วารสารวิชาการ
พลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-เมษายน 2564

J-REC

JOURNAL
OF RENEWABLE
ENERGY FOR
COMMUNITY

ISSN 2773-8639 (Online)

J-REC BY TRECA

วารสารวิชาการ

พลังงานทดแทนสู่ชุมชน

J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่งานผลงานวิชาการและงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทน ในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และงานวิชาการใหม่ๆ ด้านพลังงานทดแทนระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในทั้งภาครัฐและเอกชน
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทำผลงานทางด้านพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ
4. เพื่อเป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางด้านพลังงานทดแทนสู่การใช้งานจริงเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของประเทศ

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

วัตถุประสงค์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

1. ส่งเสริมความร่วมมือ ทางด้านวิชาการระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน ในด้านพลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและ สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนต่างๆในประเทศไทย
2. จัดหาทุน เพื่อสนับสนุนการศึกษา วิจัย ฝึกอบรม การดำเนินโครงการด้านพลังงานทดแทน ให้กับภาครัฐและภาคประชาชน
3. ไม่ดำเนินการ ส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมใดๆ ที่มุ่งไปสู่การดำเนินงานทางการเมือง
4. ไม่ดำเนินการ ให้มีการกระทำการอันผิดต่อขนบธรรมเนียมและจารีตประเพณีที่ดีของสังคมไทย

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมากอันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคง ทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (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

กองบรรณาธิการ

หัวหน้ากองบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองบรรณาธิการ	นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (ดร.อำพล อาภาธนากร)
ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร)
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร

เลขานุการ

นางสาววรรณิตา ทองพัด

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาววรรนิภา พงษ์ไทยสงค์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษชนม์ ภูมิกิติพิชญ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราชญ์ อัศวนรากุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ประทุมนพรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วิเชียร อูปแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วินัย จันทร์เพ็ง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สถาพร ทองวิก	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.อำพล อาภาธนากร	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
ดร.ธนวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมาส แก้วล้วน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.นเรศ ฉิมเรศ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.บงกช ประสิทธิ์	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ยอดธง เม่นสิน	วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยภัทร บุษบาบดินทร์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สักรินทร์ แซ่ภู่	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล	คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีรัตน์ วงษ์ชิม	คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.อมฤต สมพงษ์	คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวง	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.วรนุช แจ้งสว่าง	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.นุวงศ์ ชลคุป	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
ดร.กัมปนาท ชิลวา	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนโดยความร่วมมือของเครือข่ายสมาชิกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA) ซึ่งเป็นฉบับที่ 1 ของปีที่ 4 และนับเป็นปีแรกที่วารสารตีพิมพ์รูปแบบออนไลน์ ISSN 2773-8639 (Online) วารสารฉบับนี้เป็นเนื้อหาของบทความทางวิชาการที่มุ่งสร้างผลงานที่เด่นทางด้านการวิจัย และมุ่งสู่การใช้งานจริง ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทางวิชาการที่สามารถถ่ายทอดให้แก่สังคม ทางด้านพลังงานทดแทนในสาขาต่างๆ เพื่อทำให้วารสารนี้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนวิชาการและแนวความคิดในแวดวงวิชาการทั้งผู้วิจัยและผู้ใช้งาน อันเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลงานทางวิชาการสู่ชุมชนและสังคมโดยดำรงไว้ซึ่งความเป็นตัวตนทางวิชาการของผู้เขียนและวัตถุประสงค์ของสมาคมฯ ที่ทรงคุณค่า บทความในวารสารฉบับนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 10 บทความ ซึ่งในแต่ละบทความมีความเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันของรูปแบบพลังงานทดแทนต่างๆครอบคลุมกระบวนในการวิจัยและการศึกษาสู่ภาคการใช้งานผู้อ่านจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากการอ่านวารสารฉบับนี้ในแนวทางที่จะจุดประกายความคิด หรือการต่อยอดความคิดทางด้านพลังงานทดแทนสาขาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอ่านอย่างวิพากษ์และตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนในทางวิชาการอย่างสร้างสรรค์ อันจะช่วยให้ความรู้และความคิดเดิมถูกแพร่ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งให้วารสารฉบับนี้เป็นแหล่งความรู้ในทุกระดับภาคส่วนของทุกคนในสังคมไทย โดยไม่ยึดติดตนเองและอยู่กับความรู้ความคิดเพียงบางมุมบางด้านเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เขียนและผู้อ่านมีความเป็นตัวตนทางวิชาการที่พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างไม่หยุดนิ่ง และท้ายที่สุดแล้วความรู้ความคิดที่ถูกต่อขยายออกไปนั้น ก็จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางความคิดของสังคมและชุมชนอย่างกว้างขวาง อันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการของสังคมเพื่อความยั่งยืนของประเทศชาติกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะทำงานทุกท่านคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ และทุกภาคส่วนที่ได้สละเวลาอันมีค่าอ่านบทความ เพื่อความถูกต้องทางวิชาการ และเป็นวารสารที่ดีต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้หากผู้อ่านมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความสามารถขอความกรุณาโปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารและส่งบทความทางออนไลน์ที่ www.reca.or.th/jrec เพื่อการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อๆ ไป

กองบรรณาธิการ

สารบัญ

พลังงานเพื่อการเกษตร

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 8
กล้วยอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการโรงงานสีเขียว 16

นวัตกรรมด้านพลังงาน

อุปกรณ์ตรวจวัดมุมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 25
แบบติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้ IoT
การพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์สำหรับตะเกียบไม้ไผ่สด 33
การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับการใช้งานผลิตความร้อนและถ่านชีวภาพ 47

เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน

การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนจากน้ำมันทอดไก่ 54
การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการกระจายความร้อน 62
โดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกลางสำหรับเตาปิ้งย่างเชื้อเพลิงแก๊ส LPG
การประเมินประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวลแบบบังคับอากาศโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 77
การเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยกระบวนการไพโรไลซิส 87
กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมี 97
เพื่อเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอล

กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรท ในการผลิตเอทานอล

Optimization of Bagasse Pretreatment Processes with Physicochemical Method As A Substrate in The Ethanol Production

อดุลย์สมาน สุขแก้ว[1*] และมูฮำมัดคอยรี หะยีบากา[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

Abstract

This research aims to study the suitable process of processing bagasse by physical and chemical methods. It was found that the optimum conditions for bagasse processing were 3 % W/V of sodium hydroxide concentrations at microwave heat of 700 watts at 20 minutes, the reducing sugar content was 1,453.25±2.22 mg/ml. The study gave 46.36% of waste residue equal. It is highly feasible to reduce sugar solution from bagasse as a renewable energy source. The initial substrate is a convert of low-cost ethanol production in the future. We can add income to the community and reduce the amount of bagasse another way as well.

Keywords: Pretreatment, Physical and Chemical Process, Ethanol, Bagasse

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษากระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับทางเคมี พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการแปรสภาพชานอ้อยคือสภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนคลื่นไมโครเวฟ เท่ากับ 700 วัตต์ ที่เวลา 20 นาที ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,453.25 ± 2.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และกากเหลือทิ้งเท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปได้สูงมากในการนำสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์จากชานอ้อยนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและสับเสรทตั้งต้นในการผลิตเอทานอลต้นทุนต่ำในอนาคตต่อไป สามารถเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน และลดปริมาณชานอ้อยอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: การแปรสภาพ วิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมี เอทานอล ชานอ้อย

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งสามารถเพาะปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศไทย โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ สำหรับอุปโภค บริโภค ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และยังสร้างรายได้จากการส่งออกน้ำตาลให้ประเทศ ทำให้เกษตรกรนิยมปลูกอ้อยมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันการปลูกอ้อยในประเทศไทย มีมากกว่า 11 ล้านไร่ และจัดเป็นประเทศอันดับต้นๆที่มีการปลูกอ้อยมากที่สุด ทำให้มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศ ในเขตพื้นที่รวม 47 จังหวัด การผลิตอ้อยเพื่ออุตสาหกรรมมีมากในประเทศส่งผลให้เกิดชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม การนำชานอ้อยมาแปรสภาพในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่

*Corresponding author: Tel.: 08-42661740 E-mail address: adulsman.s@yru.ac.th

สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การผลิตเอทานอล และอาหารสัตว์ ซึ่งในองค์ประกอบหลักของชานอ้อยประกอบด้วย เซลลูโลส ประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และ ลิกนิน 18-24 เปอร์เซ็นต์ [1] ซึ่งการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ การปรับสภาพ การย่อยสลายและการหมัก ซึ่งการปรับสภาพเป็นขั้นตอนการทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของเซลลูโลส การปรับสภาพทำได้ ทั้งวิธีทางเคมี เช่นการย่อยด้วยกรดหรือเบส รวมถึงวิธีทางกายภาพ เช่น การโม่ การบด การใช้รังสี (Electron Beam Irradiation) และการใช้คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น [2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจการนำชานอ้อยโดยศึกษากระบวนการที่เหมาะสมด้วยวิธีการแปรสภาพทางกายภาพร่วมกับทางเคมีเพื่อสามารถนำสารละลายโมเลกุลเดี่ยวนำมาเป็นสับเสรทเริ่มต้นในการผลิตเอทานอล และเป็นการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการวิจัย

การเตรียมชานอ้อย

นำชานอ้อยมาตัดให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตร ลดความชื้นโดยการตากแดดเป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่อง ultra centrifugal mill แล้วทำการคัดแยกขนาด particle size ด้วยเครื่อง sieve test จนได้ขนาดของชานอ้อย 500 ไมโครเมตร โดยบรรจุในภาชนะแบบปิดที่อุณหภูมิห้อง [3]

การแปรสภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมี

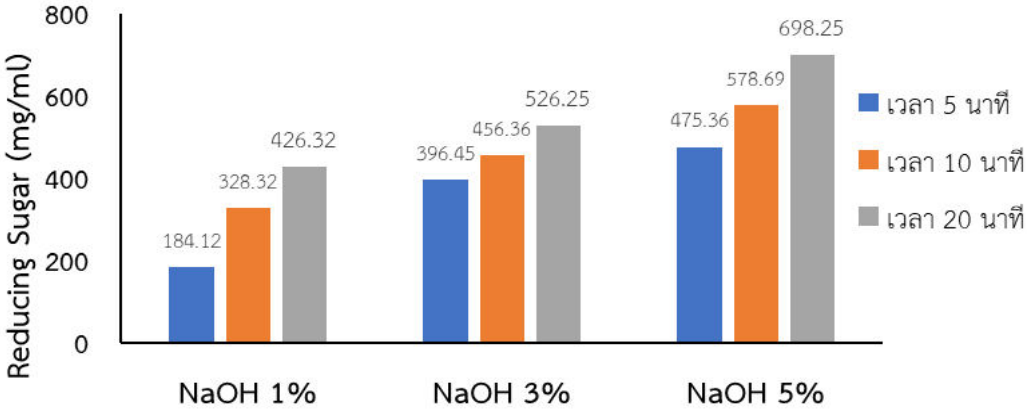
นำชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้ง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (V/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลริดิวซ์ โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) และกากของชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพนำมาวิเคราะห์ความชื้น [2, 4]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

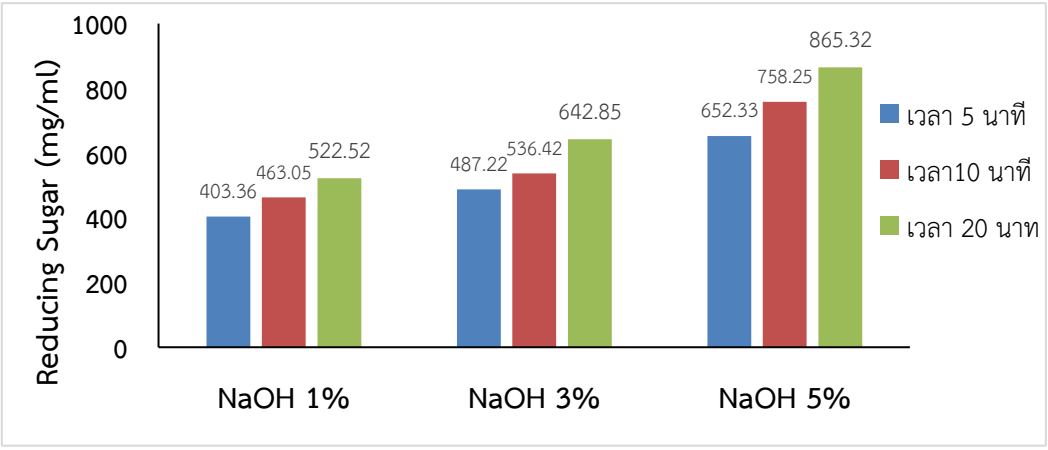
ชานอ้อยจัดเป็นผลผลิตจากกระบวนการแปรรูปอ้อยและจัดเป็นกลุ่มลิกโนเซลลูโลสประเภทหนึ่งโดยส่วนชานอ้อยจะมีส่วนที่เป็นเปลือกนอกที่แข็งและมีเนื้อในที่นุ่มดังแสดงในภาพที่ 1 การใช้ประโยชน์จากชานอ้อยมีหลากหลายเช่นการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมักชีวภาพ แต่โดยทั่วไปมักนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ แต่ในทางปฏิบัติของผู้ประกอบการในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้มักนำชานอ้อยมาทิ้งทำให้เกิดการเน่าเสีย และส่งผลกระทบโดยตรงกับชั้นบรรยากาศ ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาถึงความชื้น และการแปรสภาพด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี พบว่าความชื้นของชานอ้อยมีค่าเท่ากับ 52.36±0.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดลองมีความใกล้เคียงกับ

ภาพที่ 1 ชานอ้อย บริเวณ ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

การแปรสภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีนำชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้ง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลริดิวซ์โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) พบว่า การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 300 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (184.12±0.33, 328.32±0.52 และ 426.32±0.12 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (396.45±0.75, 456.36±0.44 และ 526.25±0.45 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (475.36±0.12, 578.69±0.32 และ 698.25±0.11 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 400 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (403.36±0.52, 463.05±1.47 และ 522.52 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (487.22±0.25, 536.42±0.66 และ 642.85±1.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (802.36±1.65, 945.63±2.33 และ 1,245.66±0.98 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3



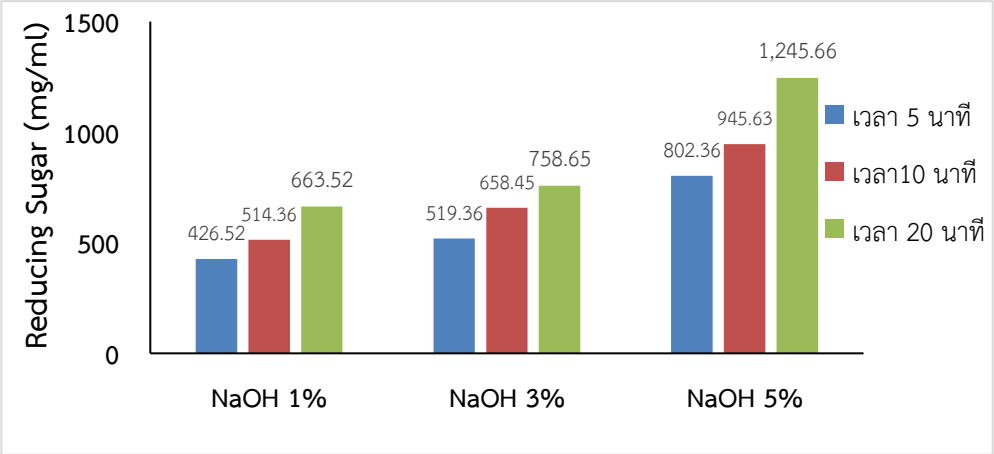
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที



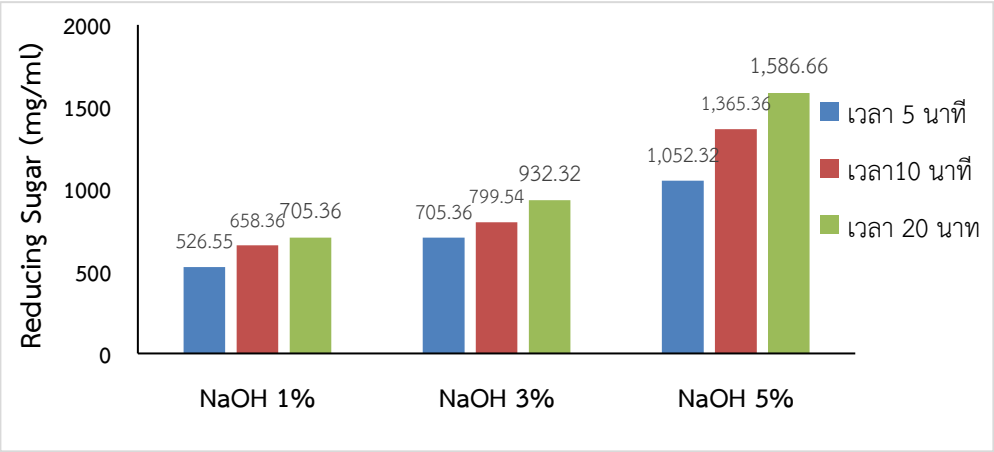
ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (426.52±1.63, 514.36±2.22 และ 663.52±0.55 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (519.36±3.65, 658.45±6.36 และ 758.65±2.33 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (802.36±1.22, 945.63±3.66 และ 1,245.66±3.21 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4

การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (526.55±1.96, 658.36±4.25 และ 705.36±3.23 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (705.36±6.22, 799.54±8.32 และ 932.32±3.22มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (1,052.32±1.36, 1,365.36±7.36 และ 1,586.66±4.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5



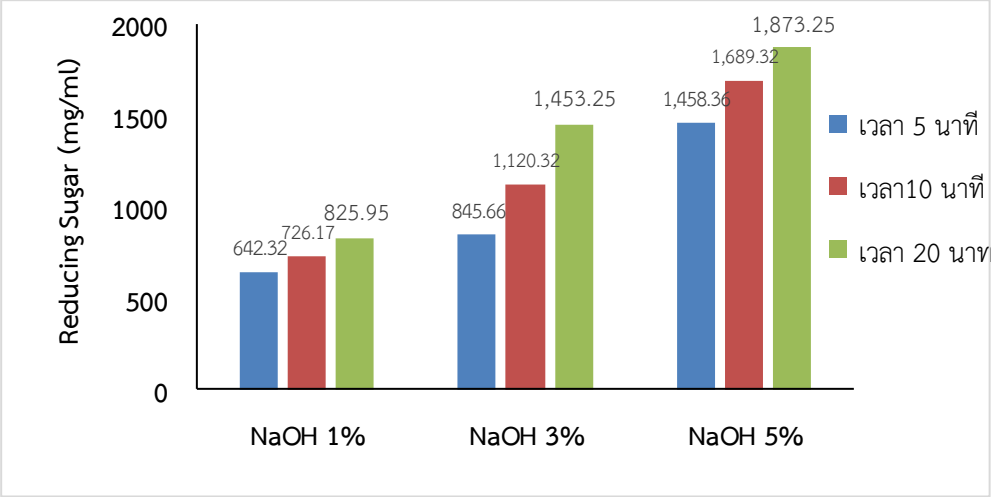
ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

การใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ที่ 700 วัตต์ เวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่าในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ NaOH 1% (642.32±3.26, 726.17±5.96

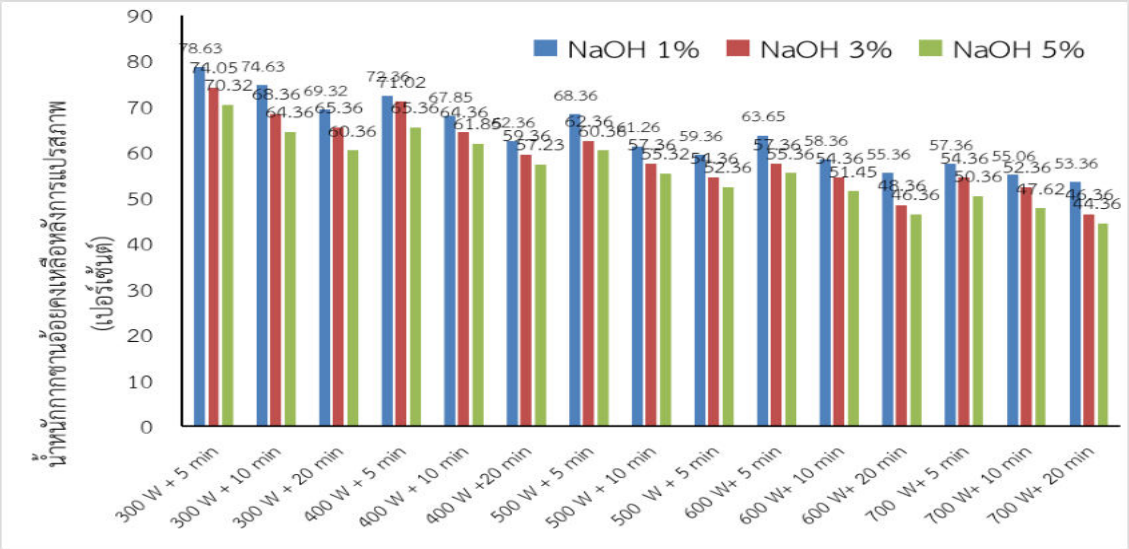
และ 825.95± 4.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) , NaOH 3 % (845.66±.5.32, 1,120.32±14.32 และ 1,453.25 ± 2.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ NaOH 5% (1,458.36±4.87, 1,689.32±2.36 และ 1,873.25 ± 2.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

ในการแปรสภาพชานอ้อยโดยใช้คลื่นรังสีคลื่นไมโครเวฟ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลา ที่สภาวะแตกต่างกัน โดยผลการทดลองที่ได้การใช้ความเข้มข้นที่ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้น เวลาที่ใช้ยาวนานมากขึ้น และกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มากขึ้น แต่ทั้งนี้การที่ใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงมีผลต่อการที่ชานอ้อยสามารถสร้างพิษต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ถึงแม้ว่าจะมีการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางแล้วก็ตามซึ่งมีผลต่อการที่ให้ได้ปริมาณเอทานอลที่น้อยลง ซึ่งในผลการวิจัยดังกล่าวก็มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mehmood และ คณะ (2008) [5] ที่ได้ศึกษาการแปรสภาพโดยใช้กรดและความร้อนเพื่อให้ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเพื่อสามารถเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอลซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการใช้กรดที่มีความเข้มข้นที่สูงจะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างของโมเลกุลในฟางข้าวให้เป็นสารฟอฟอรัลซึ่งไม่สามารถเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลได้ ในการแปรสภาพในชีวมวลโดยทั่วไปจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ สารละลายน้ำตาลและกากซึ่งกากที่ได้จากการแปรสภาพชานอ้อยพบว่าน้ำหนักคงเหลือที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที พบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซดีที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรเท่ากับ 78.63, 74.63, 69.32, 72.36, 67.85, 62.36, 68.36, 61.26, 59.36, 63.65, 58.36, 55.36, 57.36, 55.06 และ 53.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรเท่ากับ 74.05, 68.36, 65.36, 71.02, 64.36, 59.36, 62.36, 57.36, 54.36, 57.36, 54.36, 48.36, 54.36, 52.36 และ 46.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้โซเดียมไฮดรอกไซดีที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 70.32, 64.36, 60.36, 65.36, 61.85, 57.23, 60.36, 55.32, 52.36, 55.36, 51.45, 46.36, 50.36, 47.62 และ 44.36เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้ความร้อน เวลา และความเข้มข้นของสารเคมีล้วนมีอิทธิพลในการที่โครงสร้างชานอ้อยถูกทำลายที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของกากลดน้อยลง โดยกากคงเหลือที่น้อยที่สุดคือสภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนไมโครเวฟเท่ากับ 700 วัตต์ ที่เวลา 20 นาที เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิตเอทานอลเพื่อเป็น

สับเสรทหลักสิ่งจำเป็นต่อการทำลายโครงสร้างของชานอ้อย ความร้อย และเวลา โดยมีการเลือกปัจจัยเกี่ยวกับสารเคมีเป็นฐาน ซึ่งจุดที่เหมาะสมต่อสภาวะที่นำไปใช้ต่อคือ การใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ความร้อนของไมโครเวฟ ที่ 700 วัตต์ เวลา 20 นาที เนื่องจากในสภาวะดังกล่าวสามารถให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะการแปรสภาพเดียวกัน ดังนั้นการลดปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถช่วยลดต้นทุน ลดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของสารหลังจากการแปรสภาพด้วย และที่สภาวะการแปรสภาพดังกล่าวก็มีความเข้มข้นที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเป็นสับเสรทเริ่มต้นในกระบวนการผลิตเอทานอลต่อไป



ภาพที่ 7 น้ำหนักคงเหลือที่ได้จากชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการแปรสภาพชานอ้อยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางกายภาพร่วมกับเคมีเพื่อเป็นสับเสรทในการผลิตเอทานอลคือชานอ้อยที่ผ่านการแปรสภาพที่ใช้ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ความร้อนคลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 700 วัตต์ ที่เวลา 20 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,453.25 ± 2.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และพบปริมาณน้ำหนักกากชานอ้อยคงเหลือหลังการแปรสภาพเท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เลขที่สัญญา บกศ 023/2563 นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตทุ่งใหญ่ และ สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการสนับสนุนการใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Romaní, A., Garrote, G., and Parajó, J. C. (2012). **Bioethanol production from autohydrolyzed Eucalyptus globulus by Simultaneous Saccharification and Fermentation operating at high solids loading**. Fuel, 94(1), 305-312.

[2] Mikulski, D., and Kłosowski, G. (2020). **Microwave-assisted dilute acid pretreatment in bioethanol production from wheat and rye stillages**. Journal of Biomass and Bioenergy, 136(2), 155-171.

[3] Adulsman Sukkaew, Panthip Boonsong, Sriubol Thongpradistha, and Maimoon Intan. (2017). **Physical and chemical pretreatment of lignocellulosics in pineapple (Ananus comosus) peels dried for investment**. AIP Conference Proceedings, 1868(1), 090001-1–090001-7.

[4] Barrera Vázquez, M. F., Andreatta, A. E., Martini, R. E., Núñez Montoya, S. C., Cabrera, J. L., and Comini, L. R. (2020). **Optimization of pretreatment with microwaves prior the pressurized hot water extraction of anthraquinones from Heterophyllaea pustulata, using Doehlert experimental design**. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, 155(5), 108-119.

[5] Mehmood, S., Gulfraz, M., Ahmad, A., and Ahring, B. K., (2008). **Fermentation of dilute acid pretreated and enzymatically saccharified Sorghum bicolor straw to ethanol**. Journal of Biotechnology, 136(1), 409-409.

วารสารวิชาการ

พลังงานทดแทนสู่ชุมชน

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