภลักษณ์ปัญญา
ดร.อาริษา โสภากจารย์
ดร.สายใจ แก้วอ่อน
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย เทพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนะ รักความสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายศร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐวุฒิ ดุษฎี
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นามผล
ดร.สมมาส แก้วล้วน
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ภูริระวินิชกุล
ดร.เกียรติศักดิ์ เสงี่ยม
ดร.วาริช วีระพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณุช แจ่มสว่าง
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรศรี
ดร. สุรัชย์ ณัฐจันทร์ศรี

ดร.ชยานนท์ สวัสดิ์นฤนาท

ดร.หทัยทิพย์ สิ้นธยา

ดร.ณัฐยา ตันตรานนท์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพันธ์ ดั่งทองสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อชิตพล ศศิธรานวัฒน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
คณะอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.ชุมพร
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนโดยเน้นงานวิชาการความร่วมมือของเครือข่ายสมาชิกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA) ซึ่งฉบับแรกของปีที่ 3 วารสารฉบับนี้เป็นเนื้อหาของบทความทางวิชาการที่มุ่งสร้างผลงานที่เด่นทางด้านการวิจัยและมุ่งสู่การใช้งานจริง ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทางวิชาการที่สามารถถ่ายทอดให้แก่สังคม ทางด้านพลังงานทดแทนในสาขาต่างๆ เพื่อให้วารสารนี้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนวิชาการและแนวความคิดในแวดวงวิชาการทั้งผู้วิจัยและผู้อ่านอันเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลงานทางวิชาการสู่ชุมชนและสังคม โดยดำรงไว้ซึ่งความเป็นตัวตนทางวิชาการของผู้เขียนและวัตถุประสงค์ของสมาคมฯ ที่ทรงคุณค่าบทความในวารสารฉบับนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 10 บทความ ซึ่งในแต่ละบทความมีความเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันของรูปแบบพลังงานทดแทนต่างๆ ครอบคลุมกระบวนการในการวิจัยและการศึกษาสู่ภาคการใช้งาน ผู้อ่านจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากการอ่านวารสารฉบับนี้ ในแนวทางที่จะจุดประกายความคิดหรือการต่อยอดความคิดทางด้านพลังงานทดแทนสาขาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอ่านอย่างวิพากษ์และตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนในทางวิชาการอย่างสร้างสรรค์อันจะช่วยให้ความรู้และความคิดเดิมถูกแพร่ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งให้วารสารฉบับนี้เป็นแหล่งความรู้ในทุกระดับภาคส่วนของทุกคนในสังคมไทย โดยไม่ยึดติดตนเองและอยู่กับความรู้ความคิดเพียงบางมุมบางด้านเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เขียนและผู้อ่านมีความเป็นตัวตนทางวิชาการที่พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างไม่หยุดนิ่งและท้ายที่สุดแล้วความรู้ความคิดที่ถูกต่อขยายออกไปนั้น ก็จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศนทางความคิดของสังคมและชุมชนอย่างกว้างขวางอันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการของสังคมเพื่อความยั่งยืนของประเทศชาติกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะทำงานทุกท่าน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ และทุกภาคส่วนที่ได้สละเวลาอันมีค่าอ่านบทความ เพื่อความถูกต้องทางวิชาการ และเป็นวารสารที่ดีต่อการพัฒนาประเทศทั้งนี้หากผู้อ่านมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความสามารถขอความกรุณาโปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารและส่งบทความทางออนไลน์ที่ www.reca.or.th เพื่อการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อไป

กองบรรณาธิการ



สารบัญ

นวัตกรรมด้านพลังงาน

การเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดสำหรับระบายความร้อน	10
ในเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	
ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิกสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน	19
การอบแห้งเครื่องต้มยำโดยใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถึงหมูน	26
ชนิดแมกนีตรอนหลายตัวสำหรับวิสาหกิจชุมชน	

เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน

การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้ง	32
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูกกรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย	
การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตาเชิงเศรษฐกิจศาสตร์	37
เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์	
ผลกระทบพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานต่อความคุ้มค่าทางการเงิน	44
ของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์	

การบริหารจัดการพลังงาน

การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ	51
การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	58
ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย	
การจัดการชุมชนด้วยนวัตกรรมพลังงานและการมีส่วนร่วม :	65
กรณีศึกษา บ้านกระหม หมู่ 8 ตำบลนาบัว อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์	

สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

ผลกระทบจากการให้บริการวิชาการ การถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับ.....	73
การบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดิน ณ ตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย	
จังหวัดสุโขทัย	

การเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดสำหรับระบายความร้อนในเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ Sizing of Open Pond for Cooling of Water-Cooled Air Conditioner

วัชรพล วัชรจินดา^{1*} อรรถกร อาสนคำ² ธรรณิศา ดีทยาพ² และทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถใช้บ่อแบบเปิดเพื่อระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแทนการใช้หอผึ่งเย็น บ่อแบบเปิดมีสมรรถนะในการระบายความร้อนโดยกลไกต่าง ๆ ซึ่งสามารถรับความร้อนจากเครื่องปรับอากาศและระบายสู่สิ่งแวดล้อม หากบ่อมีขนาดเล็กเกินไป COP ของเครื่องปรับอากาศจะลดลง หรือหากบ่อมีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างและพื้นที่ งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองในการทำนายอุณหภูมิของน้ำในบ่อเปิด และเลือกขนาดของบ่อเปิดสำหรับอาคารสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศเฉพาะตอนกลางวัน โดยค่า COP ของเครื่องปรับอากาศไม่ต่ำกว่า 3.22 ตามเกณฑ์ระดับของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จากการศึกษาพบว่าปริมาตรของน้ำในบ่อที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000, 24,000, 36,000 และ 48,000 BTU/h จะมีค่า 0.82, 1.68, 2.54 และ 3.4 m³ ตามลำดับ ที่อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับความลึกของน้ำในบ่อเท่ากับ 10 โดยเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/h และ 24,000 BTU/h มีอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปเท่ากับ 26.10 และ 28.29 °C ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในวันก่อนหน้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.3 °C แต่ในส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 BTU/h และ 48,000 BTU/h มีอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปเท่ากับ 30.34 และ 32.00 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่า และจากการศึกษาการเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อความลึกของบ่อ โดยที่ปริมาตรของน้ำเท่าเดิม พบว่ามีผลต่ออุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไป โดยการเลือกอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับความลึกที่เหมาะสม จะช่วยลดอุณหภูมิของน้ำในบ่อ โดยที่อัตราส่วนมากกว่า 15.2 และ 20.1 อุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปพบว่า มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในบ่อวันก่อนหน้า สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 และ 48,000 BTU/h ตามลำดับ

คำสำคัญ : บ่อแบบเปิด, การเลือกขนาด, เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ, การระบายความร้อน, สมรรถนะการทำงานเย็น

บทนำ

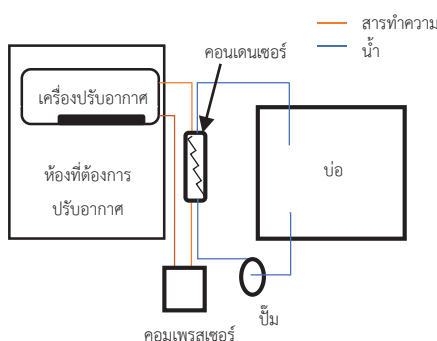
เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับอากาศบริเวณที่ต้องการให้มีอุณหภูมิที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันโดยเฉพาะประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อน แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง ส่วนใหญ่ระบบปรับอากาศจะใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็นที่ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศและระบายออกที่ชุดระบายความร้อนหรือคอนเดนเซอร์ มีรายงานการทดสอบสมรรถนะระบบปรับอากาศที่ใช้ น้ำและอากาศระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ พบว่าแบบระบายความร้อนด้วยน้ำลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 25% เทียบกับการระบายความร้อนด้วยอากาศ [1]

* Corresponding author: Tel.: 091-8514372. E-mail address: watcharapon_wa@cmu.ac.th

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำมักจะใช้กับระบบที่มีความต้องการภาระการทำความเย็นสูง หรือเป็นระบบที่มีการระบายความร้อนแบบรวมศูนย์ใช้เครื่องปรับอากาศหลายเครื่อง โดยจะมีหอผึ่งเย็น (Cooling Tower) ขนาดใหญ่ผลิตน้ำเย็นไปใช้ระบายความร้อนให้แก่ชุดทำความเย็น อย่างไรก็ตามระบบหอผึ่งเย็นใช้พลังงานค่อนข้างสูงโดยเฉพาะหากมีการใช้เครื่องปรับอากาศในจำนวนน้อย

การใช้อุปกรณ์เปิดเพื่อระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์เครื่องปรับอากาศโดยมีกลไกต่างๆ เช่น การแผ่รังสีของน้ำสู่ท้องฟ้า การนำความร้อน การพาความร้อน และการระเหยของน้ำ [2] สามารถรับความร้อนจากเครื่องปรับอากาศและระบายสู่สิ่งแวดล้อมทดแทนและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่หอผึ่งเย็น แต่หากมีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่หรือจำนวนมาก เช่นการใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน หากบ่อมีขนาดเล็กเกินไปอุณหภูมิในบ่อน้ำจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้สัมประสิทธิ์การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance, COP) ลดลง หรือหากบ่อมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อยังคงมีค่าสูง และการระบายความร้อนในตอนกลางคืนไม่สามารถทำให้อุณหภูมิในบ่อต่ำกว่าในวันก่อนหน้าได้ ทำให้เกิดความร้อนสะสมในบ่อ สมรรถนะการระบายความร้อนในตอนกลางวันลดลง อีกทั้งยังสิ้นเปลืองค่าก่อสร้างและพื้นที่

ดังนั้นแนวคิดสำหรับงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและเลือกขนาดบ่อน้ำแบบเปิด สำหรับระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำแทนการใช้หอผึ่งเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศเฉพาะตอนกลางวัน ดังภาพที่ 1 โดยความร้อนที่ได้จากการปรับอากาศ จะระบายสู่บ่อน้ำในตอนกลางวัน และตอนกลางคืนความร้อนที่สะสมในบ่อจะถูกระบายสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำลดต่ำลงไม่น้อยกว่าอุณหภูมิของน้ำในวันก่อนหน้า ทำให้สามารถนำน้ำจากบ่อน้ำมาระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกครั้งในตอนกลางวัน ซึ่งเป็นการระบายความร้อนแบบธรรมชาติสามารถทดแทนและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่หอผึ่งเย็น

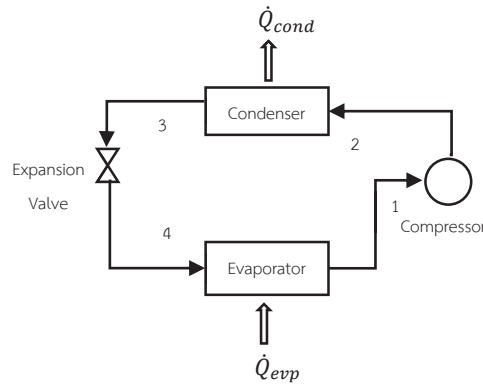


ภาพที่ 1 การใช้น้ำแบบเปิดในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ วาล์วขยายตัว และอีวาพอเรเตอร์ ดังภาพที่ 2 คอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นซึ่งอยู่ในสถานะเป็นไอที่จุด 1 และอัดให้มีความดันสูงขึ้นมาที่จุด 2 สารทำงานจะเป็นแก๊สที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง ถูกนำมาระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ และสารทำงานจะควบแน่นเป็นของเหลว ที่จุด 3 จากนั้นสารทำงานจะลดความดันและอุณหภูมิโดยผ่านเอ็กซ์แพนชันวาล์วมาที่จุด 4 เพื่อมารับความร้อนที่อีวาพอเรเตอร์ และเปลี่ยนสถานะเป็นไอใหม่ที่จุด 1 จากนั้นเริ่มวัฏจักรการทำงานใหม่ต่อไป [3]



ภาพที่ 2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

อัตราความร้อนที่อีวาพอเรเตอร์ คำนวณจาก

$$\dot{Q}_{evp} = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_4) \quad (1)$$

อัตราความร้อนระบายออกที่คอนเดนเซอร์ คำนวณจาก

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3) \quad (2)$$

เมื่อ $\dot{m}_{ref}$ คืออัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)

กำลังงานที่คอมเพรสเซอร์ คำนวณได้จาก

$$\dot{W} = \dot{Q}_{cond} - \dot{Q}_{evp} \quad (3)$$

การหาประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น ส่วนใหญ่นิยมหาในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) สามารถคำนวณได้จาก

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evp}}{\dot{W}} \quad (4)$$

และค่า COP ยังสามารถประเมินได้จาก

$$COP = \eta \left(\frac{T_L}{T_H - T_L} \right) \quad (5)$$

เมื่อ η คือค่าคงที่มีค่าประมาณ 0.5 [4], T_L คืออุณหภูมิอีวาพอเรเตอร์ ในที่นี้จะกำหนดให้ T_L ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสถานะอากาศภายในห้อง $T_{room@dewpoint}$ (โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 13 °C) โดย

$$T_L = T_{room@dewpoint} - \Delta T_{evp} \quad (6)$$

เมื่อ ΔT_{evp} คืออุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอีวาพอเรเตอร์กับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของสถานะอากาศภายในห้อง (°C)

T_H คืออุณหภูมิคอนเดนเซอร์ จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อ โดย

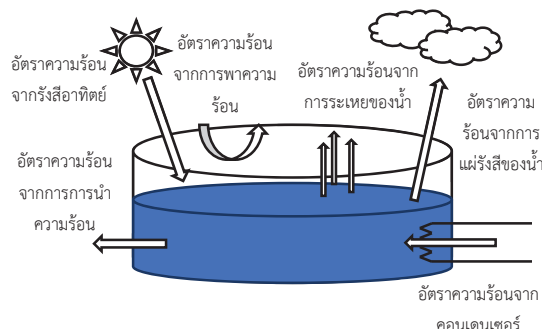
$$T_H = T_{pond} - \Delta T_{cond} \quad (7)$$

เมื่อ T_{pond} คืออุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในบ่อ (°C), ΔT_{cond} คืออุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิคอนเดนเซอร์และอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในบ่อ (°C)

ค่า COP จะถูกนำไปเป็นดัชนีชี้วัดเพื่อทำการเลือกขนาดของบ่อแบบเปิด โดยขนาดของบ่อที่เหมาะสมจะทำให้ค่า COP ของระบบทำความเย็นมีค่าไม่ต่ำกว่า 3.22 ซึ่งเป็นค่า COP ของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ที่กำหนดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2. แบบจำลองสมการของบ่อน้ำ

อัตราความร้อนที่ได้รับจากเครื่องปรับอากาศจะถูกส่งมาที่บ่อน้ำ ทั้งนี้บ่อน้ำจะมีกลไกการระบายความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ [2] ดังภาพที่ 3 ในตอนกลางวันบ่อน้ำได้รับอัตราความร้อนที่ระบายออกที่คอนเดนเซอร์และอัตราความร้อนจากรังสีอาทิตย์ มากกว่าอัตราความร้อนที่ระบายออกของบ่อสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อเพิ่มสูงขึ้น และในตอนกลางคืนไม่มีการระบายความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ รวมถึงอัตราความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ มีเพียงอัตราความร้อนที่ระบายออกของบ่อสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อลดลง และถ้าเลือกขนาดที่เหมาะสม อุณหภูมิในบ่อจะเพิ่มขึ้นมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิในบ่อน้ำในวันก่อนหน้า ทำให้การระบายความร้อนจากระบบปรับอากาศในวันถัดมาทำได้ดีขึ้น



ภาพที่ 3 อัตราการถ่ายเทความร้อนของบ่อน้ำ

สมดุลพลังงานของบ่อน้ำแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\rho_w C_{pw} V_{pond} \frac{dT_{pond}}{dt} = \dot{Q}_{tot} \quad (8)$$

เมื่อ ρ_w คือค่าความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3), C_{pw} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg.K), V_{pond} คือปริมาตรของน้ำในบ่อ (m^3), T_{pond} คืออุณหภูมิของน้ำในบ่อ ($^{\circ}\text{C}$), $\dot{Q}_{tot}$ คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของบ่อน้ำ (kW)

โดยที่อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมของบ่อ ($\dot{Q}_{tot}$) ประกอบด้วย อัตราความร้อนจากคอนเดนเซอร์ อัตราความร้อนจากรังสีอาทิตย์ การระเหยของน้ำ และ การระบายความร้อนจากบ่อสู่สิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการอื่น

อัตราความร้อนที่บ่อน้ำได้รับจากรังสีอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{Q}_{sol} = A_{pond} \alpha_{sol} G_{sol} \quad (9)$$

เมื่อ A_{pond} คือพื้นที่หน้าตัดของบ่อน้ำ (m^2), α_{sol} คือสภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของน้ำ, G_{sol} คือความเข้มของรังสีอาทิตย์ต่อพื้นที่ (W/m^2)

อัตราความร้อนที่ออกจากบ่อน้ำ โดยการแผ่รังสีระหว่างน้ำในบ่อกับท้องฟ้า สามารถคำนวณได้จาก [5]

$$\dot{Q}_{rad} = A_{pond} \epsilon_f \sigma \left[(T_{pond} + 273)^4 - (T_{sky} + 273)^4 \right] \quad (10)$$

เมื่อ ϵ_f คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของน้ำมีค่าเท่ากับ 0.95 [2], σ คือ ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$, T_{sky} คือ อุณหภูมิของท้องฟ้า ($^{\circ}\text{C}$)

โดยที่อุณหภูมิของท้องฟ้าคำนวณจาก [6]

$$T_{sky} = T_{amb} \epsilon_{sky}^{0.25} \quad (11)$$

เมื่อ T_{amb} คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$) , ϵ_{sky} คือค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของท้องฟ้า โดยค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของท้องฟ้าคำนวณจาก[6]

$$\varepsilon_{sky} = 0.754 + 0.0044T_{dew} \quad (12)$$

เมื่อ T_{dew} คืออุณหภูมิจุดน้ำค้าง (°C)
โดยที่ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างคำนวณจาก [8]

$$T_{dew} = \left(\frac{RH}{100} \right)^{\frac{1}{8}} (112 + 0.9T_{amb}) + 0.1T_{amb} - 112 \quad (13)$$

เมื่อ RH คือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
การคำนวณอัตราความร้อนที่ออกจากบ่อน้ำจากการระเหยของน้ำ คำนวณได้จาก [5]

$$\dot{Q}_{evap} = h_{evap} A_{pond} (P_w - P_a) \quad (14)$$

เมื่อ h_{evap} คือสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำ ($W/m^2 \cdot Pa$), P_w คือความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวน้ำ (kPa), P_a คือความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (kPa)
โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำ คำนวณจาก [5]

$$h_{evap} = 0.036 + 0.025v_{wind} \quad (15)$$

เมื่อ v_{wind} คือความเร็วลม (m/s)
การคำนวณอัตราความร้อนที่ออกจากบ่อน้ำจากการพาความร้อนที่ผิวน้ำของบ่อ สามารถคำนวณได้จาก [5]

$$\dot{Q}_{conv} = A_{pond} h_c (T_{pond} - T_{amb}) \quad (16)$$

เมื่อ h_c คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)
โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคำนวณได้จาก [7]

$$h_c = 2.8 + 3.0v_{wind} \quad (17)$$

อัตราสูญเสียความร้อนด้านข้างของบ่อน้ำจากการนำความร้อน มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการถ่ายเทความร้อนแบบอื่น [8] อีกทั้งสามารถหุ้มฉนวนรอบบ่อ เพื่อลดการสูญเสียอัตราความร้อนจากการนำได้ ดังนั้นจึงไม่คิดการสูญเสียนี้

จากสมการที่ (8) แทนค่าตัวแปรต่างๆที่อยู่ในสมการ ทำให้ได้แบบจำลองที่ใช้ทำนายอุณหภูมิของน้ำในบ่อในแต่ละช่วงเวลา โดยแบ่งการทำงานของระบบเป็นสองช่วงเวลาคือกลางวันและกลางคืน

-ตอนกลางวัน (8:00-17:00น.) ระบบทำความเย็นจะดึงความร้อนภายในห้องโอบายที่บ่อน้ำ การหาอุณหภูมิของน้ำในบ่อตอนกลางวัน สามารถหาได้ดังนี้

$$T_{pond_{t+\Delta t}} = T_{pond_t} + \Delta t [\dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{sol} - \dot{Q}_{rad} - \dot{Q}_{evap} - \dot{Q}_{conv}] / \rho_w c_{pw} V_{pond} \quad (18)$$

-ตอนกลางคืน (17:00-8:00น.) บ่อน้ำจะระบายความร้อนกับสิ่งแวดล้อม และสมมติว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนในช่วงเช้ามีค่าน้อยมาก ($\dot{Q}_{sol} = 0$) และอัตราความร้อนจากคอนเดนเซอร์ ($\dot{Q}_{conden} = 0$) สามารถหาอุณหภูมิของน้ำในบ่อตอนกลางคืนได้ดังนี้

$$T_{pond_{t+\Delta t}} = T_{pond_t} + \Delta t [-\dot{Q}_{rad} - \dot{Q}_{evap} - \dot{Q}_{conv}] / \rho_w c_{pw} V_{pond} \quad (19)$$

เมื่อสามารถทำนายอุณหภูมิของน้ำในบ่อแต่ละช่วงเวลาก็จะสามารถหาอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ (T_H) เพื่อใช้ในการหาค่า COP ของเครื่องปรับอากาศได้จากสมการที่ (5) ทั้งนี้ขนาดและรูปร่างของบ่อจะต้องมีความเหมาะสม เพื่อให้ COP มีค่าไม่ต่ำกว่า 3.22 และอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปสามารถลดลงโดยที่อุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิในบ่อในวันก่อนหน้า

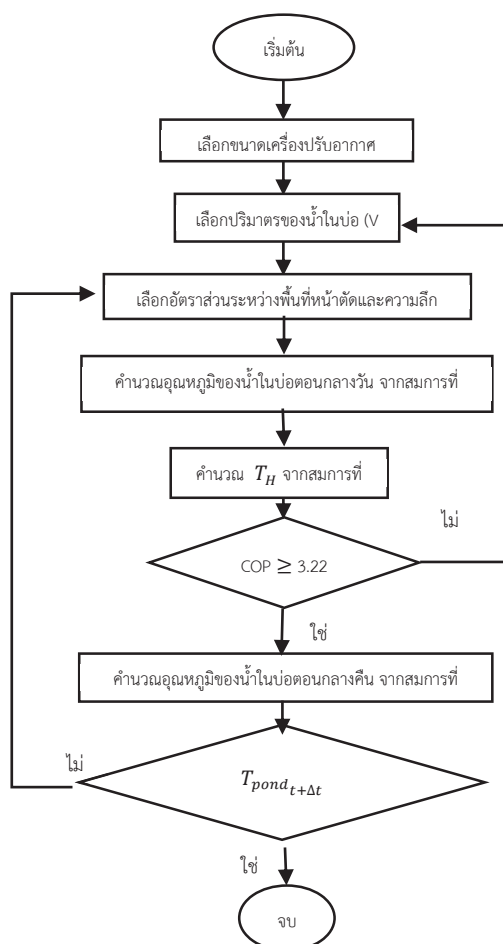
วิธีการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดสำหรับระบายความร้อนที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ โดยการจำลองการเลือกขนาด กำหนดเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 8:00-17:00 น. และระบายความร้อนของบ่อแบบเปิดตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18:00-6:00 น. ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 15-16 เมษายน กำหนดให้ห้องฟ้าแจ่มใส โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
-อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในบ่อ	28.3	°C
-อุณหภูมิของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ	25	°C
-อุณหภูมิแตกต่างที่ฮีวเปอร์เตอร์	5	°C
-อุณหภูมิแตกต่างที่คอนเดนเซอร์	5	°C
-ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในห้อง	50%	-
-ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอก	60%	-
-ความเร็วลม	1	m/s

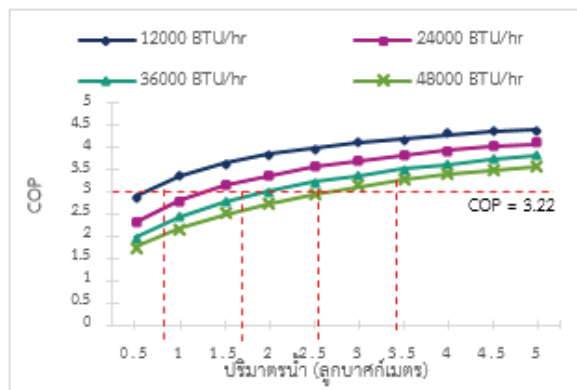
โดยเงื่อนไขในการเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดที่เหมาะสม ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศจะต้องมีระดับประสิทธิภาพเท่ากับ เบอร์ 5 หรือ COP ไม่ต่ำกว่า 3.22 โดยอุณหภูมิของน้ำในบ่อวันถัดไป จะไม่สูงกว่าอุณหภูมิในวันก่อนหน้า โดยการจำลองการเลือกขนาด มีขั้นตอนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการจำลองการเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดสำหรับระบายความร้อนที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการจำลองการทำงานของระบบ การเปลี่ยนขนาดปริมาตรของน้ำในบ่อของเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ โดยอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของบ่อ (A/D) เท่ากับ 10 ส่งผลต่อค่า COP ของเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง COP กับปริมาตรของน้ำของเครื่องปรับอากาศในแต่ละขนาด

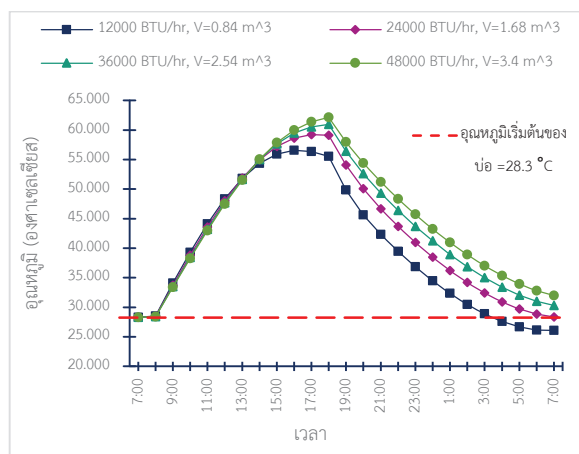
จากภาพที่ 5 แสดงค่า COP เครื่องปรับอากาศในแต่ละขนาด เมื่อมีการเปลี่ยนปริมาตรของบ่อน้ำ ที่มีการใช้ระบายนความร้อน โดย COP ของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูงขึ้น ตามปริมาตรของน้ำในบ่อที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำในบ่อตอนกลางวันจะเพิ่มขึ้นช้ากว่าในบ่อขนาดเล็ก ทำให้สามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น และ COP จะมีค่าลดลงตามขนาดของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากมีอัตราการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์สูงขึ้นทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อมีค่าสูง

ปริมาตรของน้ำในบ่อที่เหมาะสมจะต้องสอดคล้องกับขนาดของเครื่องปรับอากาศ ตามเกณฑ์เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 โดยค่า COP จะต้องไม่ต่ำกว่า 3.22 จากผลการศึกษาพบว่าขนาดของบ่อที่เหมาะสมกับขนาดเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2

จากภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างการระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศในแต่ละขนาด โดยเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/h และ 24,000 BTU/h มีอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปเท่ากับ 26.10 และ 28.29 °C ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในวันก่อนหน้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.3 °C แต่ในส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 BTU/h และ 48,000 BTU/h มีอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปเท่ากับ 30.34 และ 32.00 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนขนาดของบ่อเพื่อให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในวันก่อนหน้า

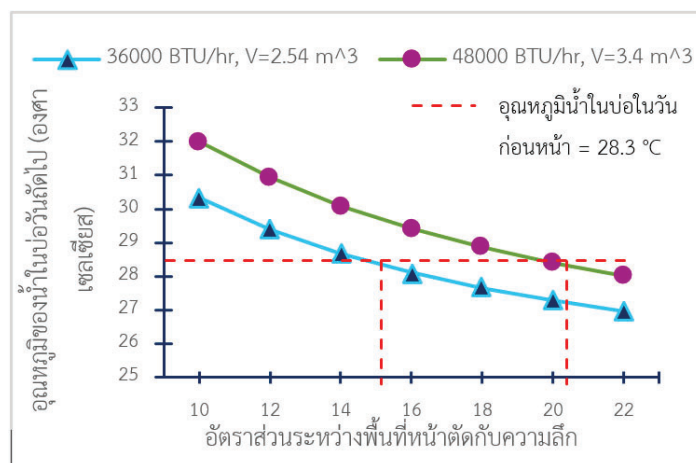
ตารางที่ 2 ปริมาตรน้ำที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศแต่ละขนาด

ขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU/h)	ปริมาตรน้ำ (m³)
12,000	0.84
24,000	1.68
36,000	2.54
48,000	3.40



ภาพที่ 6 อุณหภูมิของน้ำในบ่อที่ใช้ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแต่ละขนาดในแต่ละช่วงเวลา

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อความลึกของน้ำในบ่อ ซึ่งมีผลต่อการระบายความร้อนตอนกลางคืนและอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไป จากการจำลองการเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อความลึกของบ่อ โดยที่ปริมาตรของน้ำเท่าเดิม พบว่าค่า COP ของเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 และ 48,000 BTU/h มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนปริมาตรน้ำในบ่อ แต่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไป โดยการเลือกอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับความลึกที่เหมาะสม จะช่วยลดอุณหภูมิของน้ำในบ่อ ดังผลแสดงในภาพที่ 8 ที่อัตราส่วนมากกว่า 15.2 และ 20.1 อุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปพบว่า มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำในบ่อวันก่อนหน้า สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 และ 48,000 BTU/h ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำสำหรับกลับมาระบายความร้อนในวันถัดไป กับอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับความลึก

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการเลือกขนาดของบ่อแบบเปิดสำหรับระบายความร้อนที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ โดยการจัดการทำงานจากระบบ สรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ขนาดของบ่อที่มากขึ้น จะมีศักยภาพในการระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์ในตอนกลางคืนมากขึ้น โดย COP จะมีค่าสูงขึ้น บ่อที่มีขนาดเล็กเกินไปการระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะมีสมรรถนะลดลง และถ้าบ่อมีขนาดใหญ่เกินไป

ถึงแม้ COP จะมีค่าสูงขึ้น แต่จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ขนาดของบ่อที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ควรจะมีค่าที่ทำให้ COP ของระบบมีค่าไม่ต่ำกว่า 3.22 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5

2. ปริมาตรของน้ำในบ่อที่มีค่าสูง แม้ว่าจะช่วยให้การระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์ในตอนกลางวันทำได้ดี แต่การระบายความร้อนในช่วงเวลากลางคืน อาจไม่เพียงพอในการลดอุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไป ให้ต่ำกว่าตอนเริ่มต้นของวันแรก ในกรณีเครื่องปรับอากาศมีขนาดใหญ่

3. การเลือกอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดต่อความลึกของน้ำในบ่อที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการลดอุณหภูมิของน้ำในบ่อในช่วงกลางคืน ที่อัตราส่วนมากกว่า 15.2 และ 20.1 อุณหภูมิของน้ำในบ่อในวันถัดไปสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 และ 48,000 BTU/h ตามลำดับ พบว่า มีค่า 28.3 °C เท่ากับอุณหภูมิของน้ำในบ่อวันก่อนหน้า จากเดิมที่มีค่าเท่ากับ 30.34 และ 32.00 °C ตามลำดับ ที่อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับความลึกของน้ำในบ่อเท่ากับ 10

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] R. K. Sun, A. M. R. Al-Marafie, and G. P. Maheshwari. **Water-cooled air-conditioning systems for energy and power saving.** *Int. J. Ambient Energy*, vol. 10, no. 3, pp. 123–128, 1989.
- [2] E. Ruiz and P. J. Martínez. **Analysis of an open-air swimming pool solar heating system by using an experimentally validated TRNSYS model.** *Sol. Energy*, vol. 84, no. 1, pp. 116–123, 2010
- [3] J. Liu, F. Qin, X. Xie, and L. Zhang. **An Applied Research on the Compound Air Conditioning System of Ground Source Direct Cooling System and Water Storage Tank System.** *Procedia Eng.*, vol. 146, pp. 559–566, 2016.
- [4] Riffe, D. R. . **Is There a Relationship Between the Ideal Carnot Cycle and the Actual Ideal Carnot Cycle and the Actual Vapor Compression Cycle?.** (1994). *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*. Paper 249.
- [5] G. Zsembinszki, M. M. Farid, and L. F. Cabeza. **Analysis of implementing phase change materials in open-air swimming pools.** *Sol. Energy*, vol. 86, no. 1, pp. 567–577, 2012.
- [6] J. C. Lam and W. W. Chan. **Life cycle energy cost analysis of heat pump application for hotel swimming pools.** *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, no. 11, pp. 1299–1306, 2001.
- [7] M. P. Wanielista, R. Kersten, and R. Eaglin. **Hydrology : Water Quantity and Quality Control , 2nd Edition.** 1996.
- [8] J. Woolley, C. Harrington, and M. Modera. **Swimming pools as heat sinks for air conditioners: Model design and experimental validation for natural thermal behavior of the pool.** *Build. Environ.*, vol. 46, no. 1, pp. 187–195, 2011.

ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิกสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน Ceramic Heat Radiation Drying System for Community Products

วรรณิตา ทองพัด^{1*} อัมพล อาภาธนากร² พิสิษฐ์ มณีโชติ³

^{1,2} สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ³ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมรรถกฤตเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน นับว่าเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้อย่างหลากหลาย กระบวนการอบแห้งเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดความชื้นของวัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและการผลิตสินค้าชุมชน จึงเกิดแนวคิดในการเลือกใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของระบบอบแห้งที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ในชุมชน “ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก” เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยการแผ่พลังงานความร้อนจากเซรามิกชนิดพิเศษที่รับความร้อนจากหัวเผาเพื่อปลดปล่อยคลื่นความร้อนที่เรียกว่า อินฟราเรด ในย่านอินฟราเรดระยะไกล (Far Infrared - FIR) เพื่อสร้างความร้อนที่ภายนอกอินฟราเรด และมีพลังงานส่วนหนึ่งที่แทรกเข้าไปในชั้นผิวของวัสดุที่อบ จึงส่งผลให้เกิดการส่งผ่านความชื้นจากด้านในของวัสดุสู่ด้านนอกอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คุณภาพการอบแห้งดี ไม่ทำลายโครงสร้างของวัตถุดิบ ลดระยะเวลาการอบ และประหยัดพลังงาน รสชาติ สี กลิ่นและรส ที่คงเดิม ตัวอย่างเช่น การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าดิบ ใช้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อแปรรูปเป็นผงกล้วย และทดสอบอบดอกอัญชัน เพื่อแปรรูปเป็นชา ใช้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากการทดลองจะได้ผงกล้วยและดอกอัญชัน ที่มีรสชาติและสีตรงตามที่ต้องการ คือ สี กลิ่น และรสชาติคงเดิมซึ่งเป็นการยกระดับคุณภาพและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ ทำให้เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์การอบแห้งผลิตภัณฑ์และเกิดประโยชน์ต่อการนำไปสู่การใช้งานจริงในแต่ละชุมชน

คำสำคัญ: การอบแห้ง เซรามิก การแผ่รังสี FIR

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพหรือดำรงอยู่ได้โดยมีความเกี่ยวพันกับการเกษตร การพัฒนาการเกษตรจึงเป็นการพัฒนาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะจะส่งผลให้ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศมีรายได้สูงขึ้นและมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ในปัจจุบันมีการนิยมการแปรรูปสินค้าเกษตร เป็นสินค้าอุปโภคและบริโภค เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา รวมถึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชุมชนใหม่ๆ ที่มีความหลากหลาย เพิ่มทางเลือกและเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ โดยสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การหมัก การแช่เยือกแข็ง การทำให้แห้ง การแปรรูปด้วยความร้อน เป็นต้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยการนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูป นับว่าเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้อย่างหลากหลาย ซึ่งกระบวนการอบแห้งเป็นขั้นตอนสำคัญ ในการลดความชื้นของวัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและการผลิตสินค้าชุมชน เช่น อาหารแห้ง เครื่องดื่มชนิดผง การผลิตสมุนไพร การย้อมผ้า ของใช้และของตกแต่งจากไม้ โดยการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์ของชุมชนในปัจจุบันจะเน้นการตามคตตามธรรมชาติหรือการอบด้วยลมร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ไม่คงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของอาหารที่จะมีการปนเปื้อนจากสภาวะแวดล้อม ไม่ถูกสุขอนามัย จึงเกิดแนวคิดในการสร้าง

* Corresponding author: E-mail address: wannita.t@nia.or.th

กระบวนการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐ องค์กรภาคสังคม และภาคประชาชน โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของระบบอบแห้งที่เหมาะสมกับการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์ในชุมชน ทั้งในแง่ของการลงทุน ตลอดจนความคุ้มค่าทางด้านพลังงาน การบำรุงรักษา และใช้งานที่สามารถตอบสนองความต้องการของชุมชนได้ กล่าวคือ “ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก” ซึ่งอาศัยการแผ่พลังงานความร้อนจากเซรามิกชนิดพิเศษที่รับความร้อนจากหัวเผาเพื่อปลดปล่อยคลื่นความร้อนที่เรียกว่า อินฟราเรด ในย่านอินฟราเรดระยะไกล (Far Infrared - FIR) เพื่อสร้างความร้อนที่ภายนอกอินฟราเรด และมีพลังงานส่วนหนึ่งที่แทรกเข้าไปในชั้นผิวของวัสดุที่อบ จึงส่งผลให้เกิดการส่งผ่านความร้อนขึ้นจากด้านในของวัสดุสู่ด้านนอกอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คุณภาพการอบแห้งดี ไม่ทำลายโครงสร้างของวัตถุดิบ ลดระยะเวลาการอบ [1] และประหยัดพลังงาน [1] [2] [3] เมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการอบแห้งระหว่างการอบแห้งแบบอินฟราเรดระยะไกล แบบลมร้อน และแบบป้อนความร้อน สำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ผักกึ๋นขาวไรซ์เบอร์รี่ ที่อุณหภูมิเท่ากัน [4] พบว่าการอบแห้งแบบอินฟราเรดระยะไกลจะช่วยประหยัดพลังงานได้ถึงประมาณร้อยละ 50 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอม และมีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งแบบลมร้อนและแบบป้อนความร้อน สามารถอบแห้งในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 40 – 300 องศาเซลเซียส

ดังนั้น จึงเกิดความร่วมมือระหว่าง สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สนช.) กับ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ในการเลือกใช้เทคโนโลยี ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก เพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์และยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชน

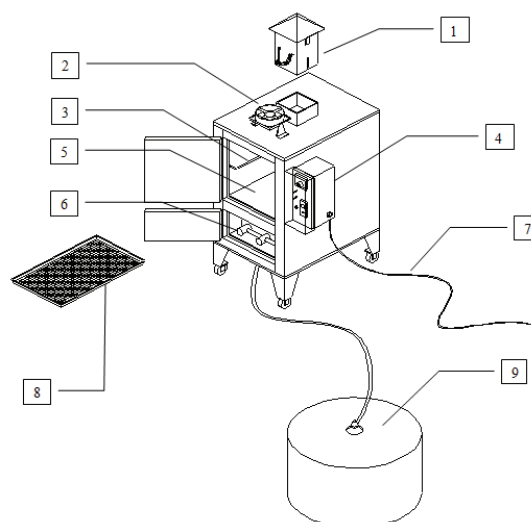
วิธีการวิจัย

ข้อมูลเทคโนโลยี

ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก

เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งที่ใช้มีขนาด 5 – 10 kg ภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เป็นแบบถาดคงที่ มีระบบควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ และติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดรังสีไวด้านล่างห้องอบแห้ง ทำให้เมื่อป้อนวัสดุที่มีชั้นความหนาแน่นมากเกินรังสีความร้อนอาจแผ่กระจายไปไม่ถึงทั่วถึงผิววัสดุ ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนกำเนิดความร้อน (ห้องเผาไหม้) ส่วนห้องอบแห้ง และกล่องควบคุม (ภาพที่ 1) โดยมีรายละเอียดและส่วนประกอบดังนี้



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งที่ใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลของเซรามิก

- | | | |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| 1 ช่องระบายอากาศ | 2 พัดลมดูดอากาศ | 3 ชั้นวางถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ |
| 4 ถังเก็บน้ำ | 5 แผ่นเซรามิก | 6 หัวแก๊ส |
| 7 ปลั๊กไฟ | 8 ถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ | 9 แหล่งเชื้อเพลิง (แก๊ส LPG) |

ตู้อบ เป็นตู้สี่เหลี่ยมสองชั้นที่ตรงกลางกรุด้วยใยแก้วทำหน้าที่กั้นความร้อน ตัวตู้ทำจากอลูมิเนียมเกรดใช้สำหรับอาหาร

ชุดควบคุม เป็นชุดควบคุมที่ต่อเชื่อมกับเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น โดยหน้าจะเป็นระบบ Touch screen จะทำหน้าที่ดังนี้

1. กำหนดตั้งค่าอุณหภูมิการอบแห้งโดยจะมีค่าความเที่ยงตรง ± 1 องศาเซลเซียส
2. ทำหน้าที่บันทึกค่าการอบแห้งทั้งอุณหภูมิและความชื้นของการอบ พร้อมทั้งสามารถบันทึกรูปแบบการอบแห้งได้เพื่อสร้างโปรแกรมการอบแห้งครั้งต่อไปได้
3. สามารถกำหนดช่วงอุณหภูมิในการอบแห้งที่สัมพันธ์ต่อความชื้นเพื่อให้ได้ผลการอบแห้งที่ดีที่สุดในการอบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด
4. สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิแวดล้อมจนถึง 300 องศาเซลเซียส
5. ทำหน้าที่ควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและพัดลมดูดอากาศ ให้ทำงานสัมพันธ์กันซึ่งสามารถกำหนดเป็นเงื่อนไขการอบหรือ ปรับตามสภาพการอบในสภาวะจริง

ชุดปล่องระบายอากาศ ทำหน้าที่ระบายความชื้นของอากาศภายในตู้อบ ซึ่งสามารถที่จะระบายได้ทั้งแบบธรรมชาติหรือแบบใช้พัดลมดูดอากาศออกซึ่งจะทำงานภายใต้การรับคำสั่งจากชุดควบคุม

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ทำหน้าที่ในการตรวจวัดและส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมเพื่อทำการสั่งการให้ระบบต่างๆทำงานตามคำสั่งในการอบแห้งหรืออบอาหารตามความต้องการ

หัวเผา ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งผ่านชุดควบคุมและทำการเปิด-ปิดระบบไฟเพื่อให้อุณหภูมิไปที่แผ่นเซรามิกในการให้ความร้อนในการอบแห้งหรืออบอาหาร

ชุดแผ่นพลังงานความร้อนจากเซรามิก เป็นแผ่นเซรามิกชนิดพิเศษที่รับความร้อนจากหัวเผาเพื่อปลดปล่อยคลื่นความร้อนที่อยู่ในย่านอินฟราเรด (IR) และ อินฟราเรดระยะไกล (FIR) เพื่อสร้างความร้อนทั้งภายนอกจากอินฟราเรดและมีพลังงานส่วนหนึ่งที่แทรกเข้าไปในชั้นผิวของวัสดุที่อบ จึงส่งผลให้เกิดการส่งผ่านความร้อนจากด้านในของวัสดุอบสู่ด้านนอกอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คุณภาพการอบแห้งดี ไม่ทำลายโครงสร้างของวัสดุอบ ลดระยะเวลาการอบและประหยัดพลังงาน

การดำเนินโครงการ

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ร่วมกับ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ร่วมคัดเลือกผู้เข้าร่วมโครงการตามเกณฑ์ ดังนี้ 1) ความสำคัญของปัญหา 2) กระบวนการแก้ปัญหา 3) โอกาสในการขยายผล (ธุรกิจและสังคม) และ 4) เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก วิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ ได้ออกแบบและผลิตเครื่องอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก (ภาพที่ 2) และผู้เข้าร่วมโครงการได้ร่วมมือกับกรมและทดสอบการใช้งานเครื่องดังกล่าว (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการผลิตเครื่องอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก

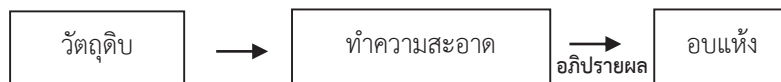


ภาพที่ 3 ตัวอย่างการอบรมและทดสอบการใช้งาน

ขั้นตอนการแปรรูปกล้วยอบแห้งเบื้องต้น



ขั้นตอนการแปรรูปดอกอัญชัญอบแห้งเบื้องต้น



ระบบอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิกสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน มีผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวน 16 ราย (ตารางที่ 1) และได้ดำเนินการทดสอบผลิตภัณฑ์อบแห้งให้แก่ผู้เข้าร่วมโครงการ (ตารางที่ 2) ตัวอย่างเช่น วิสาหกิจชุมชน เครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ ทดสอบอบกล้วย ใช้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4) ได้สีคงเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ระยะเวลาการอบ 3 วัน และสีของกล้วยคล้ำ ออกสีน้ำตาล วิสาหกิจชุมชนวิถีเกษตรตำบลเมืองจันท์ ทดสอบอบดอกอัญชัน ใช้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 5) สีของผลิตภัณฑ์คงยังไม่เปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อเทียบกับการตากแห้งโดยธรรมชาติ ระยะเวลาในการตาก 1-2 วัน ซึ่งการตากแห้งโดยธรรมชาติ อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อคุณภาพสี รสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 รายชื่อผู้เข้าร่วมเข้าร่วมโครงการ

ลำดับ	นิติบุคคล
1	วิสาหกิจทุเรียนคุณภาพและผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลรับร่อ
2	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มข้าวฮางบ้านสุขสำราญ
3	วิสาหกิจชุมชนเครือข่ายเกษตรกรภาคตะวันตก
4	วิสาหกิจชุมชนเกษตรผสมผสานสมาร์ทฟาร์มเมอร์
5	วิสาหกิจชุมชนบ้านดอนสำโรง
6	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาเกาะฟาร์มเห็ด
7	วิสาหกิจชุมชนพออินคำแคน
8	วิสาหกิจชุมชนเครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ
9	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงโคบ้านคำก้อม
10	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรทฤษฎีใหม่นามะเขือ
11	วิสาหกิจชุมชนบ้านแม่บ้านมวกเหล็ก
12	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านหินปูน
13	วิสาหกิจชุมชนชุมชนคนเกษตรบ้านหนองเสือ
14	วิสาหกิจชุมชนธนาคารพัฒนาเกษตรกรชาวสวนตำบลบุษย
15	วิสาหกิจชุมชนวิถีเกษตรตำบลเมืองจัง
16	วิสาหกิจชุมชนแปรรูปสมุนไพรปลูกรัก

ตารางที่ 2 ผลทดสอบของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับอบผลิตภัณฑ์

ลำดับ	ผู้เข้าร่วมโครงการ	ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (hr)
1	วิสาหกิจทุเรียนคุณภาพและผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลรับร่อ	ดอกกาแฟ	60	6
2	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มข้าวฮางบ้านสุขสำราญ	สแน็คข้าวพอง	200	0.30
3	วิสาหกิจชุมชนเครือข่ายเกษตรกรภาคตะวันตก	มะนาวดองแช่น้ำผึ้ง	70	4
4	วิสาหกิจชุมชนเกษตรผสมผสานสมาร์ทฟาร์มเมอร์	กล้วยตาก	70	12-16
5	วิสาหกิจชุมชนบ้านดอนสำโรง	ลูกยอ	70	10.30
6	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาเกาะฟาร์มเห็ด	เห็ดนางฟ้า	80	3
7	วิสาหกิจชุมชนพออินคำแคน	แคปหมู	100	2
8	วิสาหกิจชุมชนเครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ	กล้วย	70	3
9	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงโคบ้านคำก้อม	ปลาชีวก้าว	100	1
10	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรทฤษฎีใหม่นามะเขือ	ขนุน	80	5

11	วิสาหกิจชุมชนบ้านแม่บ้านมวกเหล็ก	กระทหรีพี	180	0.30
12	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านหินปูน	ปลาร้า	60	96
13	วิสาหกิจชุมชนชุมชนคนเกษตรบ้านหนองเสือ	หมูแดดเดียว	70	4
14	วิสาหกิจชุมชนธนาครพัฒนาเกษตรกรชาวสวนตำบลบุษย	มะม่วง	70	6
15	วิสาหกิจชุมชนวิถีกะตาดำบลเมืองจ้ง	ดอกอัญชัน	60	1
16	วิสาหกิจชุมชนแปรรูปสมุนไพรปลูกรัก	กล้วย	70	3

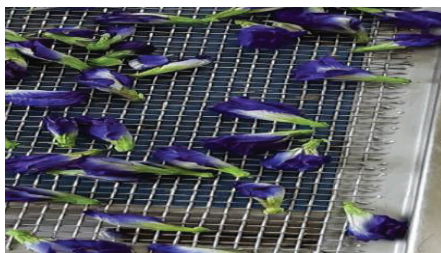


ก่อนอบ



หลังอบ

ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วย



ก่อนอบ



หลังอบ

ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดอกอัญชัน

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก ซึ่งจะให้ผลได้ผลของสีและกลิ่นผลิตภัณฑ์ เมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบอื่น [4] ทำการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี (LPG) ของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลกับเตาอบแบบลมร้อน ในการอบขนมคุกกี้แปรรูปจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 500 กรัม พบว่า การใช้เตาอบแบบลมร้อนใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งเฉลี่ย 20.8 นาที ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 159 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง LPG ทั้งสิ้นจำนวน 457 กรัม ส่วนตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งเฉลี่ย 18 นาที ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 156.8 องศาเซลเซียส ใช้เชื้อเพลิง LPG ในการอบทั้งสิ้นจำนวน 240 กรัม ซึ่งลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง LPG ร้อยละ 47.48 เครื่องอบแห้งชนิดการแผ่รังสีความร้อนของเซรามิก ใช้ระยะเวลาการอบที่น้อยกว่า และประหยัดพลังงานสามารถอบผลผลิตทางการเกษตรได้หลากหลาย เช่น สมุนไพรต่างๆ กล้วยหนึบ กล้วยผง มะม่วงอบแห้ง มะนาวอบแช่น้ำผึ้ง ปลาร้าผง ขนมกระทหรีพี เป็นต้น และเป็นการยกระดับคุณภาพและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) และวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณและเทคโนโลยีในการดำเนินงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] เสรี วงศ์พิเชษฐ และสุพรรณ ยั่งยืน. (ม.ป.ป.) การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เครื่องอบแบบอินฟราเรดสำหรับ อบกล้วยอบมัน. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] สุทธิชัย ภูมิสมิต, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์และอำไพศักดิ์ ทัพญมา. (2552). การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้ง พลังงาน แสงอาทิตย์ ร่วมรังสีอินฟราเรด. ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3] กิ่งกานต์ พันธวานิชย์. (2553). การศึกษาการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวมวลเพื่อใช้ในการ อบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [4] เสาวลักษณ์ ยอดวิญญวงค์, พิสิษฐ์ มณีโชติ, วิกานต์ วันสูงเนิน และภาคณ มณีโชติ (2554) การเปรียบเทียบการใช้ เชื้อเพลิงแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลกับเตาอบแบบเดิม การประชุมวิชาการเครือข่าย พลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7.

การอบแห้งเครื่องต้มยำโดยใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน

ชนิดแมกนีตรอนหลายตัวสำหรับวิสาหกิจชุมชน

Drying of Spices Tom-Yam by Using Multi-Magnetron Rotary Microwave Dryer for Economy Community Enterprise

ณัฐภูมิ ดุษฎี¹ จิราภรณ์ แก้วเดียว¹ วิลาวัลย์ คุ่มเหม¹ นิกราน หอมดวง^{1*} กิตติกร สาสุจิตต์¹ เสริมสุข บัวเจริญ¹

ธนชาติ มหาวิน¹ ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล¹ และ ศิริสุข จินดารักษ์²

¹ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

การอบแห้งเครื่องต้มยำได้แก่ ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไมโครเวฟแบบถังหมุนชนิดแมกนีตรอนหลายตัวสำหรับวิสาหกิจชุมชน โดยกำหนดค่าการทำงานของคลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 0.64 W/g ทำการอบแห้ง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 5 kg และมีค่าความชื้นเริ่มต้น 85.33 82.92 และ 57.48%wb ตามลำดับ จนได้ค่าความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 8.00 - 14.00%wb ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ของเครื่องต้มยำจากวิสาหกิจชุมชน จากผลการทดลองพบว่า ตะไคร้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานที่สุดได้แก่ 480 นาที มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเฉพาะในการอบแห้งมากที่สุดได้แก่ 14.96 MJ/kg H₂O evap และมีอัตราการอบแห้งน้อยที่สุดได้แก่ 0.51 kg H₂O evap/h ในขณะที่ใบมะกรูดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดได้แก่ 240 min มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเฉพาะน้อยที่สุดได้แก่ 10.19 MJ/kg H₂O evap และมีอัตราการอบแห้ง 0.85 kg H₂O evap/h โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบถังหมุนจะมีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มยำของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งเครื่องอบไมโครเวฟแบบถังหมุนดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการประยุกต์การใช้งานในเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: เครื่องต้มยำ พลังงานไมโครเวฟ การอบแห้ง วิสาหกิจชุมชน

บทนำ

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทำขนมจีนบ้านบวกเปา “น้ำพริกแกง ตราแม่อำพร” ต.หนองแห้ง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจได้มีการผลิตน้ำพริกแกง จำหน่ายทั้งในประเทศ และต่างประเทศ จำนวน 22 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศอบแห้ง และเครื่องแกงอบแห้ง จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของสำนักงานสนับสนุนการวิจัย และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้พบว่า สามารถใช้ออบแห้งเครื่องเทศ และผลิตภัณฑ์อบแห้งได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามในช่วงสภาวะอากาศหนาวทำให้ระยะเวลาการอบแห้งมีระยะเวลานาน เนื่องจากความชื้นแสงอาทิตย์ และระยะเวลาแสงอาทิตย์เกิดขึ้นต่อวันมีชั่วโมงน้อยลงทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องเทศบางชนิดเกิดเชื้อรา และลักษณะของสีเครื่องแกงสมุนไพรเปลี่ยนไป ดังนั้นด้วยปัญหาเหล่านี้จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยเดิมที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีเป้าหมายพัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพร เครื่องเทศของกลุ่มดังกล่าวโดยใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟ ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาอบแห้งได้เร็ว

* Corresponding author: Tel.: 084-1773632 E-mail address: nigranghd@gmail.com

ขึ้นกว่าการอบแห้งแบบใช้ลมร้อนได้มากกว่า 5-10 เท่า [1] และมีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งสมุนไพร เครื่องต้มยา เครื่องเทศ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนี้ เนื่องจากเครื่องต้มยาใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำ และระยะเวลาสั้น เพื่อรักษาคุณค่าทางอาหาร สี กลิ่น รส ซึ่งเครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนชนิดแมกนีตรอนหลายตัว จะให้ความร้อนได้รวดเร็ว การกระจายความร้อนสม่ำเสมอ ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับวิสาหกิจชุมชน

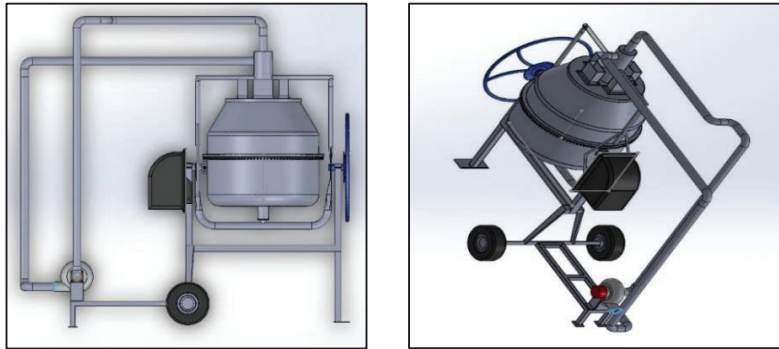
การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

เทคโนโลยีการอบแห้งได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่มีความเหมาะสมมาใช้ในกระบวนการอบแห้งเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการในการเลือกใช้ และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิต โดยยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน เทคโนโลยีการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้ความร้อนกับวัสดุ การประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟในการอบแห้งร่วมกับลมร้อนเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการอบแห้งวัสดุอาหาร และผลผลิตทางการเกษตร โดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งเหลือเพียงหนึ่งในห้าเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนอย่างเดียว นอกจากนี้การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากกว่าการใช้ลมร้อนประมาณ 2-3 เท่า เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะสามารถทะลุเข้าไปเนื้อวัสดุแล้วทำให้เกิดความร้อนพร้อม ๆ กันทั้งภายใน และที่ผิวของวัสดุ [2] ทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนกับผลผลิตทางการเกษตร โดยในการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นจะสามารถรักษาค่าต่าง ๆ เช่นสี กลิ่น สารอาหาร วิตามิน และโปรตีน มากกว่าวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนหรือรังสีอินฟราเรด [3] [4] ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกร และผู้ประกอบการได้เป็นอย่างดี [5] [6]

เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน

เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุนชนิดแมกนีตรอนหลายตัวสำหรับงานวิจัยมีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

- 1) ถังหมุน ลักษณะเป็นถังโลหะเคลือบด้วยสีกันความร้อน เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 cm รวมความจุปริมาตร 230 L ใช้มอเตอร์ควบคุมการหมุนของถัง ขนาด 1.2 HP หรือ 895.2 W
- 2) ชุดแมกนีตรอน ทำหน้าที่ผลิตคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45 GHz การทำให้แมกนีตรอนทำงานได้นั้นจะต้องมีการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำประมาณ 3-4 V ที่มีค่ากระแส 10 A ที่ใส่หลอด ซึ่งจะทำให้ไส้หลอดร้อน และปล่อยอิเล็กตรอนออกมา และเมื่อจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงมากกว่า 4,000 V ไปที่ขั้วใดขั้วหนึ่งของไส้หลอดซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโทดเทียบกับขั้วแอโนดก็จะทำให้อิเล็กตรอนถูกบังคับให้เคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะทำให้แมกนีตรอนสามารถปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกมาได้ โดยที่ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจะถูกกำหนดด้วยโครงสร้างภายในช่องสุญญากาศระหว่างขั้วคาโทดกับขั้วแอโนดให้เท่ากับ 2.45 GHz
- 3) ชุดไล่ความชื้น ใช้พัดลมเป่าอากาศ ขนาด ½ HP เป็นตัวที่คอยระบายอากาศร้อนจากเครื่องออกมาแทนที่ความชื้น โดยจะต่อด้วยท่อขนาด 2 inch จำนวน 2 ท่อ ประกอบด้วยท่อทางเข้า และทางออก ชุดดึงความชื้นเครื่องนี้เป็นอุปกรณ์ที่เป็นวัฏจักร โดยในการดูดความชื้นนั้นจะปล่อยอากาศร้อนหรืออากาศแห้งเข้ามาแทนที่ โดยความชื้นก็จะปล่อยทิ้งไปตามท่อทั้งอากาศ
- 4) ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำงานเพื่อควบคุมระบบต่าง ๆ จะประกอบไปด้วย สวิตช์ควบคุมการทำงานของคลื่นไมโครเวฟในถังอบแห้ง สวิตช์เปิด/ปิดมอเตอร์หมุนถังอบแห้ง และสวิตช์เปิด/ปิดวาล์วเพื่อดึงอากาศขึ้นออกจากห้องอบแห้ง



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบถังหมุน

วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอบแห้งผลิตภัณฑ์เครื่องต้มยำจำนวน 3 ชนิดได้แก่ ข้าว ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไมโครเวฟแบบถังหมุน โดยกำหนดค่าการทำงานของคลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 0.64 W/g ทำการอบแห้ง ข้าว ตะไคร้ และใบมะกรูดที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 5 kg และมีค่าความชื้นเริ่มต้น 85.33 82.92 และ 57.48%wb ตามลำดับ ในการทดสอบจะทำการบันทึกค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มยำทั้ง 3 ชนิดทุกๆ 30 นาที จนได้ค่าความชื้นสุดท้ายที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ของเครื่องต้มยำจากวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีค่าความชื้นสุดท้าย 8.38 14.11 และ 10.50%wb ของข้าว ตะไคร้ และใบมะกรูด ตามลำดับ

การคำนวณหาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (Association of Official Analytical chemists) [7] [8] สามารถพิจารณาได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$M_w = \frac{W-d}{W} \times 100$$

สมการที่ 1

เมื่อ

M_w	คือ	ความชื้นมาตรฐานเปียก	%wb
W	คือ	มวลของวัสดุ	kg
d	คือ	มวลของวัสดุแห้ง	kg

การคำนวณหาอัตราการอบแห้ง [9] สามารถพิจารณาได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Drying rate} = \frac{W_i - W_f}{t}$$

สมการที่ 2

เมื่อ

W_i	คือ	มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง	kg
W_f	คือ	มวลของวัสดุหลังอบแห้ง	kg
t	คือ	ระยะเวลาในการอบแห้ง	h

การคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption) [10] สามารถพิจารณาได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$SEC = \frac{E_T}{W_i - W_f}$$

สมการที่ 3

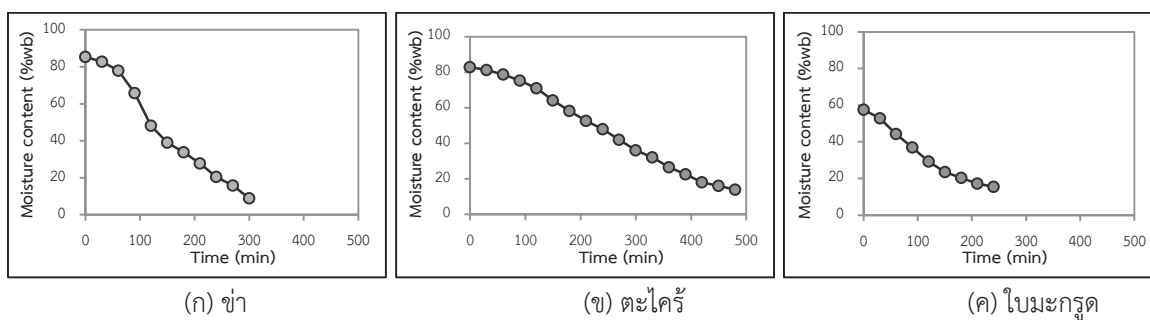
เมื่อ

SEC	คือ	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	MJ/kg H ₂ O evap
E_T	คือ	ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง	MJ

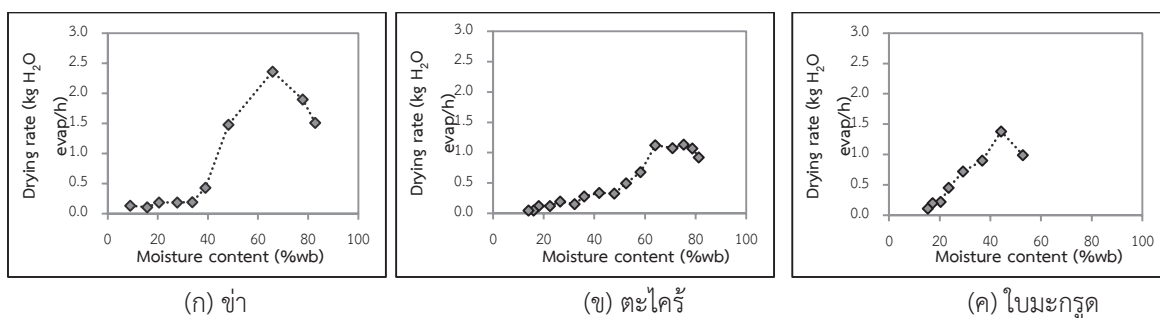
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การอบแห้งเครื่องต้มยำ ได้แก่ ข้าว ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมุน โดยทำการอบแห้งเครื่องต้มยำดังกล่าวครั้งละ 5 kg เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และระยะเวลาในการอบแห้งของเครื่องต้มยำแต่ละชนิดดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า การลดลงของความชื้นในเครื่องต้มยำแต่ละชนิดมีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้นการลดความชื้นภายในวัตถุดิบจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งภายในวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีปริมาณความชื้นในปริมาณที่สูงมาก ส่งผลให้ความต้องการในการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบดังกล่าวมีค่ามากตาม เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณความชื้นในวัตถุดิบมีค่าน้อยลงจึงส่งผลให้ความต้องการในการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบมีค่าน้อยลงเช่นกัน จากผลการทดลองดังภาพที่ 2 พบว่า ตะไคร้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานที่สุดได้แก่ 480 นาที โดยใบมะกรูดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดได้แก่ 240 นาที และข้าวมีระยะเวลาการอบแห้ง 300 นาที

เมื่อพิจารณาอัตราการอบแห้งแสดงดังภาพที่ 3 พบว่า อัตราการอบแห้งจะแปรผันตรงกับค่าความชื้นของวัตถุดิบได้แก่ เมื่อค่าความชื้นในวัตถุดิบมีปริมาณสูงจะส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีปริมาณสูงตาม โดยข้าวเป็นวัตถุดิบที่มีอัตราการอบแห้งมากที่สุดแสดงดังภาพที่ 3 (ข) โดยมีอัตราการอบแห้ง 0.85 kg H₂O evap/h ในขณะที่ตะไคร้ และใบมะกรูดมีอัตราการอบแห้ง 0.51 และ 0.76 kg H₂O evap/h ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ค่าความชื้นที่ลดลงเทียบกับระยะเวลาอบแห้ง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งเทียบกับค่าความชื้นที่ลดลง

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการอบแห้งเครื่องต้มยำด้วยพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมุนพบว่า การอบแห้งตะไคร้มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะในการอบแห้งมากที่สุดได้แก่ 14.96 MJ/kg H₂O evap ในขณะที่การอบแห้งใบมะกรูด และข้าวมีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะ 10.19 MJ/kg H₂O evap และ 11.39 MJ/kg H₂O evap โดยผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการอบเครื่องต้มยำทั้ง 3 ชนิดด้วยพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมุนสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการอบเครื่องต้มยำด้วยพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมูน

ชนิด	ระยะเวลา (min)	น้ำหนักเริ่มต้น (kg)	ความชื้นเริ่มต้น (%wb)	น้ำหนักสุดท้าย (kg)	ความชื้นสุดท้าย (%wb)	อัตราการอบแห้ง (kg H ₂ O evap/h)	SEC (MJ/kg H ₂ O evap)
ใบมะกรูด	240	5.012	57.48	2.354	9.45	0.76	10.19
ข่า	300	5.056	85.33	0.815	8.95	0.85	11.39
ตะไคร้	480	5.087	82.92	1.010	14.01	0.51	14.96

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของเครื่องต้มยำทั้ง 3 ชนิดพบว่า การอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนเริ่มทำการอบแห้งตั้งแต่วันที่ 8:00 น. จนถึง 18:00 น. มีปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ การแห้งไม่สม่ำเสมอ สีของผลผลิตซีดไม่มีความสด โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบถึงหมูนจะให้สีที่สดกว่า โดยรวมแล้วลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบ มีลักษณะด้านรูปร่างที่คล้ายกัน ได้แก่ ใบมะกรูดมีการม้วนงอเนื่องจากการหดตัวของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับ ข่า และตะไคร้ที่มีการบิดงอ เนื่องจากการหดตัวเมื่อเจอความร้อน โดยลักษณะทางกายภาพของการทดสอบอบแห้งเครื่องต้มยำทั้ง 3 ชนิดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของการอบแห้งเครื่องต้มยำด้วยพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมูนเทียบกับผลิตภัณฑ์อบแห้งกับวิสาหกิจชุมชน

เครื่องต้มยำ	ระยะเวลา (h)		ความชื้นสุดท้าย (%wb)		ลักษณะที่ปรากฏ	
	วิสาหกิจชุมชน	การทดลอง	วิสาหกิจชุมชน	การทดลอง	วิสาหกิจชุมชน	การทดลอง
ข่า	30	5	8.38%	8.95%	 Normal	 Experiment
ตะไคร้	30	8	14.11%	14.01%	 Normal	 Experiment
ใบมะกรูด	20	4	10.50%	9.45%	 Normal	 Experiment

สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งเครื่องต้มยำได้แก่ ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไมโครเวฟแบบถึงหมูน โดยทำการอบแห้งเครื่องต้มยำดังกล่าวครั้งละ 5 kg การผลการทดลองพบว่า ตะไคร้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานที่สุดได้แก่ 480 นาที มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะในการอบแห้งมากที่สุดได้แก่ 14.96 MJ/kg H₂O evap และมีอัตราการอบแห้งน้อยที่สุดได้แก่ 0.51 kg H₂O evap/h ในขณะที่ใบมะกรูดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดได้แก่ 240 นาที มีปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะน้อยที่สุดได้แก่ 10.19 MJ/kg H₂O evap และมีอัตราการอบแห้ง 0.85 kg H₂O evap/h โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบถึงหมูนจะมีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์เครื่องต้มยำของวิสาหกิจชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ "ทุนอุดหนุนการวิจัยโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ปีงบประมาณ 2562"

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฤทธิชัย อัครราชันย์ (2554). การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2554 หน้า 31-42.
- [2] Paengkanya, S., Soponronnarit, S. and Nathakaranakule, A. (2015). **Application of microwaves for drying of durian chips**. Food and Bioproducts Processing 96: 1-11. Publishers, Inc. Enfield (NH). U.S.A.
- [3] Alibas, I. (2006). **Characteristics of chard leaves during microwave, convective and combined microwave-convective drying**. Drying Technology 24(11): 1425-1435.
- [4] Alibas, I. (2007). **Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices**. LWT-Food Science and Technology 40(8): 1445-1451.
- [5] Alibas, I. 2007. **Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying**. Biosystems Engineering 96(4): 495-502
- [6] Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z., and Mousavi, S.M. (2009). **An investigation of the effects of drying methods and conditions on drying characteristics and quality attributes of agricultural products during hot air and hot air/microwave-assisted dehydration**. Drying Technology 27(7): 831-841.
- [7] Dev, S.R.S., Geetha, P., Orsat, V., Gariépy, Y., and Raghavan, G.S.V. (2011). **Effects of microwave- assisted hot air drying and conventional hot air drying on the drying kinetics, color, rehydration, and volatiles of Moringa oleifera**. Drying Technology 29(12): 1452-1458.
- [8] อีรเดช ใหญ่บัก, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, จอมภพ แวศักดิ์, มารินา มะหนิ และภรพนา บัวเพชร. (2553). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 12(3), 109-118.
- [9] นพรัตน์อมัตริรัตน์. (2554). การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนระหว่างการทำ ความเย็น R-22 กับ COLD-22. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [10] สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล, สลิลลา ขาญเขียว และยุทธนา ฐิระวณิชกุล. (2556). การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งขงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงาน และคุณภาพ. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัย ขอนแก่น, 18(2), 311-324.

การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูก กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย

Briquette fuel potential evolution from maize residual in plantation area : case study in northern part of Thailand

อินนิตรา คำนิ้งผล^{1*} ธเนศ ไชยชนะ¹ ณัฐธัญญา สุขเกษม¹ และชูรัตน์ ธารารักษ์¹

¹ สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการสำรวจข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก และปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีผลต่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากแบบสอบถามของพื้นที่เกษตรกร เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในพื้นที่ปลูก โดยมีพื้นที่ในการศึกษาคือพื้นที่ 12 จังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย ทำการเก็บข้อมูลจำนวน จำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ ผลการศึกษาพบว่าวัสดุชีวมวลเกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกที่ประกอบด้วยต้นและใบของข้าวโพด เฉลี่ย 729.03 kg/ไร่/ครั้งของการเพาะปลูก ทั้งนี้ เกษตรกรมีการจัดการวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูก (ต้น และใบ) โดยการ เผาทิ้งในที่โล่ง ทั้งในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย จากการจัดการดังกล่าวพบว่าเป็นการจัดการที่ไม่ถูกวิธีและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ การเผาทิ้งในที่โล่ง การฝังกลบ และทิ้งในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจากปริมาณของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกและมีการจัดการที่ผิดวิธีสามารถทำการประเมินเป็นศักยภาพการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เท่ากับ 2,088,231.09 ตัน และคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานเท่ากับ 34,071.58 เทระจูล

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ศักยภาพทางพลังงานชีวมวล

บทนำ

พลังงานทดแทนในประเทศไทยมีการพัฒนาและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย การพัฒนาเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลต่อการใช้พลังงานในภาคครัวเรือนทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ควรสรรหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ อาทิเช่น พลังงานชีวมวล และพลังงานหมุนเวียนในรูปอื่น ๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนใหม่ ๆ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคครัวเรือน อาทิเช่น เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง เตาแก๊สชีวมวล เตาเผาถ่าน เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นประโยชน์มากสำหรับการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน โดยนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [1,2,3]

*Corresponding author: Tel.: 090-0534442. E-mail address : paiyinny@gmail.com

ประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเกษตร อาทิเช่น ข้าว ข้าวโพด และไม้ผลต่าง ๆ เป็นต้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดน่าน เชียงรายและตาก โดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2562 ของภาคเหนือเท่ากับ 3,582,486 ไร่ คิดเป็นผลผลิตเท่ากับ 663 กิโลกรัม/ไร่เก็บเกี่ยว โดยผลผลิตที่ได้จะนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปทำอาหารสัตว์ รวมไปถึงส่งออกต่างประเทศ ทั้งนี้ในขั้นตอนการแปรรูป หรือในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ต้น ใบ เปลือก และซังข้าวโพด ซึ่งไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เกษตรกรจะปล่อยทิ้งไว้และเผาทิ้ง ในพื้นที่เพาะปลูกจะยังคงเหลือ ต้น และใบ ส่วนในพื้นที่โรงสีที่ทำการแปรรูปเอาเฉพาะเมล็ด จะเหลือเศษวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ซังและเปลือกข้าวโพด ซึ่งก่อให้เกิดควันจากการเผาไหม้ทำลายชั้นบรรยากาศของโลก และสุขภาพประชากรในชุมชนที่อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นหากมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพด ก็จะช่วยลดการเผาไหม้ของเกษตรกร และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเผา การฝังกลบ หรือการปล่อยทิ้งในพื้นที่ หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกนั้นเป็นการเร่งการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นดินสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็ว ผลกระทบจากการจัดการที่ผิดวิธีของเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดในพื้นที่ปลูกที่ไล่ จะก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่น รวมเท่ากับ 441,745, 17,580, 9,111,966 และ 57,035 ตันต่อปี [2]

ในปี พ.ศ. 2552 ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโครงการการศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่างๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ) ซึ่งพบว่าในส่วนของ ต้น/ใบ และ ซังข้าวโพด มีการจัดการที่ยังไม่เป็นประโยชน์และก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมในอัตราส่วนที่สูง โดยประกอบไปด้วย การเผาทิ้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 37.98 ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือการไถกลบร้อยละ 32.98 และการปล่อยทิ้งในพื้นที่ร้อยละ 26 [3] ส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง กิตติกรและคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรซังและเปลือกข้าวโพดผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผสมซังต่อเปลือกเท่ากับ 20:80 โดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวโดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จะให้ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง และความหนาแน่นของเชื้อเพลิง 12.77 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และ 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันเมื่อนำมาทดสอบเผาไหม้โดยใช้เตาชีวมวลพบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนเท่ากับร้อยละ 16.31 เมื่อทำการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบพบว่าระบบจะคืนทุนภายใน 3.44 ปีหรือทำผลผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากซังและเปลือกข้าวโพดจำนวน 206.4 ตัน [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร ประกอบด้วย ต้นและใบ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภาคเหนือของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

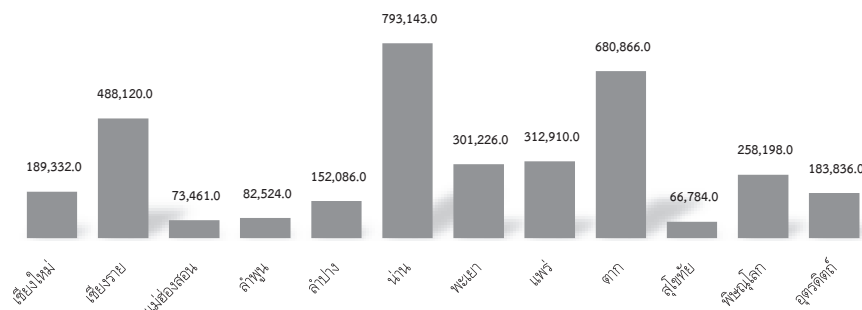
1. จัดทำแบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูล
2. คัดเลือกเกษตรกรและพื้นที่สำหรับการเก็บข้อมูลโดยเลือกพื้นที่จากปริมาณของพื้นที่ปลูกสูงๆ
3. รวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลปฐมภูมิ โดยที่ข้อมูลจะเก็บรวบรวม จากแหล่งที่มาของเกษตรกร โดยจากการสัมภาษณ์ และประเมิน ข้อมูลส่วนที่ 2 ข้อมูลทุติยภูมิ คือข้อมูลจากหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องข้อมูลงานวิจัย วารสาร หรือบทความทางวิชาการต่างๆ กับงานด้าน พลังงานทดแทน

- เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยการเก็บข้อมูล 12 จังหวัด ภาคเหนือ ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา น่าน แพร่ ตาก พิชณุโลก อุตรดิตถ์ สุโขทัย
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูก วิธีการในการจัดการ ชีวมวล สัดส่วนของการจัดการชีวมวลในวิธีการต่างๆ สัดส่วนและปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการไม่ถูกวิธี และศักยภาพเชิงปริมาณและพลังงานของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัด ภาคเหนือมีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดจะเห็นได้ว่า จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่มีการเพาะปลูกสูงที่สุดมีปริมาณ 793,143 ไร่ รองลงมา คือจังหวัดตากและจังหวัดตากมีปริมาณ 680,866 ไร่ และ 488,120 ไร่ ตามลำดับจะแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณเนื้อที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัดภาคเหนือ

2. ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกและการจัดการ

จากการเก็บข้อมูลเกษตรกรจำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชีวมวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 kg/ไร่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการในการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่างๆ ประกอบด้วย การเผาในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย ในสัดส่วนต่างๆ กันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ต้น ใบ)	
	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณที่เกิด (kg/ไร่)
เผาในที่โล่ง	21.8	159.0
ทิ้งในพื้นที่	33.6	244.8
ไถกลบ	24.6	179.1
การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	19.1	139.5
การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	0.7	5.4
ขาย	0.2	1.3
รวม	100	729.03

3. ศักยภาพพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งจากโพดเลี้ยงสัตว์

จากการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรพบว่า มีวิธีการจัดการที่ผิดวิธีอยู่ 3 วิธีคือการเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ โกลบ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการนี้แล้วจะมีวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ คิดเป็นพลังงานรวมเท่ากับ 9,510.56 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของ เกษตรกร	ความชื้น* (%)	ความร้อน* (MJ/kg)	ปริมาณการเกิด (kg/ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง	10.65	16.316	159	2,594.2
ทิ้งในพื้นที่	10.65	16.316	244.8	3,994.16
โกลบ	10.65	16.316	179.1	2,922.2

หมายเหตุ *กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553)

เมื่อพิจารณารวมทั้งพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จะพบว่าปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร โดยพิจารณาเฉพาะที่มีการจัดการที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ก็พบว่า จากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาทำการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 2,088,231.09 ตัน/ปี คิดเป็นศักยภาพการผลิตพลังงานเท่ากับ 34,071.58 TJ/ปี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณที่สามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและศักยภาพทางพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการจัดการ วัสดุเหลือทิ้ง	ปริมาณที่สามารถผลิตชีวมวล อัดแท่ง (kg)	ปริมาณที่สามารถผลิตชีวมวล อัดแท่ง (ton)	ศักยภาพพลังงาน (MJ)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
เผาทิ้งในที่โล่ง	569,615,274.00	569,615.27	9,293,842,810.58	9,293.84
ทิ้งไว้ในพื้นที่	876,992,572.80	876,992.57	14,309,010,817.80	14,309.01
โกลบ	641,623,242.60	641,623.24	10,468,724,826.26	10,468.72
รวม	2,088,231,089.40	2,088,231.09	34,071,578,454.65	34,071.58

สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูกกรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทยสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้ ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้นและใบที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเท่ากับ 2,088,231.09 ตัน/ปี ตันและคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานอยู่ที่ 34,071.58 เทระจูล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพื้นที่ปลูกจากการจัดการที่ไม่เหมาะสมนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทดแทนพลังงานฟอสซิล ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้ง การโกลบ และการทิ้งไว้ในพื้นที่ และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ	ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ ปีงบประมาณ 2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน)
ขอขอบคุณ	เกษตรกรที่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย
ขอขอบคุณ	โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2560
ขอขอบคุณ	Sustainable Energy Technology Research Laboratory, SRE, MJU (SETR-Lab)

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (AEDP2015).
- [2] วีรชัย อาจหาญ, สมรัฐ เกิดสุวรรณ, และวีรัช อยู่ชา. 2554. โครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2556. โครงการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีการหมักไร้สภาพอากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [4] กิตติกร สาสุจิตต์ และและคณะ. 2558. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งซึ่งและเปลือกข้าวโพดด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว Study of Process Densification of Corn Cob and Corn Husk Briquettes by Cold Extrusion Technique Using Starch with Lime Mixed as Binder. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 18(1).

การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตาเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

The study of the economic potential of briquette charcoal in Pong Tao Subdistrict
for electricity production by the ORC system

กรวิญญ์ สารวรรณ^{1*} สราวุธ เมฆาพาย¹ สุวิจักขณ์ เนตรสุวรรณ¹ วราคม วงศ์ชัย¹ และ รวิภา ยงประยูร¹

¹สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตาเชิงเศรษฐศาสตร์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle, ORC) และหาค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบผลิตไฟฟ้า ORC ขนาด 10 kW ที่ใช้ถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่เป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับ แกลบ ชังข้าวโพด และเศษไม้ ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งมีคุณสมบัติค่าความร้อน คาร์บอนเสถียรเมื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้า ORC ขนาด 10 kW พบว่า มีประสิทธิภาพของระบบ ORC มีค่าประมาณ 8% ที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนมากกว่า 95°C และอุณหภูมิไอน้ำระบายความร้อนประมาณ 28°C มีราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย(LEC)จากเชื้อเพลิงชีวมวลของ ชังข้าวโพด แกลบ เศษไม้ และถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่ มีค่าเท่ากับ 9.00 Baht/kWh 9.21 Baht/kWh 10.89 Baht/kWh และ 35.03 Baht/kWh ตามลำดับ โดยต้นทุนราคาถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 5.34 Baht/kWh เท่ากับ 1,000 Baht/ton

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่งตำบลปงเตา ระบบวัฏจักรสารแรงดันอินทรีย์ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า



เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน
(Fuel and Heat for Communities)

* Corresponding author: Tel.: 093-1747662. E-mail address: mon_jay_setong@hotmail.com

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน การปรับปรุงคุณภาพชีวิต และการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา มีความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากทรัพยากรพลังงานภายในประเทศมีค่อนข้างจำกัด จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศกว่าครึ่งหนึ่งของความต้องการและสัดส่วนการพึ่งพามีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงในการจัดหาพลังงานในอนาคต นอกจากนี้ราคาพลังงานก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เป็นภาระค่าใช้จ่ายต่อผู้ใช้พลังงานความสามารถในการแข่งขันในเชิงเศรษฐกิจ และดุลการค้าระหว่างประเทศ นอกจากปัญหาด้านพลังงานแล้ว ประเทศไทยยังต้องเผชิญกับความท้าทายด้านผลกระทบ จึงมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น ถ่านอัดแท่ง ตับปลิงเตาน้ำวัสดุเหลือใช้จากเกษตรกรรมที่สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรสารแรงดันอินทรีย์ (ORC) เป็นเทคโนโลยี ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (ORC) เป็นการใช้ประโยชน์จากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ 120-150°C และใช้สารอินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาก่อนอัดแท่งของกลุ่มตำบลปงเตา อำเภองาว จังหวัดลำปาง เมื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้า ORC เพื่อผลิตไฟฟ้าอันประกอบไปด้วย ถ่านอัดแท่ง เพื่อนำมาใช้เพื่อหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบผลิตไฟฟ้า ORC ขนาด 10 kW ที่ใช้ถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่เป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับ แกลบ ชังข้าวโพด และเศษไม้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะของถ่านอัดแท่งพื้นที่ตำบลปงเตา

(ข) ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (หริภุญชัย) จังหวัดลำพูน

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งตำบลปงเตาปัจจุบันมีสมาชิกจำนวน 59 คน จำนวนหุ้น 219 หุ้น หุ้นละ 100 บาท จนเกิดผลความสำเร็จคือ ปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปไม้ไผ่ ลดลงจาก 43.760 กิโลกรัมต่อเดือนเหลือเพียง 7.430 กิโลกรัมต่อเดือน ซึ่งจากการดำเนินงาน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 มีจำนวนสมาชิก 59 คน รวมจำนวนหุ้นทั้งสิ้น 219 หุ้น (หุ้นละ 100) จำนวนการส่งถ่านอัดแท่งออกจำหน่ายทั้งในและนอกชุมชน จำนวน 1300 kg จึงมีจุดมุ่งหมายในการหาแหล่งตลาดใหม่และส่งเสริมการขายการติดต่อและการประสานงานในการออกแบบ และสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับชุมชนทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพของวัตถุดิบที่ให้ความร้อนที่มากขึ้น ระยะเวลาในการเฝ้ายาวนานขึ้น ในการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนชีวมวล [1]

ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (ORC) เป็นการใช้ประโยชน์จากแหล่งความร้อน อุณหภูมิ ต่ำ 120-150°C (เช่น แหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิง , ความร้อนจากแสงอาทิตย์และชีวมวล) มาให้ความร้อนแก่สาร ทำงานในกลุ่มสารอินทรีย์ (Organic) หรือสารทำความเย็น เช่น R-245fa ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CHF}_2$) ที่มีมวลโมเลกุลสูง ซึ่งสามารถ

เปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอที่จุดเดือดต่ำกว่าการใช้ไอน้ำ เปลี่ยนสถานะไปเป็นไอน้ำและมีค่าความดันไอสูงมากกว่าไอน้ำ ระบบ ORC จึงสามารถทำงานโดยใช้แหล่งความร้อนที่อุณหภูมิต่ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตได้และมีประสิทธิภาพของกังหันมากกว่า 90% อุปกรณ์หลักของการผลิตไฟฟ้าระบบ ORC [2]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิวัฒน์ ยัมประเสริฐ และคณะ (2558) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงดัน สารอินทรีย์ (ORC) ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า 20 kW_e โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตน้ำร้อนป้อนให้กับวัฏจักรแรงดัน สารอินทรีย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์โดยใช้ไอน้ำร้อนอุณหภูมิอยู่ในช่วง 90-120°C ผลการศึกษาพบว่า ระบบ ORC มีประสิทธิภาพของวัฏจักรประมาณ 8% และเมื่อนำผลจากการทดสอบไป วิเคราะห์หาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Electricity cost; EC) จากเชื้อเพลิง ชีวมวลที่มีศักยภาพในพื้นที่ภาคเหนือ อันประกอบด้วย แกลบ ชังข้าวโพด และเศษไม้ พบว่า ราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของแกลบ ชังข้าวโพดและ เศษไม้ มีค่าประมาณ 9.46 Baht/kWh 8.89 Baht/kWh และ 10.33 Baht/kWh ตามลำดับ และต้นทุนราคาชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ที่เหมาะสม สำหรับค่าการรับซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทยที่ 5.34 Baht/kWh อยู่ที่ 1,150 Baht/ton 680 Baht/ton และ 540 Baht/ton ตามลำดับ [3]

ธรณิศวรร ดีทยาาท และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2558) ได้สร้างสมการที่ใช้ในการทำนาย ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ (ORC) ท งานที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้ตัวแปรไร้มิติในรูป Figure of Merit, (FOM) ซึ่งครอบคลุมตัวแปรได้แก่ จากคอนัมเบอร์, อุณหภูมิควบแน่นและอุณหภูมิ ระเหย สารทำงานที่พิจารณามี 6 ชนิด ได้แก่ R245fa, R245ca, R227ea, R236ea และ R152a โดยอุณหภูมิสารทำงานในช่วงการทำระเหย 80- 130°C และอุณหภูมิควบแน่น 25-40°C ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำประสิทธิภาพทางความร้อนของ ORC จากข้อมูลการทดสอบจริงและงานวิจัยที่ผ่านมา ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากสมการที่พัฒนาพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3.66% เทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปหากำลังงานที่ผลิตได้ เมื่อกำหนดอุณหภูมิและอัตรา การไหล ของน้ำร้อนที่เป็นแหล่งความร้อนให้แก่วัฏจักร และอุณหภูมิและ อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ระบายความร้อน [4]

วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดำเนินงานจำนวน 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. ศึกษาข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่งซึ่งผลิตจากข้อไม้ไผ่โดยใช้แบ่งเป็นตัวแทนในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งโดยวิธีสกรูเพรส (Screw press) ของวิสาหกิจชุมชนตำบลปลงเตา อ.งาว จ.ลำปาง และระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ขนาด 10 kW_e [3]
2. การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ขนาด 10 kW_e ที่ใช้สารทำงาน R-245fa ในระบบ โดย การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิอยู่ในช่วง 80-130°C และใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 28°C ซึ่งจุดวัดต่างๆ ประกอบไปด้วย อุณหภูมิของน้ำร้อนและน้ำระบายความร้อน ความดันสารทำงาน กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ ORC กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ ORCโดยใช้สมการสมรรถนะของระบบ ORC [3] แสดงดังในสมการต่อไปนี้

$$\eta_{\text{ORC}} = 0.0328(T_{\text{HW},i} - T_{\text{CW},i}) + 5.8572 \quad (1)$$

η_{ORC} = สมรรถนะของระบบ ORC (%)

$T_{\text{HW}, i}$ = อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าเครื่องระเหย ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{CW}, i}$ = อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้าเครื่องควบแน่น ($^{\circ}\text{C}$)

3. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตา อ.จาว จ.ลำปาง [3]

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าใช้ข้อมูลจากการทดลองการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ ORC ข้อมูลจากฐานข้อมูลและ จากงานวิจัยและนำไปเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวล อันประกอบด้วย แกลบ ชังข้าวโพด เศษไม้ และถ่านอัดแท่ง โดยมีเงื่อนไขในการวิเคราะห์ประกอบด้วย เงินลงทุนเริ่มต้น (แสดงดังตารางที่ 1) ค่าดำเนินการบำรุงรักษาต่อปีคิดที่ 3.5% ของเงินลงทุน [5] ค่าความร้อนและราคาชีวมวล (แสดงดังตารางที่ 2) จำนวนชั่วโมงการทำงาน 8,000 ชั่วโมง/ปี [6] และระยะเวลาคืนทุน 7 ปี [7]

ตารางที่ 1 รายละเอียดเงินลงทุนเริ่มต้นของระบบ ORC ขนาด 10 kW_e

ข้อมูล	ราคา (บาท)
• เครื่อง ORC 10 kW _e	1,000,000
• ค่าที่ดิน	250,000
• ราคาอาคารก่อสร้างโรงเรือน ระบบท่อน้ำร้อน ระบบระบายความร้อน และระบบผลิตน้ำร้อน	1,000,000
• เงินลงทุนเริ่มต้น	2,250,000

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าความร้อนและราคาเชื้อเพลิง แต่ละชนิดที่นำมาเป็นเชื้อเพลิง

ชีวมวล	ค่าความร้อน HHV (MJ/Kg)	ค่าความร้อน LHV (MJ/Kg)	ราคา(Baht/ton)
ถ่านอัดแท่ง	27.64	24.12	15,000
แกลบ [3]	14.75	13.51	1,600
ชังข้าวโพด [3]	11.30	9.61	1,100
เศษไม้ [3]	10.37	8.60	1,300

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีถ่านอัดแท่งตำบลปงเตา อ.จาว จ.ลำปาง

จากการส่งถ่านอัดแท่งเพื่อไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการแผนกธรณีวิทยา กองแผนงานและบริหารเหมืองแม่เมาะ ของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า ถ่านอัดแท่ง มีค่าความชื้น 10.43% ปริมาณเถ้า 10.08% สารที่ระเหยได้ 17.84% คาร์บอนเสถียร 61.64% และค่าความร้อน 24.75 MJ/kg

ตารางที่ 3 ตารางข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตา อ.จาว จ.ลำปาง

วิธีการทดสอบ	รายการ	ผลการทดสอบ	หน่วย
ASTM D3302/3302 M-15	ความชื้น	10.43	%
ASTM D7582-15	ปริมาณเถ้า	10.08	%
ASTM D7582-15	สารที่ระเหยได้	17.84	%
ASTM D7582-15	คาร์บอนเสถียร	61.64	%
ASTM D5865-13	ค่าความร้อน	24.75	MJ/kg

ที่มา : ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแม่เมาะ จ.ลำปาง

จากข้อมูลศักยภาพของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตา อ.งาว จ.ลำปาง พบว่าถ่านอัดแท่งมีความชื้นกับปริมาณเถ้าเกินกว่ามาตรฐานที่ผลิตภัณฑ์ (มผช.) ความชื้นร้อยละ 10.43 และปริมาณเถ้าร้อยละ 10.08 กำหนดไว้เกินกว่ามาตรฐานมาไม่กี่เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ถ่านเกิดควันจากการเผาเยอะขึ้นและติดไฟยาก และในส่วนของปริมาณเถ้าที่มากเกินไปเกินมาตรฐานจะทำให้เถ้า ไปได้บังความร้อนของถ่าน ซึ่งจะเกิดผลให้ได้รับความร้อนน้อยลง

2. ผลจากการทดสอบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ขนาด 10 kW_e

จากการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้า ORC ขนาด 10 kW_e โดยใช้สารในการทำงาน R-245fa ซึ่งน้ำร้อนที่ป้อนเข้าสู่เครื่องระเหย อุณหภูมิอยู่ในช่วง 100-110°C ขณะที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้าเครื่องควบแน่น อยู่ระหว่าง 27-29°C พบว่าประสิทธิภาพของระบบมีค่าอยู่ในช่วง 8-9% แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ที่ใช้สารทำงาน R-245fa

รายละเอียด	ข้อมูลบันทึก			หน่วย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าเครื่องระเหย ($T_{HW,i}$)	100.90	104.30	107.50	°C
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้าเครื่องควบแน่น ($T_{CW,i}$)	27.00	29.00	28.00	°C
ความดันขาเข้าสารเอ็กซ์แพนเดอร์ (P_{High})	1097.00	1120.00	1074.00	kPa
ความดันขาออกสารเอ็กซ์แพนเดอร์ (P_{Low})	227.40	227.40	227.00	kPa
กำลังไฟฟ้าของปั๊มสาร (W_p)	0.37	0.37	0.37	kW _e
กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำมัน (W_{Op})	1.50	1.50	1.50	kW _e
ผลต่างอุณหภูมิน้ำร้อนและน้ำหล่อเย็น ($T_{HW,i} - T_{CW,i}$)	73.90	75.30	79.50	°C
พลังงานที่ผลิตได้ (W_{Tur})	6.70	6.80	6.90	kW _e
ประสิทธิภาพของระบบ (η_{ORC})	8.28	8.31	8.46	%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 พบว่า ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้า กับน้ำระบายความร้อนขาเข้ามีค่าสูง ซึ่งจากผลการทดสอบดังกล่าว จึงถูกนำไปใช้ในการประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าโดยถ่านอัดแท่ง แกลบ ชังข้าวโพด และเศษไม้

3. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

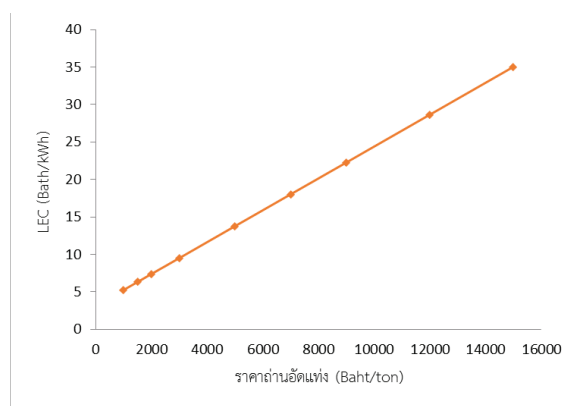
ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ 5 พบว่าราคาคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของชังข้าวโพด แกลบ เศษไม้ และถ่านอัดแท่ง มีค่าเท่ากับ 9.00 Baht/kWh, 9.21 Baht/kWh, 10.89 Baht/kWh และ 35.03 Baht/kWh ตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด คือ ชังข้าวโพด รองลงมา คือ แกลบกับเศษไม้ และถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ ไม้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงสุด แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งจากผลดังกล่าวพบว่าการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าระบบ ORC โดยใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องด้วยปัจจุบันรัฐบาลมีการอุดหนุนการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนแบบ Feedin Tariff (FiT) อยู่ที่ 5.34 Baht/kWh [3]

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

รายละเอียด	แกลบ [3]	ซังข้าวโพด [3]	เศษไม้ [3]	ถ่านอัดแท่ง
ระบบ ORC (kW _e)	10	10	10	10
Q _E (kW)	200	200	200	200
η_{Boiler} (%)	88	88	88	88
Q _{biomass} (kW)	227.27	227.27	227.27	227.27
ค่าความร้อนทางต่ำ LHV (MJ/kg)	13.517	9.615	8.600	24.12
อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (kg/h)	60.53	85.09	95.14	33.92
ชั่วโมงการทำงาน (h/y)	8000	8000	8000	8000
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ton/y)	484.24	680.75	761.1	271.37
ราคาเครื่อง ORC (Baht)	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าที่ดิน (Baht)	250,000	250,000	250,000	250,000
ต้นทุนการก่อสร้าง ระบบผลิตน้ำร้อน และระบบท่อ (Baht)	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
เงินลงทุนโครงการ (Baht)	2,250,000	2,250,000	2,250,000	2,250,000
ต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล (Baht/y)	774,781	748,829	989,429	4,070,556
ค่า O&M 3.5% ของเงินลงทุนระบบ (Baht/y)	78,750	78,750	78,750	78,750
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (kWh/y)	127,632	127,632	127,632	127,632
ค่า LEC ของพลังงานชีวมวล (Baht/kWh)	9.21	9.00	10.89	35.03

จากตารางที่ 5 ข้อมูลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช้การหาราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Levelized Electricity, LEC) ของการใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าโดยระบบ ORC พบว่า ถ่านอัดแท่งมีต้นทุนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ชีวมวลอื่นๆ โดยต้นทุนของถ่านอัดแท่ง ประกอบด้วย การนำเข้าถ่านมาบดแล้วผสมกับส่วนผสมต่างๆจากนั้นก็อัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่า เมื่อราคาถ่านอัดแท่งมีค่าต่ำลง จะส่งผลให้ราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยมีราคาที่ต่ำลงตามไปด้วย แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตไฟฟ้ากับราคาถ่านอัดแท่ง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตไฟฟ้ากับราคาถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ้าหากราคาถ่านอัดแท่งมีราคา 1,000 Baht/ton จะส่งผลให้ราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (LEC) อยู่ที่ 5.26 Baht/kWh ซึ่งต่ำกว่าค่า Feedin Tariff (FiT) ซึ่งอยู่ที่ 5.34 Baht/kWh จึงจะทำให้คุ้มค่าต่อการลงทุน

สรุปผลการวิจัย

จากโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งตำบลปงเตาเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เมื่อนำถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่มาใช้เป็นแหล่งพลังงานของระบบ ORC ขนาด 10 kW พบว่า ค่าประสิทธิภาพของระบบ ORC ประมาณ 8% ที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนมากกว่า 95 °C และอุณหภูมิไอน้ำระบายความร้อนประมาณ 28°C โดยที่ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลของซังข้าวโพด แกลบ เศษไม้ และถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่ มีค่าประมาณ 9.00 Baht/kWh 9.21 Baht/kWh 10.89 Baht/kWh และ 35.03 Baht/kWh ตามลำดับ ทั้งนี้ ต้นทุนราคาถ่านอัดแท่งจากข้อไม้ไผ่ ที่เหมาะสมสำหรับค่าการรับซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทยที่ 5.34 Baht/kWh เท่ากับ 1,000 Baht/ton

ข้อเสนอแนะ

จากโครงการวิจัยนี้หากมีการทดลองเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งชนิดอื่นที่มีอยู่ทั่วไปจะทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ เชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

กิจกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยระดับอุดมศึกษาจาก แผนพลังงานทดแทน ของสำนักงานแผนและนโยบายพลังงาน กระทรวงพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2562 สุดท้ายนี้ขอขอบคุณองค์การบริหารตำบลปงเตาและศูนย์การเรียนรู้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่(หริภุญชัย) จังหวัดลำพูนที่ให้ความร่วมมือกับโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] องค์การบริหารส่วนตำบลปงเตา อำเภอหาง จังหัดลำปาง. ถ่านอัดแท่งผลิตถ่านที่บนฐานทุนชุมชน. บทเรียนชุมชนท้องถิ่นจัดการตนเอง “เศรษฐกิจและความมั่นคง”, หน้า34-43.
- [2] วิรัตน์ ทรงงาม. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนอุณหภูมิต่ำโดยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, หน้า 1
- [3] อภิวัฒน์ ยัมประเสริฐ นัฐพร ไชยญาติ และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล. (2558). การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 20 กิโลวัตต์โดยชีวมวลในพื้นที่ภาคเหนือ. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 , วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [4] ธณิศวรรค์ ดีทายาท และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2558). การทำนายประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์แบบอุณหภูมิต่ำจากตัวแปรไร้มิติFOM. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8 , วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [5] Rentizelas, A., Karell, S., Kakaras, E. and Tataiopoulos, I., “Comparative techno-economic analysis of ORC and gasification for bioenergy application,” Energy Conversion and Management, 50, pp. 674-681, 2009.
- [6] จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันที่ใช้สารอินทรีย์ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, ลำปาง, 28-30 พฤศจิกายน 2554.
- [7] Tongsopt, S. & Greacen, C. 2012. Thailand’s Renewable Energy Policy: FiTs and Opportunities for International Support. Manila, Philippines: n.p.

ผลกระทบพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าว พลังงานแสงอาทิตย์

Effect of Solar Energy and Labor Cost on Financial Feasibility in Solar Rice Mill

นงเยาว์ เต๊ะใหม่¹ นิกราน หอมดวง² สัตยา ตันจันทรพงศ์¹ และทัตพงศ์ อวิโรธนันท^{*}

¹ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

² วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 63 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางการเงินของระบบโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ โดยศึกษาตัวแปรในส่วนของการวิเคราะห์การป้อนพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 3-5 ชั่วโมง/วัน และผลกระทบของค่าแรงงานที่ใช้ในการสีข้าวช่วงค่าแรง 200-400 บาท/วัน เปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิต ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัชนีกำไร ผลตอบแทนภายใน โรงสีข้าวที่ใช้ในการทดสอบและวิเคราะห์เป็นโรงสีแบบทำงานผสมผสานใช้ไฟฟ้าสองแหล่งคือพลังงานแสงอาทิตย์และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ความสามารถในการสีข้าวสารได้ 1,200 kg/วัน วันทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี ต้นทุนการสร้างโรงสีพลังงานแสงอาทิตย์ประเมินไว้ 760,000 บาท/โรง คิดค่าเสื่อมราคาและการบำรุงรักษาและอัตราคิดลด ต่อปี 10% โดยกำหนดให้โครงการมีอายุ 10 ปี ผลการศึกษาพบว่า การลดจำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าและการเพิ่มค่าแรงงานส่งผลให้ ต้นทุนการผลิตและระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัชนีกำไรและผลตอบแทนภายในมีแนวโน้มลดลง และผลการปรับค่าแรงงานส่งผลกระทบต่อมูลค่าการเงินมากกว่าการปรับลดจำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในภาพรวมโครงการที่อัตราการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 5 ชั่วโมง/วัน ที่ค่าแรง 300 บาทต่อวัน โครงการมีต้นทุนการผลิต 9,004,163 บาท ระยะเวลาคืนทุน 3.13 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 8,666,612 บาท ดัชนีกำไร 1.96 เท่า และผลตอบแทนภายในคิดเป็น 9.141% อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรทั้ง 2 ตัว การเพิ่มค่าแรงมีผลต่อความคุ้มค่าทางการเงินมากกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ ค่าแรงงาน โรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ระยะเวลาคืนทุน

* Corresponding author: Tel.: 081-9807351. E-mail address: thatphong@hotmail.com

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันยังมีปัญหาในด้านของระยะเวลาคืนทุนที่สูงและทำให้เกิดแรงจูงใจที่ต่ำ [1] แต่อย่างไรก็ตามด้วยการสนับสนุนและผลักดันนโยบายตลอดจนการรณรงค์การใช้พลังงานที่สะอาดในปัจจุบัน การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับงานภาคการเกษตรที่เหมาะสมก็มีความเป็นไปได้หลายเทคโนโลยีที่สำคัญสามารถเป็นต้นแบบในการเสริมสร้างแรงจูงใจให้มีการใช้ที่เพิ่มขึ้น [2] แนวคิดการสีข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรไทย แต่ด้วยที่ต้นทุนราคาของเทคโนโลยียังสูงอยู่ส่งผลให้การใช้งานเกิดความคลุมเครือและยังไม่ชัดเจน ตัวแปรที่มีผลต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์มีหลายตัวแปร เช่น ต้นทุนของข้าวที่นำมาสี กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับโรงสี ค่าแรงงานการสีข้าวและการบำรุงรักษาเป็นต้น ซึ่งทุกตัวแปรมีผลโดยตรงในการสร้างแรงจูงใจในการใช้งานเทคโนโลยีนี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางการเงินของระบบโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์โดยศึกษาตัวแปรในส่วนของการวิเคราะห์การป้อนพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 3-5 ชั่วโมง/วัน และผลกระทบของค่าแรงงานที่ใช้ในการสีข้าวโดยศึกษาเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิต (Cost production) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) ดัชนีกำไร (Profitability index) ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยจะเป็นแนวทางให้ชุมชนหรือเกษตรกรนำไปช่วยในการตัดสินใจสร้างโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานที่สะอาดเพิ่มขึ้น

วิธีการวิจัย

โรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาและวิเคราะห์การนำเอาข้าวเปลือกของเกษตรกรมาสีข้าวด้วยโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ กิจกรรมวิจัยได้แก่การนำข้าวเข้าสู่เครื่องสี การควบคุมการทำงานของระบบสีข้าว งานไฟฟ้าและงานกลโรงสี และการจัดเก็บข้าวสารและแกลบจากการสี โรงสีที่นำมาทดลองเป็นแบบระบบผสมผสานทำงานได้ 2 ระบบ ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบสีข้าว ดังภาพที่ 1 (1) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด 11 kW ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 W จำนวน 36 แผง มีระบบควบคุมการชาร์จไฟฟ้าและใช้อินเวอร์เตอร์ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ไม่มีแบตเตอรี่ สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. และเป็นระบบอิสระ (Stand-alone system) ไม่มีแบตเตอรี่ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แปรผันตรงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน (2) เครื่องสีข้าวเป็นอุปกรณ์สำหรับการกะเทาะเปลือกข้าว ระบบต้นกำลังโรงสีใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 7.5 HP ของมิตซูบิชิ แรงดันไฟฟ้า 220-380V ชุดขัดสีข้าวเป็นแบบขนาด 3 ลูกหินขัด 24x9.5-24x9.5-24x9.5 inch ใช้ลูกยางขัดข้าวทั้งหมด 6 ชุด ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูง (3.5x3.0x2.8 m) ผลผลิตหลักจากการสีข้าวได้แก่ ข้าวสาร แกลบ รำข้าวและข้าวที่หัก



ภาพที่ 1 โรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

เงื่อนไขการทดสอบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

การนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน งานวิจัยได้ข้อมูลส่วนหนึ่งมาจากการทดลอง โดยเฉพาะการทดลองการป้อนไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่จำนวน 5 ชั่วโมงต่อวัน และการใช้แรงงานคนที่ 3 คน ต่อวัน ผลที่ได้ระบบการสีก็สามารถทำงานได้ดี แต่อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการป้อนไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงหรือราคาค่าแรงเปลี่ยนแปลงอาจส่งผลกระทบต่อโรงสีได้ ตัวแปรหรือค่าคงตัวที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เพื่อประเมินความคุ้มค่าของระบบสีข้าวแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรหรือค่าคงตัวที่ใช้เป็นเงื่อนไขวิเคราะห์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าว[3]

เงื่อนไขการทดสอบ	รายละเอียด
ชั่วโมงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของโรงสี (ชั่วโมงต่อวัน)	3-5
ค่าแรงงานที่ใช้วิเคราะห์ (บาทต่อวัน)	200-400
จำนวนแรงงานของโรงสีต่อวัน (คนต่อวัน)	3
ระยะเวลาการสีข้าว (ชั่วโมงต่อวัน)	8
ปริมาณข้าวที่สีต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	2,000
ปริมาณข้าวสารที่ได้ต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	1,200
ราคาต้นทุนข้าวเปลือก (บาท/kg)	13
ราคาข้าวสารที่ขายได้ (บาท/kg)	33
ค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	4.4
จำนวนวันทำงานต่อปี (วันต่อปี)	300
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	8
ต้นทุนสร้างโรงสีพลังงานงานแสงอาทิตย์ (บาท/ชุด)	760,000
ค่าเสื่อมราคาต่อปี (% ของราคาสร้างโรงสี)	10
ค่าบำรุงรักษาต่อปี (% ของราคาสร้างโรงสี)	10

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการวิเคราะห์ผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายในรูปตัวเงินของโครงการ เพื่อประเมินศักยภาพของโครงการว่าสามารถทำกำไรให้แก่ผู้เป็นเจ้าของโครงการได้หรือไม่และมีผลกระทบทางใดบ้าง โดยผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของโครงการจะจัดทำในรูปของกระแสเงินสด ซึ่งกระแสผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายจะถูกประเมินด้วยราคาตลาด การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัชนีกำไรและผลตอบแทนภายในของโครงการ รายละเอียดสมการในการคำนวณแสดงในสมการที่ 1-5 [4]

$$PC = \frac{FC + VC}{Q} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ PC คือ ราคาต่อหน่วย (บาท/หน่วย) FC คือ ต้นทุนคงที่ (บาท) VC คือ ต้นทุนผันแปร (บาท)
 Q คือ จำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์

$$PB = \frac{FV_t}{C_t} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ FV_t คือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้ามา และ C_t คือมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่ายออกไป

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{สมการที่ 3}$$

n คือ อายุของโครงการ (ปี), ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n , I_0 คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment), i คือ อัตราลดค่า (Discount rate)

$$PI = \frac{NPV - I_0}{I_0} \quad \text{สมการที่ 4}$$

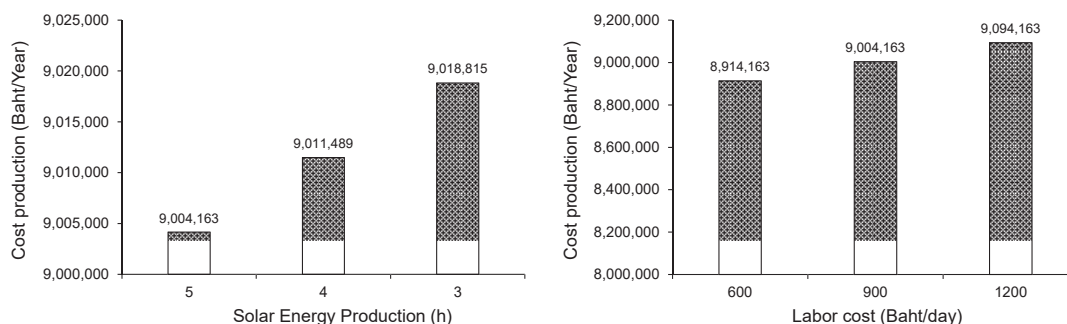
$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad \text{สมการที่ 5}$$

B_t และ C_t คือ รายได้และรายจ่ายที่คาดไว้ ณ ปีที่ t

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตข้าว

ภาพที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ค่าแรงวันละ 300 บาท/คน การใช้กำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ 5 ชั่วโมงต่อวันส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงต่ำกว่า 1% เมื่อเทียบกับค่าใช้กำลังไฟฟ้าที่ 3 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นเงินผลต่างที่ประหยัดได้ 14,652 บาทต่อปี ในส่วนของการวิเคราะห์ผลของค่าแรงงานต่อวันที่อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ 5 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าการใช้ค่าแรงงานที่วันละ 400 บาทต่อคน ให้ต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าการใช้ค่าแรง 200 บาทต่อคน ประมาณ 180,000 บาทต่อปี คิดเป็นผลการประหยัดค่าจ้างลงได้ ประมาณ 1.97% การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงและใช้ไฟฟ้าปกติสูงขึ้น จึงส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตต่อปีสูงขึ้นและการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตต่อปีสูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 2 ต้นทุนการผลิตข้าวสารรายปีโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

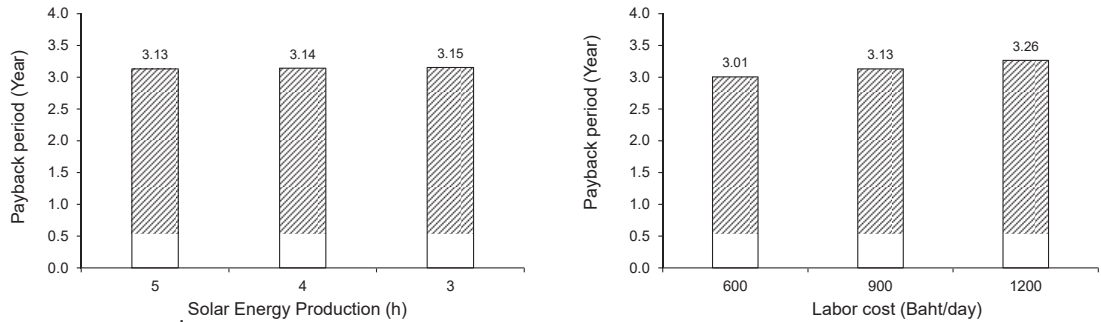
การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนการผลิตข้าวสารเนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงจึงทำให้ใช้ไฟฟ้าปกติสูงขึ้นจึงทำให้ค่าไฟฟ้าปกติเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เงินลงทุนสูงขึ้นต่อปีสูงขึ้นและทำให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มสูงขึ้นแสดงดังภาพที่ 3 ขณะเดียวกันหากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตต่อปีสูงขึ้นทำให้เงินลงทุนสูงขึ้นและทำให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น โครงการโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ในช่วง 3 ปี โดยตัวแปรที่เกิดจากการปรับชั่วโมงการใช้กำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และตัวแปรของแรงงานมีระยะเวลาคืนทุนไม่แตกต่างกัน

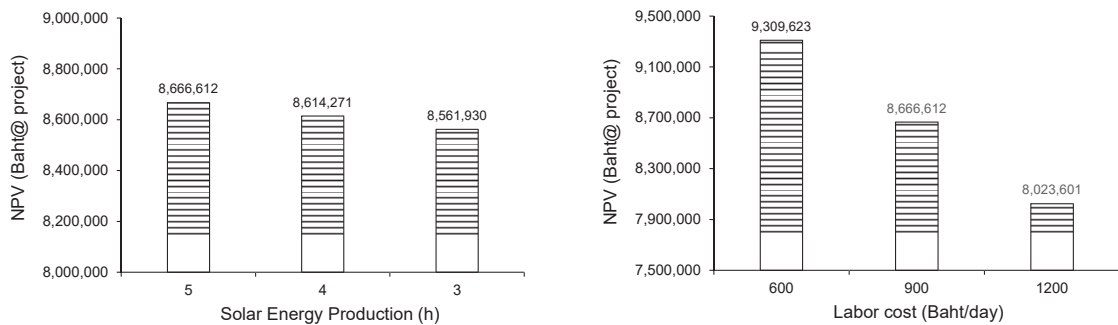
การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

การวิเคราะห์หามูลค่าปัจจุบันสุทธิการผลิตข้าวสารแสดงดังภาพที่ 4 เนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงจึงทำให้ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพิ่มสูงขึ้นและเป็นสาเหตุให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิต่อปีลดลงเฉลี่ย 104,693 บาท เมื่อมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 3 ชั่วโมงต่อวัน ขณะเดียวกันหากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นทำให้เงินลงทุนสูงขึ้น จึงส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงต่อปีเฉลี่ย 1,286,022 บาท การผลิตข้าวสารเนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงและใช้ไฟฟ้าปกติสูงขึ้นจึงทำให้ค่าไฟฟ้าปกติเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ดัชนีกำไรต่อปีลดลงหากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นทำให้เงินลงทุนสูงขึ้นจึงส่งผลให้จะได้ดัชนีกำไรต่อปีลดลง ดังภาพที่ 4



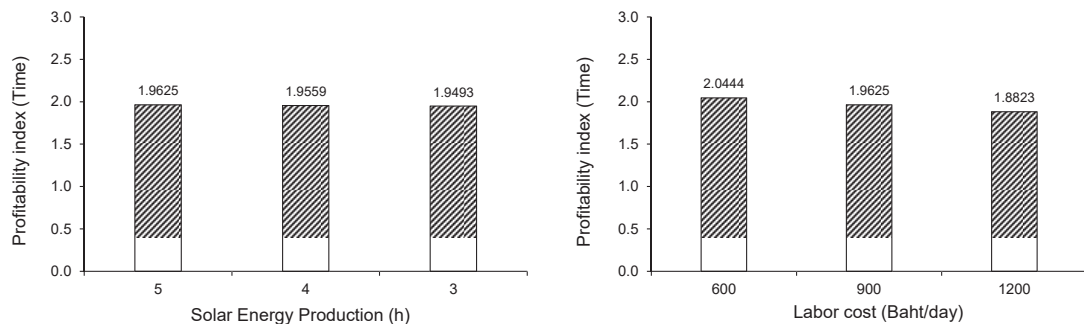
ภาพที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนการผลิตข้าวสารด้วยโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4 มูลค่าปัจจุบันสุทธิการผลิตข้าวสาร

การวิเคราะห์ดัชนีกำไร

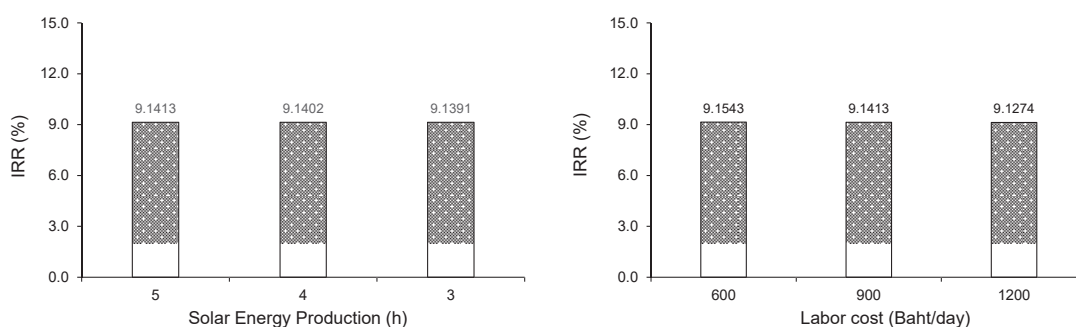
การวิเคราะห์หามูลค่าปัจจุบันสุทธิการผลิตข้าวสารแสดงดังภาพที่ 4 เนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลง จึงทำให้ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพิ่มสูงขึ้นและเป็นสาเหตุให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิต่อปีลดลงเฉลี่ย 104,693 บาท เมื่อมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 3 ชั่วโมงต่อวัน ขณะเดียวกันหากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นทำให้เงินลงทุนสูงขึ้น จึงส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงต่อปีเฉลี่ย 1,286,022 บาท การผลิตข้าวสารเนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงและใช้ไฟฟ้าปกติสูงขึ้นจึงทำให้ค่าไฟฟ้าปกติเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ดัชนีกำไรต่อปีลดลงขณะเดียวกันหากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นทำให้เงินลงทุนสูงขึ้นจึงส่งผลให้จะได้ดัชนีกำไรต่อปีลดลง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ดัชนีกำไรการผลิตข้าวสาร

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน

การวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนภายในการผลิตข้าวสารเนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงและใช้ไฟฟ้าปกติสูงขึ้นจึงทำให้ค่าไฟฟ้าปกติเพิ่มขึ้น และส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายใน ต่ปีลดลงเช่นเดียวกันหากเนื่องจากการจ้างแรงงานในราคาที่สูงขึ้นจะทำให้เงินลงทุนสูงขึ้นจึงส่งผลให้ได้ผลตอบแทนภายในต่ปีลดลง ดังภาพที่ 6 ผลตอบแทนภายในของการสีข้าวด้วยโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อปรับกำลังการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วง 3-5 ชั่วโมง ต่อวัน อยู่ที่ 9.13-9.14% ในขณะที่การปรับค่าแรงงานจะให้ค่าผลตอบแทนภายในอยู่ในช่วง 9.12-9.15% เมื่อใช้ค่าแรงงาน 200-300 บาทต่อวัน



ภาพที่ 6 อัตราผลตอบแทนภายในการผลิตข้าวสารด้วยโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์สรุปได้ว่า การลดจำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ป้อนให้กับโรงสีข้าวและการลดค่าจ้างแรงงานจะส่งผลต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการ การลดจำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ส่งผลให้ ต้นทุนการผลิตและระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัชนีกำไรและผลตอบแทนภายในมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามผลจากการปรับจำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มีผลค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับผลกระทบที่เกิดจากค่าจ้างแรงงาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานมีผลกระทบต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการ สอดคล้องกับงานวิจัยพินิจนันท์ สามอาพัฒน์ และธนิต เรืองรุ่งชัยกุล การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของ ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร เนื่องช่วยให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันเครื่อง และค่าซ่อมบำรุงของระบบสูบน้ำเดิมลงได้ (ระยะเวลาคืนทุน 2.86-6.22 ปี)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และข้อมูลการวิจัย ภายใต้โครงการ “พัฒนาและยกระดับรายได้กลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวครบวงจรประจำปีงบประมาณ 2560” ขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจที่สนับสนุนบุคลากรและข้อมูลการวิจัยและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กุณทีราและสุทัศน์. 2554. การวิเคราะห์เงื่อนไขในการลงทุนสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก. วารสารวิจัยพลังงาน, 8(1),87-95.
- [2] พินิจนันท์และธนิต. 2558. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของ ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ครั้งที่ 4, 4(3), 217-226.
- [3] นงเยาว์ หอมดวง. 2562. การวิเคราะห์การใช้พลังงานและต้นทุนการแปรรูปข้าวของระบบสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 วันที่ 21-24 พฤษภาคม 2562 จังหวัด นครราชสีมา
- [4] ทัดพงศ์ อวิโรธนันท.2559. ความคุ้มค่าทางการเงินของการใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสาน ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมในเขตภาคเหนือตอนบน. การประชุมวิชาการระดับชาติ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 12, 12(1), 1170-1179.

การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ

Energy Consumption for a door type display freezer in a convenient store

สุพัสชา กระต่ายแก้ว^{1*} และ วิทยา ยงเจริญ²

¹ หลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขต
ปทุมวัน กทม. 10330

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กทม. 10330

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งและการศึกษาพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเปิดประตูกับพลังงานที่ใช้ การตรวจวัดพลังงานใช้ meter วัดพลังงาน เทียบกับระยะเวลาในการเปิดประตู ส่วนการศึกษาพฤติกรรมได้ข้อมูลจากการสังเกตผู้ซื้อสินค้าจากตู้แช่แข็งจำนวน 60 คน จากการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานรายวันของตู้แช่แข็ง 1 ตู้มีค่าเฉลี่ย 7.73 หน่วย/วัน ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $Y = 6.4079x + 14.503$ ซึ่งสามารถอธิบายชุดข้อมูลได้ถึง 97% และพบว่าพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งในการเลือกหยิบสินค้าในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้ ซึ่งแบ่งเป็นตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวา โดยตำแหน่งซ้ายจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเปิดตู้แช่แข็งนานที่สุดเนื่องจากอยู่ด้านในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตูกว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้า

คำสำคัญ: ตู้แช่แข็ง / พฤติกรรมการใช้ตู้แช่แข็งของผู้บริโภค / การประหยัดพลังงาน

* Corresponding author: Tel.: 084-1191199. E-mail address: smartgrid@nu.ac.th

บทนำ

จากแนวโน้มราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนของประเทศ ต้องหันมาให้ความสำคัญเรื่องการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ภาคอาคารธุรกิจการค้าและการบริการถือเป็นภาคเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ อีกทั้งยังมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “ร้านค้าสะดวกซื้อ” ซึ่งถือได้ว่าเป็นกิจการร้านค้าปลีกขนาดเล็กที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มการใช้พลังงานมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวนี้นี้ จึงมีการวางแผนเพื่อศึกษาในเรื่องการใช้พลังงานอย่างประหยัด และความคุ้มค่าภายในร้านสะดวกซื้อ เพื่อรองรับการขยายตัวของธุรกิจในอนาคต ซึ่งมีการเจริญเติบโตของร้านสะดวกซื้อ ในปี 2541 มีจำนวนร้านค้าเพียง 1,000 สาขา และได้ขยายสาขาเพิ่มขึ้นมาโดยตลอดจนกระทั่งในปี 2560 มีจำนวนร้านค้าเพิ่มขึ้นถึง 10,000 สาขาในต่างประเทศ Brian A. Fricke และคณะ [2] ได้ศึกษาการใช้พลังงานของตู้แช่เย็นและพฤติกรรมของลูกค้าในซูเปอร์มาร์เก็ตพบว่า ตู้เย็นแบบ Open Show case ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 30% เมื่อเทียบกับตู้เย็นแบบมีประตูปิด ถึงแม้ว่าตู้เย็นแบบ Open Show case จะไม่มีการใช้ Anti-Sweat Heaters แต่ภาระของตู้แช่เย็นในส่วน of Compressors มีมากกว่าตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด 30.5% ส่วนพฤติกรรมในการเปิดประตูตู้แช่เย็นจำนวน 4,792 ครั้ง มีระยะเวลาการเปิดตู้แช่เย็นเฉลี่ย 31 วินาที ระยะเวลาที่น้อยที่สุดคือ 1 วินาที และที่นานที่สุดคือ 1.842 วินาที ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากระบบตู้แช่ (Refrigeration) ของร้านสะดวกซื้อจะเป็นสัดส่วนที่สูงของการใช้พลังงานทั้งหมด ปัจจุบันแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบตู้แช่ของร้านสะดวกซื้อ มีค่อนข้างน้อย ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานของร้านสะดวกซื้อในอนาคต จึงควรเน้นมาตรการที่เกี่ยวกับระบบตู้แช่ เพื่อลดต้นทุนของการใช้พลังงาน ดังนั้นบทความนี้จะมุ่งเน้นที่จะศึกษาพฤติกรรมของลูกค้าในการเปิดประตูตู้แช่กับการใช้พลังงานของตู้แช่แข็ง

วิธีการวิจัย

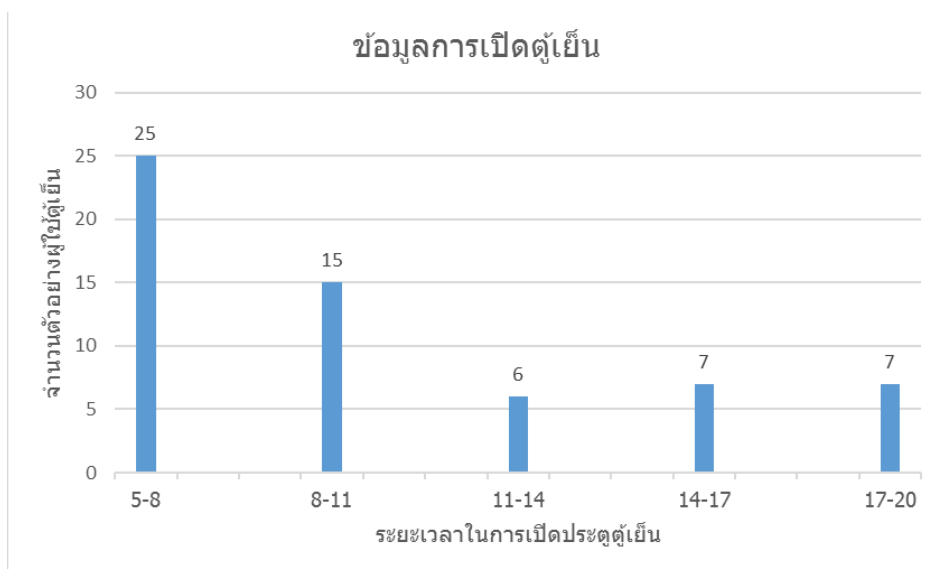
ตู้แช่แข็ง ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นชนิดที่ใช้เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอใช้สารทำความเย็น R507 มีประตูกระจกปิดแต่ไม่มีฮีตเตอร์ขจัดฝ้า (sweat heater) ตู้แช่แข็งเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศตั้งอยู่ในห้องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิในห้องที่ 25 °C ใช้เก็บอาหารสำเร็จรูปจึงปรับตั้งอุณหภูมิในตู้ที่ -23 °C อุณหภูมิในตู้อยู่ระหว่าง -23 ถึง -19 °C ขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาพฤติกรรมการใช้ของลูกค้าโดยจับเวลาการเปิดประตูตู้แช่แข็งเพื่อหิบบสินค้าที่ 3 ตำแหน่ง คือ ซ้าย กลาง และขวาของพื้นที่ประตู
2. ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปิดประตูค้างไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยใช้ Power meter กับการจับเวลา
3. ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในตู้แช่แข็งที่มีสินค้าบรรจุอยู่และมีการซื้อขายปกติ เป็นเวลา 7 วัน
4. วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ตู้แช่แข็งของลูกค้า ที่เลือกหิบบสินค้าในตำแหน่ง ซ้าย กลาง และขวา
5. หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเปิดประตูกับพลังงานที่ใช้
6. วิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในตู้แช่แข็ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

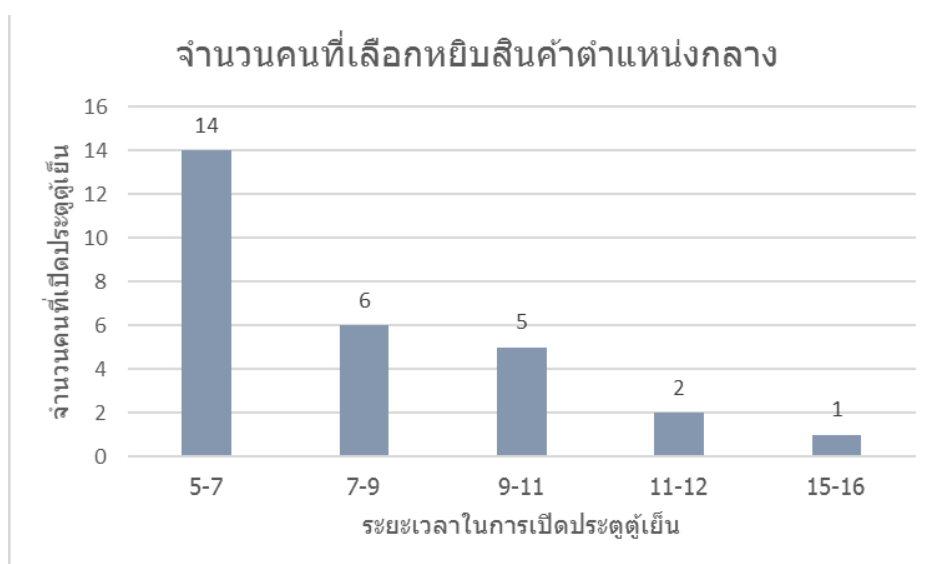
พฤติกรรมการใช้ตู้แช่แข็งของลูกค้า

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้งานตู้แช่แข็ง จำนวนตัวอย่างผู้ลูกค้า 60 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 10.1 วินาที ค่ามากที่สุด 19.5 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.1 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-8 วินาทีดังภาพที่ 1



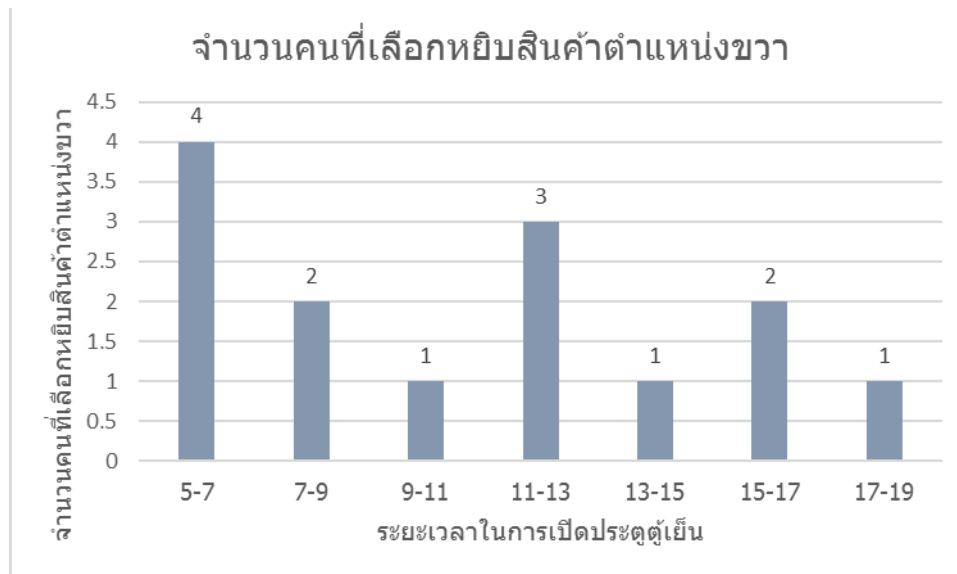
ภาพที่ 1 ข้อมูลการเปิดตู้แช่แข็งโดยรวม

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลาง จำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 รายซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลางมีจำนวน 28 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 7.3 วินาที ค่ามากที่สุด 15.63 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.12 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-7 วินาทีดังภาพที่ 2



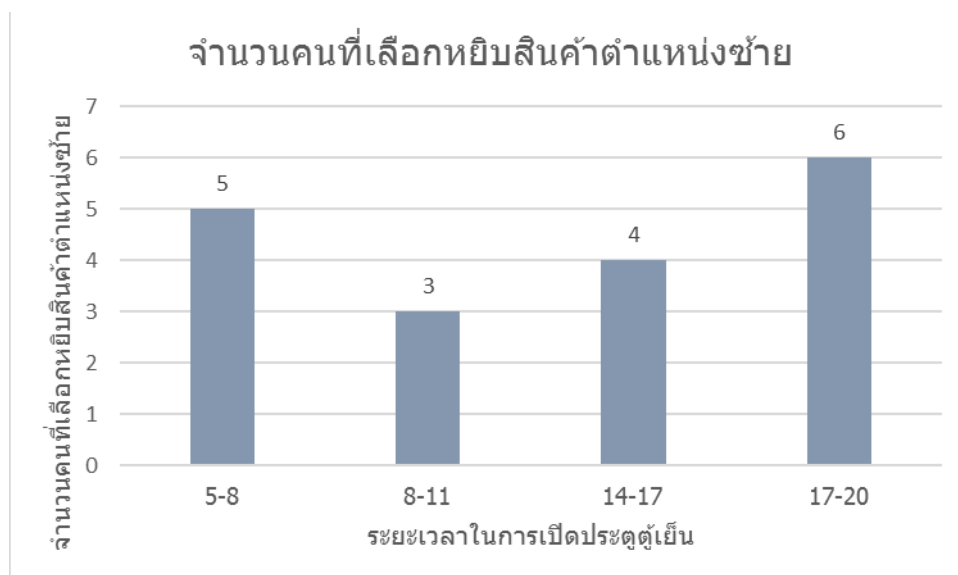
ภาพที่ 2 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลาง

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวา จำนวนตัวอย่างผู้บริโภครวม 60 ราย ซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวามีจำนวน 14 คน ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 10.6 วินาที ค่ามากที่สุด 18.55 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.27 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-7 วินาทีดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวา

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้าย จำนวนตัวอย่างผู้บริโภครวม 60 ราย ซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้ายมีจำนวน 18 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 14.2 วินาที ค่ามากที่สุด 19.52 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.38 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 17-20 วินาทีดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้าย

ผลสรุปพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งในการเลือกหยิบสินค้าในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้ จากจำนวนตัวอย่างผู้บริโภครวม 60 คน โดยแบ่งตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวา เป็น 18 คน 28 คน และ 14 คนตามลำดับ โดยตำแหน่งซ้ายจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเปิดประตูตู้แช่แข็งที่ตำแหน่ง ขวา กลาง และซ้าย คือ 7.3 10.6 และ

14.2 วินาทีตามลำดับ ตำแหน่งซ้ายสุดจะใช้เวลานานที่สุดเนื่องจากอยู่ด้านในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตูกว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้าสำหรับกรณีที่ประตูตู้แช่แข็งเปิดจากทางด้านขวา ลูกค้าที่ใช้เวลานานส่วนหนึ่งใช้เวลาในการตรวจสอบวันหมดอายุของสินค้าบริโภค

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็ง

การเก็บข้อมูลระยะเวลาที่ใช้เปิดตู้กับพลังงานที่ใช้ของตู้แช่แข็ง แสดงในภาพที่ 5

Meter Reading (kWh)		ผลต่าง		ระยะเวลา เปิดตู้เย็น , S
เริ่มต้น	สิ้นสุด	kWh	Wh	
114.1453	114.2290	0.0837	83.7	1
114.6082	114.6967	0.0885	88.5	2
114.7910	114.8705	0.0795	79.5	4
114.8730	114.9532	0.0802	80.2	5
114.9566	115.0275	0.0709	70.9	10
227.0981	227.2045	0.1064	106.4	15
227.2121	227.3451	0.1330	133	17
227.3532	227.4405	0.0873	87.3	20

ภาพที่ 5 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้เปิดตู้แช่แข็งกับพลังงานที่ใช้

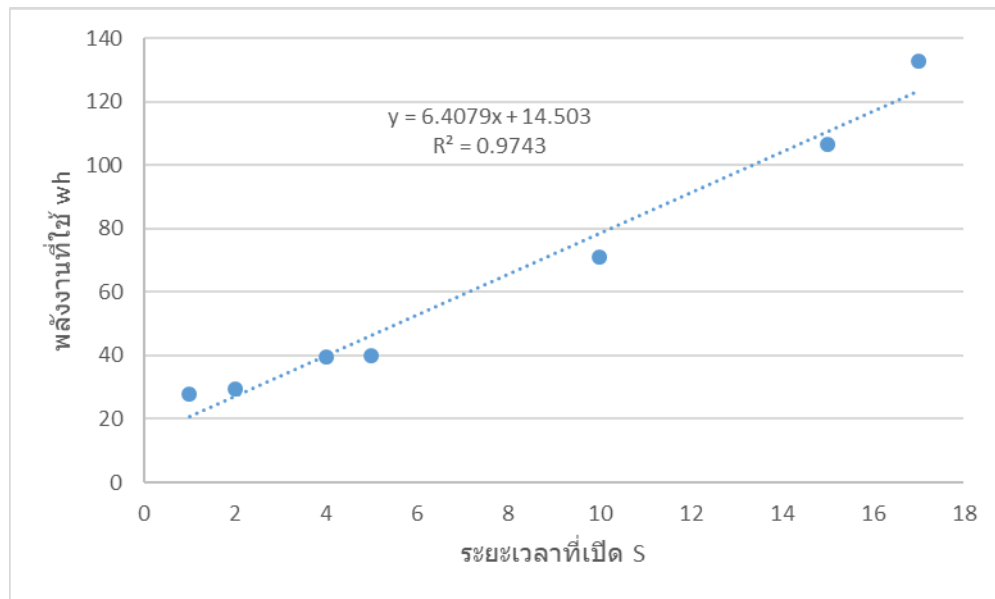
ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งเป็นลักษณะเชิงเส้นดังแสดงในภาพที่ 6 และมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 1

$$Y = 6.4079x + 14.503 \dots \dots \dots (1)$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 0.9743

เมื่อ x คือระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็ง หน่วยเป็น s

Y คือพลังงานที่ตู้แช่แข็งใช้ หน่วยเป็น Wh



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็ง

การใช้พลังงานการใช้ตู้แช่แข็งรายวัน

ผลการใช้พลังงานของตู้แช่แข็งรายวันมีค่าเฉลี่ย 7.73 kWh และการใช้พลังงานของตู้แช่แข็งรายวันแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การใช้พลังงานของตู้แช่แข็งตู้แช่รายวัน

สรุปผลการวิจัย

พฤติกรรมของลูกค้าจำนวน 60 คนในการเปิดประตูตู้แช่แข็งเพื่อเลือกหยิบสินค้า ใช้ระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งเฉลี่ย 10.1 วินาที และตำแหน่งซ้ายสุดของตู้แช่แข็งจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 14.2 วินาทีซึ่งใช้เวลานานที่สุดเนื่องจากเป็นตำแหน่งในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตูกว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้า ส่วนตำแหน่งขวาสุดของตู้แช่แข็งจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 7.3 วินาทีซึ่งใช้เวลาสั้นที่สุด ลูกค้าที่ใช้เวลานานส่วนหนึ่งใช้เวลาในการตรวจสอบวันหมดอายุของสินค้าบริโภค จึงควรจัดวางสินค้าที่ขายดีไว้ในตำแหน่งซ้ายและมีป้ายบอกหมดอายุที่ชัดเจน เพื่อลดระยะเวลาในการเลือกหยิบสินค้าทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่ตู้แช่แข็งใช้จะมีค่าสูงเมื่อเปิดประตูเป็นเวลานาน ตามสมการ

$Y = 6.4079x + 14.503$ ซึ่งสามารถอธิบายชุดข้อมูลได้ถึง 97% นอกจากนี้ยังพบว่าตู้แช่แข็งใช้พลังงานเฉลี่ยรายวัน 7.73 kWh และจะใช้พลังงานสูงเมื่อลูกค้าเปิดประตูตู้แช่แข็งนาน การใช้พลังงานในแต่ละวันขึ้นอยู่กับจำนวนซื้อขายสินค้า ถ้ามีการซื้อขายมากก็จะใช้พลังงานมากด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี งานวิจัยนี้จะสำเร็จไม่ได้ถ้าหากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท ซีฟู้ด จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บและสำรวจข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] การแบ่งชนิดของตู้เย็น. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2562
จาก <http://www.chiangmaiaircare.com>
- [2] Brian A. Fricke, Ph.D., Bryan R. Becker, Ph.D., P.E. , University of Missouri –Kansas City (2513)
- [3] วัฏจักรของการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) สืบค้นเมื่อ 26 พฤษภาคม 2562
จาก <http://tpa.or.th>
- [4] แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2562
จาก <http://www2.dede.go.th>

การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย

Feasibility Study on Solar PV Rooftop

Based on Supporting Policy for Residential Sector

อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์^{1*} และ วิฑิตศักดิ์ บุญปรางโมทย์²

¹ สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนและบำรุงรักษา ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ โดยการจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst และประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp บริเวณพื้นที่จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของโครงการมีผลต่อต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อยจะมีต้นทุน (บาท/kWp) สูงกว่าโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า และจากผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp พบว่า สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 3,198.7 kWh/ปี และ 5,550 kWh/ปี ตามลำดับ และผลการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนพบว่าลักษณะการผลิตและการใช้ไฟฟ้ามีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการ โดยโครงการจะมีความคุ้มค่าสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีการผลิตเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก และหากมีส่วนเหลือจากการใช้จึงจำหน่ายให้กับการไฟฟ้า ในกรณีที่ติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp เพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก พบว่า มีอัตราผลตอบแทน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ติดลบ อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 2.59% และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 17 ปี 1 เดือน และการลงทุนติดตั้งในรูปแบบอื่น ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีสต้นทุนสูง แต่อัตราซื้อไฟฟ้าที่กำหนดโดยภาครัฐมีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp เพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก มีอัตราผลตอบแทน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 31,095 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 5.20% และระยะเวลาคืนทุน 13 ปี 3 เดือน และการลงทุนติดตั้งในรูปแบบอื่นเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า อัตราผลตอบแทนของโครงการจะลดน้อยลง และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุนสูงขึ้นตามลำดับ และการลงทุนติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีสต้นทุนสูง แต่อัตราซื้อไฟฟ้าที่กำหนดโดยภาครัฐมีค่าต่ำ จึงสรุปได้ว่า ต้นทุนการลงทุน อัตราค่าไฟฟ้า อัตราซื้อไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า สัดส่วนการผลิตและการใช้ไฟฟ้า และรวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ สภาพแวดล้อมพื้นที่ติดตั้ง สภาพอากาศ มีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการลงทุน พบว่า ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราซื้อไฟฟ้ามีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้, ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา, การผลิตพลังงานไฟฟ้า

* Corresponding author: Tel.: 086-5558375. E-mail address: itthidech.p@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้จัดทำแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 (Power Development Plan: PDP2018) [1] ได้ให้ความสำคัญ ด้านความมั่นคงทางพลังงาน, ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า ทั้งด้านการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้า ซึ่งได้กำหนดสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในปริมาณ 20,766 MW จากสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าใหม่ 56,431 MW โดยมีเป้าหมายจัดหา กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในปริมาณ 10,000 MW ซึ่งจะมีการดำเนินโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์ภาคประชาชน) ปีละ 100 MW เป็นระยะเวลา 10 ปี กอปรกับคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้ออกระเบียบ กกพ. ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 [2] และประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 [3] ส่งเสริมให้ประชาชนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา บ้านอยู่อาศัย (ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 10 kWp เป้าหมายการจัดหาไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 100 MWp โดยแบ่งเป็นพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) 30 MWp และพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 70 MWp อัตรารับซื้อไฟฟ้า 1.68 บาท/หน่วย (รูปแบบ Net Billing) ระยะเวลารับซื้อไฟฟ้า 10 ปี กำหนดวันจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเชิงพาณิชย์ (Scheduled Commercial Operation Date: SCOD) ภายในปี 2562 ซึ่งในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถผลิตไฟฟ้าต่อพื้นที่ได้มากขึ้น และมีแนวโน้มราคาต่ำลง และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้มีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (18 - 20 MJ/m²-day) อยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทำการเฉลี่ยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 17.6 MJ/m²-day [4] จึงทำให้มีผู้สนใจติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น ขณะเดียวกันยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

โดยในปี พ.ศ. 2557 พิมพ์พรรณ กาเยนนท์ [5] ได้ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา พบว่า ค่าใช้จ่ายการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่สูงมาก และในปีเดียวกัน ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ [6] ได้ทำการศึกษาประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้ภายในอาคารเป็นหลัก โดยคัดเลือกอาคารจำนวน 10 อาคาร ผลรวมการศึกษาศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ ที่อัตราส่วนลด 7.08% พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 26,744,616.98 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 15% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PB) อยู่ระหว่าง 7-8 ปี และได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ในปัจจัยด้านต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดให้ต้นทุนมีสัดส่วนลดลงร้อยละ 5 และเมื่อกำหนดอัตราคิดลดที่ 3% ต่อปี พบว่า มีค่า IRR เท่ากับ 16% และระยะเวลาคืนทุนของโครงการอยู่ระหว่าง 7-8 ปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 มานิตย์ ศรีคงแก้ว และ พาสีห์ หล่อธีรพงศ์ [7] ได้ทำการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 kWp ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าที่มีอัตรารับซื้อไฟฟ้ารูปแบบ Feed-in Tariff (FIT) 6.98 บาท/หน่วย พบว่า เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยมีค่า IRR เท่ากับ 10.91% และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8.5 ปี และความคุ้มค่าของระบบมีความไวสูงต่ออัตราการลดลงของสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าต่อปี

นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2560 จารุวรรณ พิพัฒนพุดพันธ์ [8] ได้ทำการศึกษาการประเมินระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5.25 kWp ร่วมกับการกักเก็บพลังงาน สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล พบว่า เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน มีค่าสูง ทำให้โครงการยังไม่มีค่าความคุ้มค่าในการลงทุนในปัจจุบัน ขณะที่ปี พ.ศ. 2561 สุรกิจ ทองสุข และ อรรถพล

เงาพิทักษ์กุล [9] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาพบว่า ต้นทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 20 kWp มีค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 1,121,500 บาท คิดเป็นมูลค่า 56,000 บาทต่อ kW หนึ่งในปี ค.ศ. 2015 Manzar, A. et.al [10] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อแหล่งพลังงานหลายแหล่งเข้ากับไมโครกริด (Microgrid) โดยได้นำเสนอรูปแบบระบบการเชื่อมต่อแหล่งพลังงานต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระ (Loads) ด้วยวิธีการจำลองแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB/Simulink พบว่า ระบบที่นำเสนอจะช่วยลดภาระของระบบสายส่งพลังงานไฟฟ้าได้และยังช่วยลดความเครียดในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และช่วยลดโอกาสการเกิดภาระเกินพิกัด (Overloaded) ได้อีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp และวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน เช่น อัตราการรับซื้อไฟฟ้า

วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ทำการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนและบำรุงรักษา ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้โดยการจำลองด้วยโปรแกรม PV Syst และประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) ในการพิจารณาเกณฑ์การลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR), ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp แบบชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ประเภท Poly-Crystalline โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะการผลิตและการใช้ไฟฟ้าจากข้อมูล Load Profile ซึ่งกำหนดโดยผู้วิจัยโดยอ้างอิงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไป จำนวน 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก
2. ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร และขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า
3. ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก

นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน เช่น อัตราการรับซื้อไฟฟ้า

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel)
2. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)
3. อุปกรณ์โครงสร้าง เช่น โครงสร้างอลูมิเนียมและอุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และรางเดินสายไฟ
4. อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบมอนิเตอร์ (Electrical System & Monitoring System)
5. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ข้อมูลราคาชุดติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ราคาชุดติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

รายละเอียด	ราคา* (บาท/kWp)
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp	79,910.71
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp	71,941.43

*ราคาเฉลี่ยจากผู้ประกอบการธุรกิจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 3 ราย ข้อมูล ณ ปี 2562

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel) รับประกันประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 25 ปี ลดลงไม่เกิน 80%
2. อินเวอร์เตอร์ (Inverter) รับประกันอายุการใช้งาน 10 ปี

ในงานวิจัยนี้กำหนดสมมติฐานอายุโครงการ 25 ปี ดังนั้น จึงไม่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel) ยกเว้นกรณีอุปกรณ์ชำรุด/เสียหาย จนเป็นเหตุทำให้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ และในส่วนของผู้ประกอบการ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) อาจต้องดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่เพื่อทดแทนอุปกรณ์เก่า จำนวน 1 – 2 ครั้ง ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ และการต่ออายุสัญญารับประกันอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) กับผู้ประกอบการผลิตอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงไม่นำค่าใช้จ่ายในส่วนของการเปลี่ยนอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel) และอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) มาพิจารณาในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ ทั้งนี้ หากจะต้องดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าว ราคาประมาณ 50,000 บาท/เครื่อง (ข้อมูล ณ ปี 2562)

การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp ซึ่งกำหนดพื้นที่ทำการศึกษาบริเวณจังหวัดลพบุรี โดยการจำลองด้วยโปรแกรม PVSyst พบว่า มีค่าสมรรถนะระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio: PR) เท่ากับ 78% และ 78.92% ตามลำดับ และมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

เดือน	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	
	กำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp	กำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp
มกราคม	280.4	486
กุมภาพันธ์	250.2	434
มีนาคม	287.0	497
เมษายน	278.8	484
พฤษภาคม	282.6	491
มิถุนายน	275.9	479
กรกฎาคม	277.6	482
สิงหาคม	249.3	433
กันยายน	241.1	419
ตุลาคม	249.7	434
พฤศจิกายน	252.5	437
ธันวาคม	273.6	474
รวม	3,198.7	5,550

การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp

กำหนดสมมติฐานในการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

1. อายุโครงการ 25 ปี
2. อัตราซื้อไฟฟ้า 1.68 บาท/หน่วย เป็นระยะเวลา 10 ปี
3. อัตราค่าไฟฟ้า 4 บาท/หน่วย โดยเพิ่มขึ้น 1% ในแต่ละปี

4. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ข้อมูลตามตารางที่ 1
5. ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า การตรวจสอบระบบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้อง ตามประกาศ กกพ. มูลค่า 8,500 บาท ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
6. ค่าบำรุงรักษาทั่วไป 2,000 บาท/ปี โดยเพิ่มขึ้นในแต่ละปีตามอัตราเงินเฟ้อ (กรณีศึกษา อัตราเงินเฟ้อ 3%)
7. เจ้าของบ้านหรืออาคาร เป็นผู้ลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เงินส่วนของเจ้าของ 100%
8. อัตราคิดลด (Discount Rate) 3% ต่อปี

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp จำนวน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย

- รูปแบบที่ 1** ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า
- รูปแบบที่ 2** ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40%
- รูปแบบที่ 3** ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์	ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp			ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp		
	ใช้ภายใน			ใช้ภายใน		
	เพื่อใช้ภายใน	60% จำหน่าย	เพื่อจำหน่าย	เพื่อใช้ภายใน	60% จำหน่าย	เพื่อจำหน่าย
		40%			40%	
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	-23,476 บาท	-	-	31,095 บาท	-73,052 บาท	-
อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)	2.59%	-	-	5.20%	0.87%	-
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)	17 ปี 1 เดือน	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี	13 ปี 3 เดือน	21 ปี 2 เดือน	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี

ผลการศึกษา กรณีติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp พบว่า การติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ติดลบ อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 2.59% และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 17 ปี 1 เดือน และการลงทุนติดตั้งในรูปแบบอื่น ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีสันทุนสูง แต่อัตราซื้อไฟฟ้าที่กำหนดโดยภาครัฐมีค่าต่ำ และกรณีติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp พบว่า การติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) มีค่า 31,095 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 5.20% และระยะเวลาคืนทุน 13 ปี 3 เดือน และการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ติดลบ อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return:

IRR) 0.87% และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 21 ปี 2 เดือน และการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา มีต้นทุนสูง แต่อัตราารับซื้อไฟฟ้าที่กำหนดโดยภาครัฐมีค่าต่ำ

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.24 kWp และ 3.72 kWp ตามนโยบายรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ของการติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีค่ามากกว่าการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบ และการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเป็นหลัก และมีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า เนื่องจากสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด และช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากระบบซึ่งมีอัตราค่าไฟฟ้าสูงกว่าอัตราารับซื้อไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน

ในงานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราารับซื้อไฟฟ้า จากเดิมราคา 1.68 บาท/หน่วย ปรับเพิ่มขึ้นจากอัตราารับซื้อไฟฟ้าเดิม 2 เท่า เป็นราคา 3.36 บาท/หน่วย

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับอัตราารับซื้อไฟฟ้า

ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์	ใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%		เพื่อจำหน่าย	
	2.24 kWp	3.72 kWp	2.24 kWp	3.72 kWp
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	-	-42,179 บาท	-	-
อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)	-	2.00%	-	-
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี	18 ปี 9 เดือน	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี	มากกว่าอายุ โครงการ 25 ปี

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราารับซื้อไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 เท่า ทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เพิ่มขึ้น และใช้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง แต่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ของโครงการยังคงติดลบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนและความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้ายังคงมีราคาสูง และขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของโครงการ โดยโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อยจะมีต้นทุน (บาท/kWp) สูงกว่าโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า ตามหลักการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) และโครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีการผลิตเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลักก่อน เช่น การติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.72 kWp เพื่อใช้ภายในบ้านเป็นหลัก มีอัตราผลตอบแทน NPV เท่ากับ 31,095 บาท IRR เท่ากับ 5.20% และ PB เท่ากับ 13 ปี 3 เดือน ส่วนการลงทุนติดตั้งรูปแบบอื่น อัตราผลตอบแทนจะลดน้อยลง และใช้ระยะเวลาในการคืนทุนสูงขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ต้นทุนการลงทุน อัตราค่าไฟฟ้า อัตราารับซื้อไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า สัดส่วนการผลิตและการใช้ไฟฟ้า และรวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ สภาพแวดล้อมพื้นที่ติดตั้ง สภาพอากาศ มีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุน นอกจากนี้ อัตราผลตอบแทนของโครงการมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราารับซื้อไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย ขอขอบคุณข้อมูลสนับสนุนงานวิจัย จากผู้ประกอบการธุรกิจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน นอกจากนี้ขอขอบคุณ คณาจารย์สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้องค์ความรู้และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2562). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 (PDP 2018). กรุงเทพฯ
- [2] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2562). ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ
- [3] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2562). ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย (ปี 2560). กรุงเทพฯ
- [5] พิมพ์พรรณ กาเยนนท์. (2557). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วิทยานิพนธ์ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์. (2557). การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] มานิตย์ ศรีคงแก้ว และ พาสีธี หล่อธีรพงศ์. (2558). การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้านอยู่อาศัย. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา. 26 (1), 61-69.
- [8] จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธรักษ์. (2560). การประเมินระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับการกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านอยู่อาศัยในประเทศไทย. สารนิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] สุรกิจ ทองสุข และอรุณพล เก้าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 10 (19), 157-169.
- [10] Manzar, A., Uzma, A., Suhall, A. and Zaki, A. (2015). Integration of Renewable Energy Resources in Microgrid. *Energy and Power Engineering*. 7, 12-29.

การจัดการชุมชนด้วยนวัตกรรมพลังงานและการมีส่วนร่วม

: กรณีศึกษา บ้านกระหม หมู่ 8 ตำบลนาบัว อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

Community management through energy innovation and participation method

Case study: kra-tom moo8 tambon nabua, Maung district, Surin province.

ปริษา ศรีประภาคาร^{1*} วิสูตร ยังพลพันธ์² อาทร แสงสมวงศ์³ ทศนีย์ สุรินทรานนท์³ และ ปราสิทธิ์ พงษ์นคระห์ศิริ⁴

¹ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

² ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม งานพลังงานชุมชน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ ห้างหุ้นส่วน เรือนไหมใบหม่อน จำกัด 162 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง สุรินทร์ 32000

⁴ บริษัท ชินฮวดเฮง นวัตกรรม จำกัด 48 หมู่ที่ 13 ตำบลแกใหญ่ อำเภอเมือง สุรินทร์ 32000

บทคัดย่อ

ตำบลนาบัว อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ รวมมีหมู่บ้านทั้งหมด 19 หมู่บ้าน บ้านกระหม หมู่ 8 เป็นหมู่บ้านหนึ่งในตำบลนาบัว มีบ้านเรือนจำนวน 272 หลังคาเรือน ในหมู่บ้านระบบไฟฟ้าและระบบประปา บ้านกระหมตั้งอยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอเมืองสุรินทร์ ไปทางทิศใต้ประมาณ 20 กิโลเมตร อาชีพหลัก ทำนา อาชีพเสริม รับจ้าง หัตถกรรม เลี้ยงสัตว์ มีแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีเฉพาะฤดูฝน ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่แร่หินบะซอลต์ และมีพื้นที่สัมปทานบริเวณเขตอุตสาหกรรม ป่าไม้ มีอยู่ 2 ลักษณะคือป่าสงวนแห่งชาตินาบัว และป่าทาล้างสัตว์ จังหวัดสุรินทร์มีการรวมกลุ่มกันขับเคลื่อนและพัฒนาจังหวัด โดยใช้ชื่อว่า กลุ่มไดนามิคสุรินทร์ฟอรัม โดยมีการร่วมมือกันหลายภาคส่วนทั้งภาครัฐ ภาควิชาการ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ซึ่งการพัฒนาที่มีการทำงานกันหลายมิติและหลายพื้นที่ ซึ่งบ้านกระหมเป็นหนึ่งในพื้นที่เป้าหมายนั้น โดยกระบวนการทำงานลำดับแรกคือการประชุมกันในทุกภาคส่วน ซึ่งผลการประชุมแรกคือการวางแผนยุทธศาสตร์ 20 ปี “เอาคนกลับบ้าน พัฒนางานให้เกิดในพื้นที่ พัฒนาแหล่งท่องเที่ยว และใช้นวัตกรรมเป็นตัวช่วยในการขับเคลื่อน”

ผลการดำเนินงานอยู่ในระยะแรกแผน 5 ปี ด้านการจัดการได้เน้นการมีส่วนร่วมของประชาชน และเอกชนในพื้นที่เป็นสำคัญ กิจกรรมแรกคือ นวัตกรรมธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด (Close system ground water bank) มาทำการบริหารจัดการน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่ น้ำใช้จากครัวเรือน น้ำท่วมขังในพื้นที่สาธารณะ เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีด้านการจัดการสุขอนามัย ลดการใช้พลังงานในการสูบน้ำท่วมในพื้นที่สาธารณะและเก็บน้ำลงดินเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น โดยเริ่มจากการจัดตั้งกลุ่ม การอบรมให้ความรู้ การปฏิบัติจริงในจุดสาธิตที่ลูกหลานเรียนหนังสือเพื่อให้ผู้ปกครองเข้าถึงเวลามารับบุตรหลานในโรงเรียน ร่วมกับการของบประมาณสนับสนุนจากภาคเอกชนผู้ประกอบการสัมปทานโมหินในพื้นที่จนเกิดผลสัมฤทธิ์จำนวน 170 จุด คิดเป็นการมีส่วนร่วม 62.5 % กิจกรรมที่สองคือ นวัตกรรมจัดการขยะไปเป็นพลังงาน (Waste to energy management) โดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis process) มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการขยะให้เป็นน้ำมัน โดยเริ่มจากการการประชาคมสร้างการรับรู้และคิดร่วมกัน โดยให้ชาวบ้านนำขยะพลาสติกมาแลกกับน้ำมันที่ผลิตจากขยะโดยเทคโนโลยีของผู้ประกอบการเอกชนในจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งมีน้ำมันอยู่ 2 ชนิดที่สามารถแลกได้คือน้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน โดยขยะน้ำหนัก 3.5 kg สามารถแลกน้ำมันดีเซลได้ 0.8 liter และเบนซินได้ 0.7 liter ทำให้ชุมชนเกิดความตระหนักในการจัดการและพัฒนาชุมชนนำมาซึ่งสภาพแวดล้อมที่ดีเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การจัดการชุมชน นวัตกรรมพลังงาน การมีส่วนร่วม

* Corresponding author: Tel.: 082-6298916. E-mail address: sriprapakhan@hotmail.com

บทนำ

วิกฤตการณ์พลังงานและราคาน้ำมันที่มีความผันผวนสูง ก่อให้เกิดผลกระทบในทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน ทั้งในทางตรงและทางอ้อมส่งผลกระทบต่อดำเนินชีวิตประจำวัน ของประชาชน ทำให้ต้องแบกรับค่าครองชีพที่สูงขึ้นตามราคาน้ำมันโลก นักวิชาการด้านเศรษฐกิจ ได้คาดการณ์ว่าราคาน้ำมันจะถีบตัวสูงขึ้นจนผู้บริโภคไม่มีกำลังซื้อ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคต ประมาณปี พ.ศ. 2583 สังคมโลกคงต้องเผชิญหน้ากับภาวะการขาดแคลนน้ำมันอย่างแน่นอน [1] โดยเฉพาะประเทศไทย มีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เป็นมูลค่าสูงในแต่ละปี โดยในปี 2562 คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 665,000 ล้านบาท [2] การจัดการพลังงานชุมชนเป็นการเรียนรู้เพื่อให้ประชาชนในชุมชนสามารถบริหารจัดการอย่างครบวงจรและยั่งยืน ผ่านกระบวนการรู้จักตนเองจากค่าใช้จ่าย พลังงานสิ้นเปลือง ทรัพยากรวัตถุดิบในท้องถิ่นที่สามารถนำมาเป็นประโยชน์ได้ [3] มีกระบวนการประชุม การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การเลือกใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสม นำไปสู่การวางแผน และการสร้างจุดรับรู้ข้อมูลความรู้จะเริ่มต้นด้วยสิ่งที่ทำนั้นได้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่มีอยู่ในชุมชน เช่น แก๊สชีวภาพที่สามารถใช้มูลสัตว์ ขยะมาผลิตพลังงาน ชุมชนจะค่อยๆปรับพฤติกรรมหันสนใจมาเรียนรู้มากขึ้นเพื่อนำไปใช้ในครัวเรือน จนเกิดเป็นวิถีนำไปสู่การสร้างความร่วมมือร่วมใจในชุมชนให้ลุกขึ้นมาปฏิวัติวิถีชีวิต ผลักดันสู่นโยบายแผนพัฒนาระดับท้องถิ่น ใช้อย่างพอเพียงเพื่อให้มีใช้อย่างเพียงพอ และเน้นการพึ่งพาตนเองทำให้พวกเขาดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข[4] โดยเทคโนโลยีพลังงานยั่งยืน (Sustainable Energy Technology) มีหลักคิดดังนี้ สะอาด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่รบกวนสมดุลของระบบนิเวศ ทดแทนได้ใหม่ ใช้เชื้อเพลิงและวัตถุดิบที่สามารถจัดการหมุนเวียนผลิตและใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดไป มีความพอดี กับความต้องการใช้งาน มีศักยภาพแห่งทรัพยากรการเรียนรู้เพื่อการจัดการแบบพึ่งพาตัวเองของท้องถิ่น มีประสิทธิภาพ ประหยัดทั้งทรัพยากร แรงงานและค่าใช้จ่าย สุดท้ายต้องง่าย เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ชุมชนสามารถจัดการเองได้ [5] ชุมชนบ้านกระหมี่ ตำบลนาบัว จังหวัดสุรินทร์เป็นอีกชุมชนหนึ่งที่มีศักยภาพ ทั้งในด้านบุคลากร ทรัพยากร และงบประมาณ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงการโอกาสด้านการพัฒนาชุมชนโดยมีวัตถุประสงค์การจัดการชุมชนด้วยนวัตกรรมพลังงานและการมีส่วนร่วม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนและเป็นต้นแบบด้านการบริหารจัดการตนเองต่อไป

ทฤษฎี และแนวคิดการวิจัย

1. แนวคิดการจัดการ

การจัดการหมายถึง การกำหนดนโยบาย เป้าหมาย ผู้รับผิดชอบ ในการนำไปปฏิบัติ การวางแผนจะต้องรอบคอบ ต้องมีความรู้ความเข้าใจ และมีการติดตามประเมินผลเพื่อนำไปสู่การ ปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้การจัดการพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยต้องครอบคลุมและให้ความสำคัญในทุกมิติ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมทั้ง วัฒนธรรม โดยมีการบริหารจัดการที่ดี มีพหุภาคร่วมทุกขั้นตอนเป็นตัวขับเคลื่อน ระบบการจัดการ [6] จากรายงานติดตามประเมินผลโครงการจัดทำแผนพลังงานในระดับชุมชน สามารถสรุปแนวทางในการจัดการชุมชน ดังนี้ 1. เน้นการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วม คือเริ่มตั้งแต่ขั้น ของการคิดริเริ่มการจัดทำโครงการ การวางแผนและพัฒนาโครงการ การลงมือทำ การติดตามผล การรับผลประโยชน์ร่วมกันทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เพื่อการเป็นเจ้าของร่วมกัน 2. การบูรณาการ จัดกิจกรรม การให้ความรู้และจัดการต้องให้ สอดคล้องกับสภาพชีวิตจริง สามารถที่จะเชื่อมโยงกับกิจกรรมชุมชนและวิถีชีวิต 3. การเรียนรู้พัฒนาภูมิปัญญาจากการปฏิบัติ หลอมรวมเป็นกระบวนการเรียนรู้ก่อเกิดความคิดใหม่ทำใหม่ 4. การจัดหาเทคโนโลยี และนวัตกรรมต้องให้สอดคล้องกับศักยภาพของชุมชน เพื่อให้ชุมชนได้ประโยชน์สามารถสนองตอบความต้องการที่แท้จริงของประชาชนและต้องคำนึงถึงการดูแลรักษา 5. เสริมสร้างความตระหนักรู้ และพัฒนาศักยภาพองค์กรชุมชน ในการจัดการความรู้และ ประสานความร่วมมือกับภาคีหน่วยงานองค์กรท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาในชุมชนร่วมกันอย่างมีระบบ 6. ยกระดับความรู้ที่บูรณาการคือ ระดับวิชาการ ระดับการจัดการ ระดับวิถี

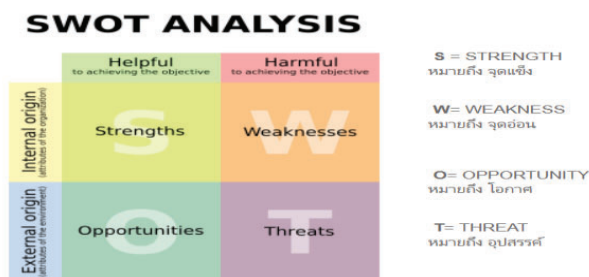
วัฒนธรรม ชุมชนในแต่ละบริบท ให้เกิดการขยายผลที่เป็นรูปธรรม 7. เสริมสร้างพลังการขับเคลื่อนทางสังคมและชุมชนสู่การผลักดันในระดับนโยบาย สาธารณะในการเสริมสร้างความตระหนักร่วมให้กับชุมชนและสังคมในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับวิถี วัฒนธรรม ภูมิปัญญาของชุมชนแต่ละบริบท หรือให้ชุมชนเป็นตัวตั้ง และ 8. เสริมสร้างความรู้ให้กับทีมงานในการจัดการความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงกับเนื้องานเดิม และใช้ทุนทางสังคมเป็นสื่อสร้างการเรียนรู้ร่วมกันในชุมชนให้เกิดการขับเคลื่อนที่ต่อเนื่องและยั่งยืน

2. แนวคิดการพัฒนาและการจัดการที่ยั่งยืน

ในปี ค.ศ.1983 องค์การสหประชาชาติ นิยาม "การพัฒนาอย่างยั่งยืน" หมายถึง การพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนในยุคปัจจุบัน โดยไม่ทำให้คนรุ่นอนาคตต้อง ประนีประนอม เพื่อลดขีดความสามารถที่จะสนองความต้องการของเขาต่อไปได้ [7] ได้สรุปการพัฒนาที่ยั่งยืน หมายถึง การพัฒนาที่มีการใช้ทรัพยากรอย่าง ระมัดระวังให้เกิดประโยชน์มากที่สุดที่อยู่ในขอบเขตการอำนวยให้ หรือศักยภาพที่ทรัพยากรนี้จะคืนสู่ สภาพปกติได้ โดยคำนึงถึงมิติทาง เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป มีกลไกการขับเคลื่อนที่สำคัญคือการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในสังคม

3. SWOT Analysis

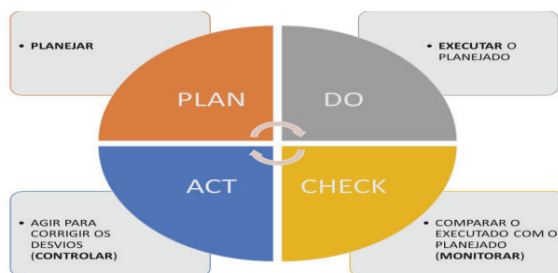
คือ การวิเคราะห์สภาพขององค์กร สังคม หรือชุมชน ณ ปัจจุบัน เพื่อค้นหา จุดแข็ง จุดด้อย โอกาส และ อุปสรรค ที่เกิดขึ้นกับทั้งภายในและภายนอกองค์กร เพื่อนำไปวิเคราะห์และหาวิธีพัฒนาหรือแก้ไขกับปัญหาที่เป็นอยู่ ณ ปัจจุบัน โดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ๆ ก็คือ ปัจจัยภายในองค์กร (Internal origin) และ ปัจจัยภายนอกองค์กร (External origin) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 SWOT Analysis

4. PCDA Cycle

คือ วงจรการบริหารงานคุณภาพ ย่อมาจาก 4 คำ ได้แก่ Plan (วางแผน) ขั้นตอนการวางแผนครอบคลุมถึงการกำหนดกรอบหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน, Do (ปฏิบัติ) ขั้นตอนการปฏิบัติ คือ การลงมือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน, Check (ตรวจสอบ) ขั้นตอนการตรวจสอบ คือ การประเมินผลที่ได้รับจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และ Act (การดำเนินการให้เหมาะสม) ขั้นตอนการดำเนินงานให้เหมาะสมจะพิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 PCDA Cycle

5. ระบบธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด

ใช้หลักการขุดบ่อเพื่อส่งน้ำไปเก็บไว้ที่ชั้นน้ำบาดาล ขนาดและความลึกของบ่อขึ้นอยู่กับสภาพ และชั้นดินของแต่ละพื้นที่ โดยมีขั้นตอนติดตั้งดังนี้

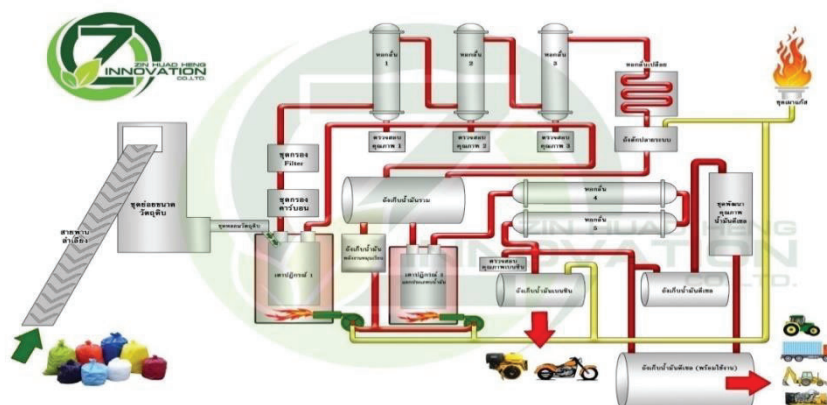
- 5.1 ขุดบ่อให้ลึกถึงชั้นหินอุ้มน้ำ ธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด ขุดดินลงไปประมาณ 1.5-3 เมตร (ไม่เกิน 3 เมตร) ลักษณะความกว้างตื้นกว่าความลึก จากนั้นใส่ยางรถยนต์ หรือเศษวัสดุก่อสร้าง หรือหินที่ไม่ย่อยสลายเพื่อป้องกันขอบบ่อพังทลาย
- 5.2 ใส่วัสดุที่หาได้ในพื้นที่ เช่น ขวดน้ำ (ใส่น้ำ 1 ใน 3 ส่วน), ท่อนไม้ หรือเศษปูนให้เต็มช่องว่างด้านนอกยาง
- 5.3 นำท่อ PVC มาวางตรงกลางบ่อเพื่อเป็นช่องระบายอากาศ นำวัสดุชนิดเดียวกับที่ใส่ช่องว่างด้านนอกมาเติมใส่ช่องว่างด้านในให้เต็ม
- 5.4 คลุมด้วยผ้าใบลอน แล้วทับด้วยก้อนหิน และตามด้วยหินละเอียดอีกที เพื่อเป็นตัวกรองให้เศษดิน หรือขยะไม่ให้เข้าไปอุดตันในบ่อ เมื่อฝนตกลงมาน้ำจะไหลสู่ชั้นใต้ดินโดยตรง ผ่านธนาคารน้ำใต้ดิน ระบบปิดที่ทำขึ้นมา

6. ระบบการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิส

เทคโนโลยีไพโรไลซิส (Pyrolysis Technology) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของพลาสติกจากสภาพของแข็งให้มีขนาดเล็กลงด้วยอุณหภูมิความร้อน 300-500 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษออกมาภายนอก ซึ่งผลผลิตที่ได้รับคือน้ำมันไพโรไลซิส (Pyrolysis Oil) หรือ น้ำมันเตา (Fuel Oil) และก๊าซ ก่อนจะนำไปผ่านกระบวนการแยกประเภทน้ำมันมาเป็น น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลที่พร้อมใช้งาน และในระบบยังสามารถนำน้ำมันและก๊าซบางส่วนกลับเข้าไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนภายในระบบแบบพลังงานหมุนเวียนภายในแสดงดังภาพที่ 3

ผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับจากกระบวนการไพโรไลซิส

1. น้ำมันไพโรไลซิส (Pyrolysis Oil)
 - เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
 - เป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนภายในระบบ
 - ขายกลับคืนโรงกลั่นน้ำมัน
2. น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล (Gasoline Oil & Diesel Oil)
 - เป็นเชื้อเพลิงทดแทน เครื่องยนต์ทางการเกษตร , เครื่องกำเนิดไฟฟ้า , เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น



ภาพที่ 3 กระบวนการไพโรไลซิส

ขั้นตอน และผลการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนแบ่งออกเป็นลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือขั้นตอนการประชุมคณะทำงานระดับการวางยุทธศาสตร์ และการกำหนดเป้าหมายโดยการขับเคลื่อนในทุกภาคส่วนโดยอาศัยกลุ่มไดนามิคสุรินทร์ฟอรัมป์ เป็นเจ้าภาพ โดยใช้หลักของ SWOT มาทำการวิเคราะห์ชุมชนและวางแผนในการดำเนินงานโดยใช้หลักการ PCDA ร่วมบริการจัดการ โดยเน้นการมีส่วนร่วมเป็นสำคัญแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การประชุมคณะทำงานและวางแผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 2 คือขั้นตอนการเลือกเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยหลักการเลือกเทคโนโลยีและนวัตกรรมขึ้นอยู่กับความต้องการและปัญหาของชุมชน ซึ่งต้องสอดคล้องกับแผนพัฒนาที่เกิดจากขั้นตอนแรก โดยอาศัยนักวิชาการสำหรับการเลือกสนับสนุนเทคโนโลยีและนวัตกรรม แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เทคโนโลยีและนวัตกรรม การผลิตขยะเป็นน้ำมัน และ ธนาคารน้ำใต้ดิน

ขั้นตอนที่ 3 คือขั้นตอนการจัดประชุม อบรม ให้ความรู้ และปฏิบัติการ ในขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากเพราะต้องอาศัยความร่วมมือหลายส่วนคือ ภาคประชาชนคือชุมชน ชาวบ้านในท้องถิ่น ภาควิชาการ บรรยายและปฏิบัติคือผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีและนวัตกรรมทำหน้าที่ในการบรรยาย ให้ความรู้ ความเข้าใจ และเข้าถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรม รวมไปถึงการพาทำปฏิบัติการจริง และพิสูจน์ทฤษฎีว่าสามารถทำได้จริงเชิงประจักษ์ ให้เกิดความน่าเชื่อถือและการยอมรับ



ภาพที่ 6 การประชุมอบรมให้ความรู้ก่อนการดำเนินกิจกรรม

ภาพที่ 6 เป็นขั้นตอนการจัดประชุมชี้แจงโครงการ อบรมให้ความรู้ ความเข้าใจของชุมชน สร้างการเข้าทุกขบวนการของโครงการ เพื่อให้เกิดการเป็นเจ้าของร่วมกัน และมีส่วนร่วมในการจัดการชุมชนของตนเอง โดยหัวข้ออบรมเทคโนโลยีนวัตกรรมธนาคารน้ำใต้ดิน และการจัดการขยะเป็นน้ำมัน รวมถึงการแสดงผลการทดสอบคุณภาพน้ำมันเพื่อให้ทราบถึงมาตรฐานน้ำมันแต่ละประเภท



ภาพที่ 7 การฝึกปฏิบัติการการทำธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด

ภาพที่ 7 เป็นขั้นตอนการฝึกปฏิบัติการทำธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดโดยการให้ประชาชนทุกคนได้ลงมือทำจริงหาวัสดุที่มีในพื้นที่มาเอง และการกำหนดจุดที่มีปัญหาในการจัดการน้ำเพื่อลดสถานะน้ำขัง เน่าเสีย และเป็นพาหะนำโรคในชุมชน รวมไปถึงการสาธิตการทำงานการรับน้ำของเทคโนโลยีและนวัตกรรมว่าทำงานได้จริง



ภาพที่ 8 กิจกรรมโครงการขยะพลาสติกแลกน้ำมันเชื้อเพลิง

ภาพที่ 8 เป็นขั้นตอนการทำโครงการขยะพลาสติกแลกน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการจัดตั้งจุดรับซังน้ำหนัและคัดกรองขยะรวมถึงการแลกน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งชนิดดีเซลและเบนซินตามเรทที่ได้กำหนดเป็นกติการ่วมกันไว้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านเทคโนโลยีนวัตกรรมธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด

ผลการดำเนินการการสาธิตและการปฏิบัติการจริงในการทำธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด จำนวน 1 จุด พบว่า ในระยะแรกชุมชนและชาวบ้านแควมาดู ศึกษา ณ จุดสาธิต แต่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ เนื่องจาก ขาดแคลนทุนทรัพย์ และ ยังขาดความเชื่อมั่นว่าเทคโนโลยีทำงานได้จริง ต่อมาเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน พบว่า ปัญหาที่ที่เคยสะสมบริเวณที่จัดทำจุดสาธิตนั้น ระบบธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดสามารถแก้ไขปัญหาได้ ชาวบ้านในส่วนของที่มีทุนทรัพย์ก็ได้เริ่มดำเนินการจัดทำระบบธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดในพื้นที่บ้านของตนเองจำนวนหนึ่ง ต่อมาทางคณะทำงานได้ลงพื้นที่ตรวจสอบติดตามและแก้ไขปัญหาโดยการขอรับงบประมาณสนับสนุนจากเอกชนผู้ประกอบการโรงโม่หิน ซึ่งได้รับการตอบสนองเป็นอย่างดี คณะทำงานจึงแบ่งงบประมาณเพื่อสนับสนุนการทำระบบธนาคารน้ำใต้ดินบางส่วนแก่ผู้สนใจ ซึ่งก็ได้รับการตอบสนองทำให้ปัจจุบันมีชาวบ้านทำระบบธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดจำนวน 170 หลังคาเรือน คิดเป็นจำนวนหลังคาเรือนที่ให้ความร่วมมือ 62.5 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการสอบถามความพึงพอใจพบว่าชาวบ้านมีความพึงพอใจ 100 เปอร์เซ็นต์และต้องการที่จะให้เกิดการขยายผลกับชุมชนข้างเคียง ด้านข้อจำกัดของการดำเนินการติดอยู่ที่ปัญหาด้านงบประมาณ

2. ด้านเทคโนโลยีนวัตกรรมการผลิตขยะเป็นน้ำมัน

ผลการดำเนินการการจัดการขยะโดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิส เมื่อมีการอบรมพบว่าชาวบ้านและชุมชนเริ่มมีการตื่นตัวขึ้นในด้านการบริหารจัดการขยะ จากเดิมชาวบ้านจะเน้นไปที่การทิ้ง การเผา ซึ่งสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนอย่างมาก คณะผู้วิจัยพบว่า ชาวบ้านมีการรวมกลุ่มกันเก็บขยะ มีการจัดจุดรับขยะพลาสติก มีการคัดแยกขยะที่สามารถนำมาแลกน้ำมันได้มากขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมในชุมชนดีขึ้น สะอาดมากขึ้น และผลจากการสอบถามความพึงพอใจพบว่า ชาวบ้านมีความพึงพอใจ 80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการบริหารจัดการจะให้น้ำมันได้เดือนละครั้ง แต่ความต้องการของชาวบ้านและชุมชนต้องการให้มีทุกวันตามที่แต่ละคนจะสะสมได้ ด้านข้อจำกัดของการดำเนินการติดอยู่ที่ปัญหาลิ้นของน้ำมันจะค่อนข้างเหม็น มีกลิ่นพลาสติกติดมาด้วย สุดท้ายมากๆจะเวียนศรีษะ อยากให้คณะทำงานเร่งแก้ไข

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยสรุปได้ว่า การจัดการชุมชนที่เน้นการมีส่วนร่วมเป็นสำคัญนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง และถือเป็นกุญแจสำคัญ (Key success) สำเร็จ โดยจากการถอดบทเรียนสามารถแบ่งออกเป็น 3 ภาคส่วนด้วยกันคือ ภาคประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ สองภาครัฐ สามภาคเอกชน และสี่คือภาควิชาการ ซึ่งการดำเนินการจะต้องลดบทบาททางสังคมออก เพิ่มการมีส่วนร่วมตามหน้าที่และบทบาทที่ตัวเองมีศักยภาพ การรับฟังความคิดเห็นที่เห็นต่างเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนามาก และสุดท้ายการยอมรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการจัดการต้องไปด้วยกันเพื่อสร้างความยั่งยืนในการจัดการตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณชาวบ้านและชุมชนบ้านกระหมี่ที่ให้ความร่วมมือและร่วมดำเนินการกิจกรรมด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณร้านเรือนใหม่-ใบหม่อน ที่ให้สถานที่และสาธารณูปโภคในการจัดการประชุมและดำเนินกิจกรรมทุกครั้ง ขอขอบคุณสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA) ที่ให้ข้อมูลเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ขึ้นบัญชีไว้, ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงโม่หินในพื้นที่ที่ร่วมสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการจัดทำธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้าย ขอขอบคุณ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ,มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่สนับสนุนบุคลากรร่วมกิจกรรมทุกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปัทมา ศิริธัญญา. 2549. โครงการงานรวบรวมองค์ความรู้และสร้างต้นแบบ. แบบเสนอโครงการวิจัยสถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- [2] ที่มา www.eppo.go.th/images/Energy-Statistics/energyinformation/Energy_Statistics/00All.pdf
- [3] กระทรวงพลังงาน. เอกสารการสัมมนา : การบริหารจัดการพลังงานชุมชนครบวงจร สู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2562, จาก <http://www.energy.go.th>.
- [4] นาฎฤทัย นิยมไทย. 2547. การจัดทำแผนสิ่งแวดล้อมชุมชนแบบประชาชนมีส่วนร่วมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของชุมชนบ้านออน หมู่ที่14 อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] วรีชน ขาวผ่อง. 2551. ความรู้การมีส่วนร่วม และความตระหนักต่อระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ของพนักงานในองค์กรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001). ภาคนิพนธ์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [6] รัฐฐาน ฤทธิเกริกไกร. 2546. การจัดระบบการจัดการพลังงาน. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 กันยายน 2562 จาก <http://www.teenet.chiangmai.ac.th>
- [7] อำไพ หรรณารักษ์. 2550. การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในบริบทไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

ผลกระทบจากการให้บริการวิชาการการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ

ด้วยธนาคารน้ำใต้ดิน ณ ตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย

Impact of academic services on knowledge transfer Water Management with Ground Water Bank
in WangNamKhao subdistrict, BanDanLanHoi District, Phitsanulok.

อนุพล อัครพน¹ วีระบุลย์กิตติ ชุมพรผ่อง¹ ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด^{1,2*} อธิภัทร์ พุ่มพลอย^{1,3} ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ^{1,2}
มลวิภา เมืองพระฝาง^{1,2} เฉลิมชัย สังโยคะ²

¹ โครงการจัดตั้งสถาบันเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

³ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งเน้นนำเสนอผลกระทบจากการให้บริการวิชาการการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดิน ณ ชุมชนตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย โดยในการให้บริการวิชาการในครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 100 คน ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน ครู นักเรียน และประชาชนทั่วไป ซึ่งในการให้บริการวิชาการในแต่ละครั้งต้องมีการติดตามและประเมินผลของการให้บริการวิชาการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบถึงผลที่เกิดขึ้นจากการให้บริการวิชาการครั้งนั้นๆ และให้ทราบถึงการนำไปใช้ประโยชน์ของผู้รับบริการวิชาการ โดยในการติดตามและประเมินผลในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และมุ่งเน้นสัมภาษณ์เฉพาะผู้ที่เข้ารับบริการวิชาการในครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า ด้านมิติทางสังคม ผู้นำชุมชน ครู นักเรียนและประชาชนทั่วไป สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินในพื้นที่ชุมชนให้สามารถมีน้ำไว้ใช้ในในฤดูแล้งและลดการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน และเป็นแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนให้กับนักเรียน และประชาชนทั่วไป โดยเรียนรู้จากแหล่งประสบการณ์จริงและได้ลงมือปฏิบัติจริง ด้านมิติทางเศรษฐกิจ ผู้นำชุมชน และประชาชนทั่วไป สามารถเป็นต้นแบบแหล่งเรียนรู้ให้ประชาชนพื้นที่อื่นที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินได้เข้ามาศึกษาแหล่งเรียนรู้ มีการสร้างอาชีพและรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวัน ด้านมิติทางวัฒนธรรม ผู้นำชุมชน ครู นักเรียน และประชาชนทั่วไป ยังคงวัฒนธรรมการใช้ชีวิตเช่นเดิม และสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากดำเนินการบริการวิชาการไปใช้ให้เข้ากับวัฒนธรรมของชุมชน ด้านมิติทางสิ่งแวดล้อม มีการปลูกจิตสำนึกของคนในชุมชนในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผู้นำชุมชน ครู นักเรียนและประชาชนทั่วไป มีการร่วมกันฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ ป่า และสิ่งแวดล้อมให้อุดมสมบูรณ์ และด้านมิติทางสุขภาพ ผู้นำชุมชน ครู นักเรียนและประชาชนทั่วไป มีการเสริมสร้างพัฒนาการทางความคิด ทำให้สุขภาพจิตใจ และสุขภาพร่างกายแข็งแรง

คำสำคัญ: ผลกระทบ / การบริหารจัดการน้ำ / ธนาคารน้ำใต้ดิน

*Corresponding author: Tel.: 081-717-8093. E-mail address: nattawutkhao@gmail.com

บทนำ

ทรัพยากรมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศ การส่งเสริม สนับสนุนให้ประชาชน มีชีวิตที่ดีขึ้น ไม่ว่าจะทางด้านวัตถุ ทางด้านสังคม ทางด้านเศรษฐกิจ ทางด้านความก้าวหน้าของเทคโนโลยี เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในชีวิตแก่พลเมือง รวมถึงการส่งเสริมทางด้านร่างกาย และสภาพจิตใจ ต่างก็เป็นประเด็นที่มุ่งส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชนทั้งสิ้น สำหรับกำลังพัฒนาอย่างประเทศไทยเล็งเห็นความสำคัญ “มนุษย์หรือคนในสังคมเป็นหลัก” ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ.2560-2564 มีแนวทางการพัฒนาบนพื้นฐานของการให้ “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” และได้กำหนดวิสัยทัศน์ว่า “มุ่งพัฒนาสู่สังคมที่เข้มแข็ง และมีศักยภาพเพื่อความอยู่ดีมีสุขของคนไทยที่ยั่งยืน” และได้กำหนดประเด็นยุทธศาสตร์การวิจัยเพื่อพัฒนามนุษย์ที่มีคุณภาพคนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา [1] การบริการวิชาการสู่สังคมถือเป็นพันธกิจสถาบันอุดมศึกษาเพื่อพัฒนาประเทศซึ่งมุ่งเน้นความเข้มแข็งของรากฐาน นั่นคือ ความเข้มแข็งของชุมชน ซึ่งนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในด้านการเป็นกลไกขับเคลื่อน เพื่อการแก้ไขปัญหาความยากจน การพัฒนาคุณภาพชีวิต การลดผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมในชุมชนอันเนื่องมาจากการเกิดวิกฤติทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตลอดจนการเป็นรากฐานที่สำคัญของการพัฒนาในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมการเมือง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ [2]

พื้นที่จังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดสุโขทัยเป็นพื้นที่บริการวิชาการที่รับผิดชอบโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจากยุทธศาสตร์ใหม่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ในยุทธศาสตร์ที่ 1 คือ การพัฒนาท้องถิ่น โดยมีเป้าประสงค์ในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคมและด้านสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น เพื่อให้มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามได้ดำเนินการตามยุทธศาสตร์ดังกล่าว มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องลงพื้นที่เพื่อสำรวจความต้องการที่แท้จริงของชุมชน โดยอาศัยองค์ความรู้ที่หลากหลายจากสาขาวิชาต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยร่วมดำเนินการ เพื่อให้มหาวิทยาลัยได้ทำหน้าที่ส่งเสริมองค์ความรู้ให้กับท้องถิ่นและเป็นพี่เลี้ยงท้องถิ่นในการพัฒนาศักยภาพของพื้นที่ [3] โดยพื้นที่ตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ส่วนใหญ่ต้องประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำ ขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้ง เกิดภัยแล้ง ภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ฤดูแล้งมีน้ำหลาก เกิดอุทกภัยในหลายพื้นที่ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพของประชาชน จึงต้องพัฒนาแหล่งน้ำเนื่องจากเป็นงานที่มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศไทยที่จะมีน้ำไว้ใช้ตลอดทั้งปี

การแก้ปัญหาโดยหนึ่งในวิธีที่สำคัญคือการปรับทัศนคติ โดยใช้แนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการแก้ไขปัญหา โดยมีวิธีการดำเนินงาน คือ 1) พอประมาณ การใช้ทรัพยากรอย่างพอประมาณ 2) มีเหตุผล รู้ว่าสิ่งใดมีความจำเป็นหรือไม่จำเป็น และ 3) การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี คือการเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต และสิ่งสำคัญก็คือ ความพอเพียงในการดำรงชีวิต ซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานที่ทำให้คนไทยสามารถพึ่งตนเอง และดำเนินชีวิตไปได้อย่างมีศักดิ์ศรีภายใต้อำนาจและความมีอิสระในการกำหนดชะตาชีวิตของตนเอง ความสามารถในการควบคุมและจัดการเพื่อให้ตนเองได้รับการสนองตอบต่อความต้องการต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการจัดการปัญหาต่างๆ ได้ด้วยตนเอง ซึ่งทั้งหมดนี้ถือว่าข้อพิสูจน์และยืนยันปรากฏการณ์นี้ได้เป็นอย่างดี [4] ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามได้เล็งเห็นปัญหา จึงนำความรู้เรื่อง การจัดทำธนาคารน้ำใต้ดิน มาส่งเสริมให้กับชุมชนตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ให้มีความรู้ความเข้าใจแนวทางการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดิน เพื่อให้ชุมชนในพื้นที่สามารถกักเก็บน้ำและมีน้ำใช้ในการทำเกษตร ทั้งยังพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

การติดตามและประเมินผลกระทบในการบริการวิชาการสู่สังคมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของประโยชน์ จึงเป็นเรื่องสำคัญที่สะท้อนผลที่เกิดต่อเนื่องจากผลผลิต และยังตอบสนองต่อตัวบ่งชี้การประกันคุณภาพการศึกษา ในองค์ประกอบที่ 5 การบริการทางวิชาการสู่สังคม ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ การบริการทางวิชาการแก่สังคมเป็น

หนึ่งในการกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษา สถาบันพึงให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชน สังคม และประเทศชาติ ในรูปแบบต่างๆ ตามความถนัดและในด้านที่สถาบันมีความเชี่ยวชาญ การให้บริการทางวิชาการอาจให้เปล่าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายหรืออาจคิดค่าใช้จ่ายตามความเหมาะสม โดยให้บริการทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน หน่วยงานอิสระ หน่วยงานสาธารณะ ชุมชนและสังคมโดยกว้าง รูปแบบการให้บริการทางวิชาการมีความหลากหลาย เช่น การอนุญาตให้ใช้ประโยชน์ทรัพยากรของสถาบัน เป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ ให้คำปรึกษา ให้การอบรม จัดประชุมหรือสัมมนาวิชาการ ทำงานวิจัยเพื่อตอบคำถามต่างๆ หรือเพื่อชี้แนะสังคม โดยสถาบันยังได้รับประโยชน์ในด้านต่าง ๆ คือ เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ของอาจารย์อันจะนำมาสู่การพัฒนาหลักสูตร มีการบูรณาการเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดการเรียนการสอนและการวิจัย พัฒนาตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์ สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งงานของนักศึกษาและเป็นการสร้างรายได้ของสถาบันจากการให้บริการทางวิชาการด้วย [5] เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์และผลกระทบจากการให้บริการวิชาการการถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ของชุมชนตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย จึงจำเป็นในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อเสริมสร้างชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น มีความสุข และมั่นคง รวมทั้งการเสริมสร้างฐานรากของสังคมให้โครงสร้างสังคมโดยรวมแข็งแรง มั่นคง และรองรับการพัฒนาประเทศให้มีความมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

วิธีการวิจัย

ผลกระทบจากการให้บริการวิชาการการถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การสัมภาษณ์ผลกระทบในครั้งนี้ถือว่าผู้เข้ารับบริการวิชาการทั้งหมดมีผลต่อผลลัพธ์และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการให้บริการวิชาการ ในการสัมภาษณ์ผลกระทบในครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คณะวิจัยได้ดำเนินการให้บริการวิชาการ โดยมีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้นำชุมชนจำนวน 10 คน

กลุ่มที่ 2 ครู จำนวน 5 คน

กลุ่มที่ 3 นักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 20 คน

กลุ่มที่ 4 ประชาชนทั่วไป จำนวน 60 คน

กลุ่มที่ 5 ผู้ให้บริการวิชาการ จำนวน 5 คน

รวมจำนวนผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 100 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงโดยพิจารณาจากการเข้าร่วมรับบริการวิชาการ ความตั้งใจในการทำกิจกรรมที่เห็นถึงผลลัพธ์และผลกระทบได้อย่างชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสัมภาษณ์ผลกระทบจากการให้บริการวิชาการการถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบสัมภาษณ์ผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคมของนิคม นาคล้าย [6] ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สัมภาษณ์ผู้เข้ารับการอบรม ประกอบด้วย 5 มิติ ได้แก่ มิติผลกระทบทางสังคม มี 3 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา 2) เครือข่ายความร่วมมือ/เครือข่ายขยายผล 3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์ มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ มี 2 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ และ 2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับบุคคล กลุ่มคน และชุมชน มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ การพัฒนาบนพื้นฐานอัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน/หน่วยงาน/พื้นที่ที่ได้รับการให้บริการวิชาการ และมิติผลกระทบทางสุขภาพ มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สุขภาพของผู้รับบริการวิชาการ

ส่วนที่ 2 สัมภาษณ์ผู้ให้บริการวิชาการ มี 1 มิติ คือ มิติผลกระทบทางสังคม มี 3 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 4) ประโยชน์และคุณค่าต่อคนในสถาบัน หรือต่อผู้ให้บริการวิชาการ 5) การนำผลการบริการวิชาการมาปรับปรุงกระบวนการบริการวิชาการ และ 6) การได้รับรางวัล / ได้รับการยกย่องของผู้ให้บริการวิชาการ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ที่ผ่านการฝึกอบรม ซึ่งในการสำรวจและสัมภาษณ์ ได้กำหนดห่วงโซ่ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ในส่วนของ ปัจจัยนำเข้า (Input) กิจกรรม (Activities) ผลผลิต (Output) ผลลัพธ์ (Outcome หรือ Impact) เพื่อประเมินผลตอบแทนทางสังคม (Social Return on Investment: SROI) โดยวิเคราะห์รายรับและรายจ่ายที่สัมพันธ์กับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเฉพาะมิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ และใช้ค่าแทนทางการเงินของผลลัพธ์ทางสังคมที่ไม่มีราคาตลาดด้วยการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis)

ขั้นตอนที่ 4 นำแบบประเมินการประเมินผลกระทบวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อสรุปผลการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์
มิติผลกระทบทางสังคม ตัวบ่งชี้ที่ 1	- สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินทั้งในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่ส่วนตัว - ให้น้ำไว้ใช้ในในฤดูแล้งและลดการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน - มีการพัฒนาองค์ความรู้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินที่มากขึ้น เพื่อช่วยในการให้ความรู้และการแก้ไขปัญหาให้กับชุมชน
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- การทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานของรัฐและชุมชน - เกิดการถ่ายทอดความรู้ระหว่างคนในชุมชนกับผู้นำชุมชน

ตารางที่ 1 ผลการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน (ต่อ)

ตัวบ่งชี้ที่ 3	- เป็นต้นแบบให้กับคนในชุมชนได้ปฏิบัติและสร้างแหล่งเรียนรู้ตามรูปแบบอย่างถูกต้อง
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ ตัวบ่งชี้ที่ 1	- เป็นต้นแบบแหล่งเรียนรู้ให้ประชาชนพื้นที่อื่นที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินได้เข้ามาเรียนรู้
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- สร้างอาชีพและสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน - ลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวัน
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม	- สามารถนำไปใช้เข้ากับวัฒนธรรมของตนเอง โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงการใช้ชีวิตเช่นเดิม
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	- การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า - มีการเพิ่มของทรัพยากรน้ำและป่าไม้ที่มากขึ้นจากเดิม
มิติผลกระทบทางสุขภาพ	- สุขภาพร่างกายดีขึ้น ไม่มีโรคภัย

ตารางที่ 2 ผลการสัมภาษณ์ครู

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์
มิติผลกระทบทางสังคม ตัวบ่งชี้ที่ 1	- นำไปใช้เป็นแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนให้กับนักเรียน - ปรับปรุงแหล่งเรียนรู้ให้มีคุณภาพดีขึ้น - บุคลากรในโรงเรียนช่วยกันดูแลรักษาแหล่งเรียนรู้
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- หน่วยงานรัฐและชาวบ้านในชุมชน
ตัวบ่งชี้ที่ 3	- เป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีประโยชน์ต่อนักเรียนอย่างมาก
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ ตัวบ่งชี้ที่ 1	- เป็นต้นแบบแหล่งเรียนรู้ให้โรงเรียนพื้นที่อื่นที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินได้เข้ามาเรียนรู้
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ - ลดงบประมาณในการสร้างแหล่งเรียนรู้
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม	- สามารถนำไปปรับใช้ให้เข้ากับวัฒนธรรมการของตนเอง โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงการใช้ชีวิตเช่นเดิม
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	- นักเรียนช่วยกันดูแลรักษาแหล่งเรียนรู้ - นักเรียนสามารถต่อยอดจากแหล่งเรียนรู้ที่โรงเรียนไปยังที่อยู่อาศัยของตนเองได้
มิติผลกระทบทางสุขภาพ	- สุขภาพร่างกายและสุขภาพจิตของบุคลากรในโรงเรียนดีขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการสัมภาษณ์นักเรียน

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์
มิติผลกระทบทางสังคม ตัวบ่งชี้ที่ 1	- สร้างความน่าสนใจให้กับการเรียนการสอน - เกิดการเรียนรู้จากแหล่งประสบการณ์จริง
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- หน่วยงานรัฐ และชาวบ้านในชุมชนเข้ามาช่วยกัน
ตัวบ่งชี้ที่ 3	- แหล่งเรียนรู้ที่ได้สังเกตและศึกษาปัญหาในชุมชนโดยลงมือปฏิบัติจริง
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ ตัวบ่งชี้ที่ 1	- สร้างสรรค์งานจากการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีให้เกิดประโยชน์ทั้งในที่อยู่อาศัยและในชุมชน
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินชีวิตประจำวัน
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม	- สามารถนำไปปรับใช้ให้เข้ากับวัฒนธรรมการของตนเอง โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงการใช้ชีวิตเช่นเดิม
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	- การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า - ปลูกจิตสำนึกในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
มิติผลกระทบทางสุขภาพ	- มีสุขภาพจิตที่ดี เสริมสร้างพัฒนาการทางความคิด

ตารางที่ 4 ผลการสัมภาษณ์ประชาชนทั่วไป

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์
มิติผลกระทบทางสังคม ตัวบ่งชี้ที่ 1	- สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินทั้งในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่ส่วนตัวให้มีน้ำไว้ในฤดูแล้งและลดการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน - มีการพัฒนาองค์ความรู้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดินที่มากขึ้น เพื่อช่วยในการให้ความรู้และการแก้ไขปัญหาให้กับชุมชนอื่นๆ
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- หน่วยงานรัฐ และคนในชุมชนร่วมกัน
ตัวบ่งชี้ที่ 3	- มีการดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี และมีการเพิ่มจำนวนของแหล่งเรียนรู้ในชุมชน รวมถึงมีการต่อยอดไปยังชุมชนอื่นๆ
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ ตัวบ่งชี้ที่ 1	- เป็นต้นแบบแหล่งเรียนรู้ให้ชุมชนพื้นที่อื่นๆที่ประสบภัยหรือมีปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำได้เข้ามาเรียนรู้
ตัวบ่งชี้ที่ 2	- สร้างอาชีพและสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน - ลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวัน
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม	- สามารถนำไปใช้เข้ากับวัฒนธรรมของตนเอง โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงการใช้ชีวิตเช่นเดิม
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	- การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า - มีการเพิ่มของทรัพยากรน้ำและป่าไม้ที่มากขึ้นจากเดิม
มิติผลกระทบทางสุขภาพ	- สุขภาพร่างกายดีขึ้น ไม่มีโรคภัย

ตารางที่ 5 ผลการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการวิชาการ

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์
มิติผลกระทบทางสังคม ตัวบ่งชี้ที่ 4	- การพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคารน้ำใต้ดิน - พัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนให้ดียิ่งขึ้น
ตัวบ่งชี้ที่ 5	- พัฒนาเอกสารและคู่มือที่ใช้ในการให้บริการวิชาการให้มีความทันสมัยมากขึ้น
ตัวบ่งชี้ที่ 6	- ได้รับการยอมรับจากผู้รับบริการวิชาการ และภาคีเครือข่ายทั้งภาครัฐและเอกชนที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนปัจจัยนำเข้าเป็นเงินลงทุนธนาคารน้ำใต้ดิน จำนวนเงินทั้งสิ้น 100 บาท ทำให้ผลการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการบรรเทาปัญหาเกี่ยวกับน้ำท่วมและน้ำแล้ง ในมิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ พบว่า มีอัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน เท่ากับ 5.88 ซึ่งเกิดจากการคำนวณพื้นที่ความเสียหายในกรณีน้ำท่วมครัวเรือน กว้าง 4 เมตร ยาว 10 เมตร น้ำท่วมสูง 2 เมตร เกิดความเสียหายประมาณ 30,000 บาท (ราคาเครื่องซักผ้า ทีวี ตู้เย็น เป็นต้น)

สรุปผลการวิจัย

การประเมินผลกระทบจากการให้บริการวิชาการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต สอดคล้องกับ A.K. Akella และคณะ [7] ที่ได้ทำการศึกษาในผลกระทบ 5 มิติ ดังนี้

1. ผลกระทบทางสังคม ชุมชนตำบลวังน้ำขาว สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำด้วย ธนาคาร์บอนได้น้ำในพื้นที่ชุมชน ให้สามารถมีน้ำไว้ใช้ในในฤดูแล้งและลดการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน และเป็นแหล่งเรียนรู้นอก ห้องเรียนให้กับนักเรียน และประชาชนทั่วไป โดยเรียนรู้จากแหล่งประสบการณ์จริงและได้ลงมือปฏิบัติจริง
2. ผลกระทบทางเศรษฐกิจ ชุมชนตำบลวังน้ำขาว สามารถเป็นต้นแบบแหล่งเรียนรู้ให้ประชาชนพื้นที่อื่นที่ ประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำด้วยธนาคาร์บอนได้น้ำได้เข้ามาศึกษาแหล่งเรียนรู้ มีการสร้างอาชีพและรายได้ เสริมให้กับคนในชุมชน อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับ วีระบุลลิตติ ชุมพรพอง และ คณะ [8]
3. ผลกระทบทางวัฒนธรรม สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากดำเนินการบริการวิชาการไปใช้ให้เข้ากับวัฒนธรรม ของชุมชน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในชุมชน สอดคล้องกับ วีระบุลลิตติ ชุมพรพอง และคณะ [8]
4. ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม มีการปลูกจิตสำนึกของคนในชุมชนในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ร่วมกันฟื้นฟู ทรัพยากรน้ำ ป่า และสิ่งแวดล้อมให้อุดมสมบูรณ์ สอดคล้องกับ ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด และคณะ [9]
5. ผลกระทบทางสุขภาพ มีการเสริมสร้างพัฒนาการทางความคิด ทำให้สุขภาพจิตใจ และสุขภาพร่างกาย แข็งแรง ไม่มีโรคภัย สอดคล้องกับ ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด และคณะ [9]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาโครงการ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่วิจัยจากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 4 คณะครุศาสตร์ โครงการจัดตั้งสถาบันเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม องค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำขาว หน่วยงานราชการต่าง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือใน เรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนเพื่อจัดทำคู่มือฝึกอบรมสำหรับการดำเนินโครงการในครั้งนี้ ทำให้การดำเนินโครงการ ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2549). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554). กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- [2] วรวิทย์ อวิรุทธ์วรกุล และ ชีระพงษ์ มาลัยทอง. การพัฒนาดัชนีชี้วัดความเข้มแข็งของชุมชน.กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ; 2551.
- [3] ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579). มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม : สถาบันวิจัยและพัฒนา ; 2557.
- [4] สำนักงานมูลนิธิชัยพัฒนา. แนวคิดทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง. กรุงเทพฯ: มูลนิธิชัยพัฒนา ; 2560.
- [5] สำนักมาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา.คู่มือการประกันคุณภาพระดับคณะ ปีการศึกษา 2555. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม : สำนักมาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา ; 2555.
- [6] นิคม นาคอ้าย. การประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคมประจำปีงบประมาณ 2555-2556. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม : สถาบันวิจัยและพัฒนา ; 2557.
- [7] A.K. Akella, R.P. Saini และ M.P. Sharma. Social, economical and environmental impacts of renewable

energy system. Renewable Energy. 34, 390–396.; 2009.

- [8] วีระบุลย์กิตติ ชุมพรผ่อง ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ มลวิภา เมืองพระฝาง อรพรรณ ธนะขว้าง1 และเฉลิมชัย สังโยคะ. (2560). ผลกระทบจากการจัดการเรียนการสอนโดยการใช้สื่อการเรียนการสอนด้านพลังงานทดแทน.งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 29-30 พฤศจิกายน 2560 และวันที่1 ธันวาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยทักษิณ
- [9] ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ เฉลิมชัย สังโยคะ อรพรรณ ธนะขว้าง ประพิธาร์ ธนารักษ์ พิสิษฐ์ มณีโชติ และวีระบุลย์กิตติ ชุมพรผ่อง. (2559). การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ eDLTV ร่วมกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9ระหว่างวันที่ 29-30 พฤศจิกายน 2559 ณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (ดอยสะเก็ด)

วารสารวิชาการ
**พลังงานทดแทน
สู่ชุมชน**



J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 อีเมล : treca.2012@gmail.com โทร : 02 549 3497