



ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”

โดย รศ.กำพล ประทีปชัยกูร และคณะ

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
วันที่เสร็จโครงการ 31 พฤษภาคม 2553

ร่างรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”

คณะผู้วิจัย

- นายกำพล ประทีปชัยกุล
- นายไพโรจน์ ศิริรัตน์
- นายฐานันดรศักดิ์ เทพญา

สังกัด

- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

และคณะ

ชุดโครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สัญญาเลขที่ RDG5340010
โครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”
บทสรุปของผู้บริหาร

ผู้เสนอ : รศ. กำพล ประทีปชัยกูร
หน่วยงานต้นสังกัด : วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ระยะเวลาดำเนินการ : 4 เดือน (1 กุมภาพันธ์ 2553 ถึง 31 พฤษภาคม 2553)

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) เป็นศูนย์ที่เลี้ยงด้านพลังงานในโครงการครูวิจัย สกว. ตั้งแต่ปี 2550 มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดกระบวนการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์พลังงานและวิศวกรรมไปพร้อมกับเรียนรู้ศักยภาพของครู โดยคาดหวังว่าสักวันหนึ่งจะได้วิธีการสอนที่ดีสำหรับครู

ในฝึกวิจัยครั้งนี้ ครูฝึกการคิด จากการออกแบบการวิจัยและวางแผนทดลองเอง ครูฝึกการอ่าน ด้วยการอ่านรายงาน บทความวิจัยเพื่อนำมาใช้ออกแบบการทดลองและอ่านหนังสือแนะนำตามความสนใจ ครูฝึกการเขียน ด้วยการเขียนเรื่องเล่า เขียนโปสเตอร์ เขียนบทความวิจัย

ความตั้งใจของครูอย่างเดียวยังไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ ครูยังต้องการบรรยากาศที่ดีด้วย โดยเฉพาะบรรยากาศแห่งมิตรภาพและความไว้วางใจ ซึ่งช่วยเปิดประตูแห่งความอยากรเรียนรู้ ทั้งนี้ต้องมีวินัยด้วย

ในการฝึกทำวิจัย ครูได้เรียนรู้ใน 2 แนวทาง คือ เรียนรู้ด้วยตัวเองทั้งหมด กับเรียนตามแผนที่พี่เลี้ยงจัดไว้ให้ ซึ่งเหมาะสำหรับการเรียนศาสตร์เฉพาะ ที่ต้องการความแม่นยำในหลักการ

การมาฝึกทำวิจัยพลังงานหนึ่งเดือน ครูสามารถเลือกเรียนได้จาก 6 กลุ่มวิจัย คือ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไบโอดีเซล ก๊าซชีวภาพ เชื้อเพลิงแข็ง และก๊าซชีวมวล ตามความถนัดและศักยภาพที่จะนำไปใช้ที่โรงเรียน ทำให้คุณครูทั้ง 26 คน ได้เรียนรู้ศาสตร์แขนงต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับพี่เลี้ยง ทำให้เข้าใจกระบวนการวิจัย จนสามารถผลิตผลงานเป็นบทความได้ 21 เรื่อง

กระบวนการสอน เป็นการฝึกให้ครูเข้าใจวิธีการหาข้อมูล และการแปลผลข้อมูล ที่เน้นปฏิบัติ ให้ความรู้ระหว่างทำ และให้ครูสร้างอุปกรณ์ทดลองเอง โดยฝึกสร้างกันใน workshop ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ม.อ. ซึ่งมีครูช่างและนักศึกษาคอยให้ความช่วยเหลือ ครูที่ผ่านการเรียนแบบนี้จะสามารถสร้างอุปกรณ์ทดลองง่าย ๆ ที่โรงเรียนได้ และสนุกกับการสอนโครงการ

ครูที่เข้าร่วมโครงการครูวิจัยพลังงาน เป็นครูที่มีศักยภาพในการพัฒนา แม้ได้รับการฝึกฝนในระยะเวลาอันสั้น ก็สามารถนำไปทดลองขยายผลสู่การสอนที่โรงเรียนได้ มีกรณีให้ศึกษา การทำงานของครูในช่วงการฝึกฝนได้สะท้อนให้เห็นผ่านพฤติกรรมที่แสดงออกให้เห็น ซึ่งผลการประเมินของพี่เลี้ยงอยู่ในระดับที่ดีและดีมาก แม้จะเป็นการประเมินที่ไม่ครอบคลุมทุกด้าน

รหัสโครงการ : สัญญาเลขที่ RDG5340010

ชื่อโครงการ : โครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”

ชื่อนักวิจัย : กำพล ประทีปชัยกูร

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

email address : gumpon.p@psu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : กุมภาพันธ์ 2553 – พฤษภาคม 2553

โครงการครูวิจัยพลังงาน เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพของครูด้วยกระบวนการวิจัยจากประสบการณ์นอกห้องเรียน เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเชื่อมโยงกับวิถีชีวิต และเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนของครู ที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการฝึกการทำวิจัยเป็นเวลา 1 เดือน สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้จัดการเรียนรู้เป็น 3 ส่วนให้แก่ครู 26 คน คือ การบรรยายเนื้อหาพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์พลังงาน วิธีการทำวิจัย การเรียนรู้ด้วยการลงปฏิบัติ ซึ่งมี 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอนุรักษ์พลังงาน กลุ่มอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ กลุ่มเชื้อเพลิงแข็งและก๊าซชีววมวล กลุ่มไบโอดีเซล กลุ่มพลังงานลม และกลุ่มก๊าซชีวภาพ และการเรียนรู้ด้วยการทัศนศึกษา ได้แก่ ทัศนศึกษาอารยะธรรมรอบทะเลสาบสงขลา การวิจัยการท่องเที่ยวเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรของชุมชนบ้านบ่อเจ็ดลูก ผลการฝึกครูทำวิจัยครั้งนี้ ได้ทำให้ครูมีความรู้พื้นฐานด้านพลังงาน สามารถออกแบบการทดลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน ครูแต่ละคนสามารถเขียนผลงานวิจัยเป็นรายงานและบทความวิจัย ได้ ผลงานวิจัย 21 เรื่อง ครูที่เข้าอบรมมีทัศนคติที่ดีต่อการทำวิจัยด้านพลังงานและได้นำประสบการณ์ที่ได้ไปขยายผลต่อที่โรงเรียน เช่น การให้นักเรียนทำโครงการที่เกี่ยวข้องกับความรู้ในชุมชน การทำไบโอดีเซลในโรงเรียน การผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นต้น สรุปผลของโครงการนี้ ครูได้ความรู้และได้ประสบการณ์จากนอกห้องเรียนที่สามารถนำไปพัฒนาการเรียนการสอนที่โรงเรียนได้ ทั้งนี้เสนอแนะให้ติดตามและให้ทุนสนับสนุนแก่ครูกลุ่มนี้ต่อไปเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ทำวิจัยอย่างต่อเนื่องจนได้เป็นตัวอย่างแก่ครูคนอื่น จนสามารถสร้างผลงานวิจัยและสาระการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

คำหลัก :

Abstract

Project Code : RDG5130033

Project name: Kuruvijai-Energy

Researchers: Gumpon Prateepchaikul

Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

email address : gumpon.p@psu.ac.th

Duration: July 2008-June 2009

The objectives of Kuruvijai-energy project is to develop the teachers' potential with research methodology from the off-classroom experience, to enhance the knowledge and understanding in scientific principle and to develop the teaching procedure of the teachers in order to create the eagerness in learning of the students by research training for 1 month. Energy technology research center, Prince of Songkla University organized the training for 26 teachers into 3 parts: energy science fundamental lecture, research methodology and practice. Six groups have been divided: energy conservation, solar drying, solid fuel and gasification, biodiesel, Wind energy, and biogas. Study visits to Songkla lake's culture. Tourism Research for Conservation of Ban Bo Chet Luk.. After finishing the project, all participants gains the energy fundamental knowledge, the capability in experimental design in order to describe the relation in conjunction with the alternative energy and energy conservation. Each participant has the ability to write a research report and research paper. 21 research works have been achieved from this workshop. All participants have the good impression in energy research and brought this experience to his/her school for further development i.e, student project in the field of community knowledge, school biodiesel, biogas from the waste. At last all participant have the experience and knowledge in which he/she can bring this experience to develop his/her teaching in the school. However, follow-up and financial support in research fund are suggested for these teachers in order to keep them performing the research continuously.

Keyword

สารบัญ

(3)

หน้า

บทสรุปของผู้บริหาร	(1)
บทคัดย่อภาษาไทย	(2)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
สารบาญ	(4)
วัตถุประสงค์ของโครงการ	5
รายละเอียดการดำเนินงาน	6
รายชื่อครูผู้เข้าฝึกอบรมครูวิจัย	7
กำหนดการโครงการครูวิจัยพลังงาน	10
แนวทางการวิจัยกลุ่ม	
กลุ่มพลังงานแสงอาทิตย์	14
กลุ่มพลังงานลม	20
กลุ่มไบโอดีเซล	21
กลุ่มก๊าซชีวภาพ	22
กลุ่มเชื้อเพลิงแข็งและชีวมวล	26
กลุ่มอนุรักษ์พลังงาน	26
การเขียนสาระการเรียนรู้/แผนการสอน	29
การเขียนบทความวิจัย	33
ผลสำรวจความพึงพอใจของครูศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	36
การจัดการเรียนรู้ศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	39
ข้อเสนอแนะ	40
ภาคผนวก ก บทความวิจัย	41
ภาคผนวก ข โพสต์เตอร์	172
ภาคผนวก ค เรื่องเล่าประสบการณ์	195
ภาคผนวก ง ข้อมูลครูครูวิจัยพลังงาน	239
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรม	255

สัญญาเลขที่ RDG5340010
โครงการ “ครูวิจัย-พลังงาน”
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน : รศ. กำพล ประทีปชัยกุล

หน่วยงาน : สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Email address : gumpon.p@psu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 1 กุมภาพันธ์ 2553 – 31 พฤษภาคม 2553

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาศักยภาพของครูด้วยกระบวนการวิจัยจากประสบการณ์ นอกห้องเรียน
2. เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเชื่อมโยงกับวิถีชีวิต
3. เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนของครูที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ของนักเรียน

ตารางเปรียบเทียบ วัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ได้จัดการเรียนรู้กระบวนการทำวิจัยด้วยการลงมือปฏิบัติเอง ภายใต้การดูแลอย่างใกล้ชิดของพี่เลี้ยง คือ อาจารย์และผู้ช่วยวิจัย

การเรียนรู้เป็นกลุ่มวิจัย ทำให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในกลุ่ม บางครั้งก็มีการไปแอบเรียนรู้การทำวิจัยของกลุ่มอื่น

ในตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับวัตถุประสงค์ และประเมินผลสัมฤทธิ์จากการทำงานครั้งนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ* ผลสัมฤทธิ์
1. เพื่อพัฒนาศักยภาพของครูด้วยกระบวนการวิจัยจากประสบการณ์นอกห้องเรียน	ให้ความรู้พื้นฐานต่าง ๆ เช่น การสืบค้นสิทธิตัด การทำวิจัย และการวางแผน การวางแผน การใช้เครื่องมือวัด	ครูเข้าใจกระบวนการวิจัยและเรียนรู้การสร้างความรู้จากกระบวนการวิจัย ได้ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้สร้างความก้าวหน้าในวิชาชีพ	ได้บรรยายความรู้พื้นฐานในแต่ละหัวข้อ ได้ฝึกการเก็บข้อมูล ได้ผลงานวิจัย 21 เรื่อง	100%

วัตถุประสงค์	กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ* ผลสัมฤทธิ์
2. เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเชื่อมโยงกับวิถีชีวิต	การไปทัศนศึกษา ฝึกเขียนรายงาน	ครูได้เรียนรู้ในหัวข้อเกี่ยวกับการใช้พลังงาน หมุนเวียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนและเผยแพร่ในชุมชนได้	ได้พาครูไปทัศนศึกษานอกสถานที่และประชุมสังเคราะห์ความรู้	100%
3. เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนของครูที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ของนักเรียน	การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล	ครูสามารถพัฒนาการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการทำวิจัย	ครูได้รายงานวิจัยที่เชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้ ได้อุปกรณ์ทดลอง	100%

รายละเอียดการดำเนินงาน

การศึกษาเป็นเสาหลักในการสร้างคนในประเทศ โดยมีครูเป็นบุคคลสำคัญ กล่าวคือ ครูเก่งย่อมมีผลให้นักเรียนเก่งด้วย ที่ส่งผลให้ชาติเข้มแข็ง ไม่มีกระบวนการใดที่ใช้พัฒนาคนได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการทำวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยฝ่ายชุมชนและสังคม (ฝ่าย 4) และฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) จึงได้สนับสนุนทุนให้ครูจำนวน 47 คน เข้าฝึกทำวิจัยกับนักวิจัยของสถานวิจัยพลังงาน มอ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ภายใต้โครงการครูวิจัย ทั้งนี้ในจำนวนครูทั้งหมดนี้มีครูจากภาคใต้ 20 คน ที่มาจากพื้นที่ 5 จังหวัด (สงขลา สตูล พัทลุง ตรัง และนครศรีธรรมราช) ได้เข้าฝึกทำวิจัยในโครงการนี้เป็นพิเศษตามยุทธศาสตร์การพัฒนาการศึกษาของฝ่าย 5

การเรียนรู้การทำวิจัยของครู 47 คนได้ถูกจัดแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มประหยัดพลังงาน กลุ่มอบแห้ง กลุ่มเชื้อเพลิงแข็งและก๊าซชีวมวล กลุ่มไบโอดีเซล และกลุ่มก๊าซชีวภาพ กลุ่มพลังงานลม โดยครูต้องเข้ามาพักในมหาวิทยาลัยและฝึกทำวิจัยด้านพลังงานเป็นเวลาหนึ่งเดือนเต็ม คือ ในเดือนเมษายน 2553 เป็นการพิสูจน์ว่าครูสามารถสร้างความรู้เองได้ด้วยการวิจัย ครูทุกคนจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาแปลงเป็นความรู้และนำเสนอในรูปแบบของโปสเตอร์ การบรรยาย บทความผลงานวิจัย รวมไปถึงสาระการเรียนรู้ ที่ครูสามารถนำไปใช้ที่โรงเรียนได้

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานจะจัดให้มีการฝึกทักษะการทำวิจัยให้แก่ครูโดยใช้สถานที่ฝึกและทำวิจัยในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายใต้การดูแลของอาจารย์ในสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและนักศึกษาปริญญาโทอย่างใกล้ชิด

ผู้เข้าร่วมโครงการทุกคนจะเข้าพักในหอพักนักศึกษาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งอยู่ห่างจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ประมาณ 300 เมตร การฝึกทักษะการทำวิจัยมีระยะเวลา 1 เดือน คือ เดือนเมษายน

การคัดเลือกครูผู้ร่วมโครงการ ของ สกว. ฝ่ายชุมชนและสังคม (ฝ่าย 4) ศูนย์พี่เลี้ยงได้ทำการคัดเลือกครูผู้ร่วมโครงการจากข้อเสนอโครงการวิจัยที่ครูแต่ละคนส่งมาสมัคร 42 คน โดยผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 31 คน หลังจากนั้นได้มอบหมายให้อาจารย์ในสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานที่เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน ช่วยปรับหัวข้องานวิจัยที่ครูได้เสนอมา

พี่เลี้ยงครูวิจัยพลังงานมอ. ได้รวบรวมข้อมูลที่เป็น ซึ่งเพียงพอระดับหนึ่งสำหรับครูที่มาอยู่กับศูนย์พี่เลี้ยงแห่งนี้ คู่มือได้อธิบายกิจกรรมต่าง ๆ ให้ครูได้รับทราบ และอธิบายแนวทางการทำวิจัยของกลุ่มวิจัยต่าง ๆ ครูต่าง

กลุ่มจะได้เห็นกิจกรรมของกลุ่มอื่น หากสนใจก็สามารถไปเรียนรู้ข้ามกลุ่มได้ การได้สัมผัสกับวิธีการวิจัยที่แตกต่างกัน ตามศาสตร์แต่ละแขนง ก็ยังทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกระบวนการวิจัยได้ดีและลึกซึ้งยิ่งขึ้น

การเรียนรู้พลังงานซึ่งเป็นศาสตร์ทางกายภาพ ที่มีการจัดการเรียนการสอนโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและภาคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จำเป็นต้องมีการเรียนความรู้พื้นฐาน เช่น การสืบค้นข้อมูล เครื่องมือวัด การออกแบบการวิจัย กลศาสตร์ของไหลและอุณหพลศาสตร์ รวมไปถึงทำความเข้าใจในศาสตร์เบื้องต้นของการวิจัยในแต่ละแขนง แม้การทำวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยเชิงการทดลอง มีการสร้างชุดทดลองเพื่อใช้เก็บข้อมูลอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ แต่ก็มียานวิจัยบางส่วนสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ ในการอธิบายปรากฏการณ์บางอย่าง ครูจะได้เรียนรู้การแปลงข้อมูลเป็นความรู้ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์และสังเคราะห์ ซึ่งต้องใช้ความรู้เดิม ความรู้จากการอ่านงานวิจัยของคนอื่น และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

รายชื่อครูผู้เข้าฝึกอบรมครูวิจัยในเดือนเมษายน 2553 มีดังนี้

กลุ่มพลังงานแสงอาทิตย์

พี่เลี้ยง : รศ.ดร.พีระพงษ์ ทิมสกุล E-mail : perapong.t@psu.ac.th

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นางสาวกฤตินันท์ สอวิหค	บุรีรัมย์	ประสิทธิภาพการอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
นางสาวนิตยา อุตาคำ	ขอนแก่น	การอบแห้งกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
นางสาวพรธิดา ม้าวัง	แพร่	การอบแห้งมะม่วงด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์

พี่เลี้ยง : รศ.ดร.สุภาวรรณ ฐิระวณิชกุล โทร.074-287036 E-mail : supawan.t@psu.ac.th

ผศ.ดร.ยุทธนา ฐิระวณิชกุล

ผู้ช่วยวิจัย : จุฑารัตน์ ทะสระระ โทร.080-5404663 E-mail : ajutarut@hotmail.com

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นางสาวรัชนิกร นำชัย	จันทบุรี	การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งขนุนด้วยระบบผสมผสานกับพลังงานแสงอาทิตย์
นายสมแอ กาแข็ง	ปัตตานี	การอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด ลมร้อนและระบบพลังงานไฮบริดระหว่างรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน
นางสาวสลิลลา ชาญเขียว	พะเยา	การอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด

กลุ่มพลังงานลม

พี่เลี้ยง : ดร.ฐานันดรศักดิ์ เทพญา

โทร.074-287211, 089-4659205 E-mail: thanan@me.psu.ac.th

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นายเจริญรัตน์ เจ๊ะหมัด	ปัตตานี	เครื่องมือวัดความเร็วลมโดยใช้มอเตอร์
นายยุทธศาสตร์ ฮาดดา	หนองคาย	เครื่องมือวัดความเร็วลมจากมอเตอร์หัวอ่านซีดี

กลุ่มไบโอดีเซล

พี่เลี้ยง : รศ.กำพล ประทีปชัยกุล โทร.086-6945670 E-mail : gumpon.p@psu.ac.th

ผู้ช่วยวิจัย : นายสุรัชย์ จันทรศรี โทร.085-1829505 E-mail : k_aew474@yahoo.com

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นางกุลศิริราณี ศักดิฐฐานนท์	สระบุรี	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว
นายชนะศึก โพธิ์นอก	ชัยภูมิ	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยคลีนอัลตราโซนิค
นางสาวนิตยา น้อยนันท์	เพชรบูรณ์	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยคลีนไมโครเวฟ

กลุ่มก๊าซชีวภาพ

พี่เลี้ยง : ผศ.ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์

ผู้ช่วยวิจัย : นางสาวอิฐสร 084-8599938 E-mail : hyacinth@gmail.com

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นายกิตติชัย ปัญญารมย์	หนองคาย	ผลของขนาดอนุภาคต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารอินทรีย์
นางสาวทิพย์สุดา วงศ์ไสย	ขอนแก่น	
นายธีรวัฒน์ บุรวิศิษฐ์	อุบลราชธานี	
นางวรรณกร กุลศรี	กระบี่	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง
นายสุวิตร วงศ์ใหญ่	พะเยา	
นางสาวอัจฉริยา นาวิวงศ์	อำนาจเจริญ	

พี่เลี้ยง : ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสง

E-mail : piyarat.b@psu.ac.th โทร. 0-7444-6727, 0-7428-6372

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นายไพศาล วงศ์กระโซ่	มุกดาหาร	การผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้ไบโอยางพาราร่วมกับมูลโคและมูลสุกร
นางรุ่งนภา เนินหาด	ฉะเชิงเทรา	การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษผักร่วมกับมูลสุกร
นายชาญ แซ่มา	ตาก	ผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชผักร่วมกับส่วนผสมของมูลสุกรและมูลโค
นางลาแพน หล้าคำมี	แพร่	การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

กลุ่มเชื้อเพลิงแข็งและก๊าซชีวมวล

พี่เลี้ยง : รศ.ไพโรจน์ ศีร์รัตน์

โทร.074-287207, 081-9692492 E-mail: paioj.k@psu.ac.th

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นางสาวไสว ทองอินทร์ นางสาวรุ่งคราญ วิริยัง	นครราชสีมา ลำปาง	การศึกษาเตาแก๊สชีวมวลสำหรับจัดการเรียนการสอน
		การขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็งจากผงถ่านที่ได้จากเศษวัสดุทางการเกษตร

กลุ่มการอนุรักษ์พลังงาน

พี่เลี้ยง : ดร.นันทพันธ์ นภัทรานันท์

โทร.074-287229,086-9632232 E-mail : sphutthi@me.psu.ac.th

ชื่อ-สกุล	จังหวัด	หัวข้อวิจัย
นายกลยุทธ ทะกอง	นครราชสีมา	การเปรียบเทียบสักระเบียงหลังคาบ้านที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในบ้าน
นางสาวสุภาภรณ์ เสาร์สิงห์	ลำพูน	
นายปรีชา ฤทธิเดช	กทม.	การเปรียบเทียบสักระเบียงหลังคาบ้านที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในบ้าน
นางสาวพูนียะห์ เจกะ	ปัตตานี	

ปัจจุบันมีครูที่จะเข้าร่วมโครงการครูวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนวิจัย จาก (สกว.) ฝ่ายชุมชนและสังคม (ฝ่าย 4) 27 คน และฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย5) 20 คน รวมครูจำนวน 47 คน โดยฝ่ายชุมชนและสังคม (ฝ่าย 4) ละสิทธิ์ทั้งหมด 4 คน ดังนี้

- นายกฤตติวัฒน์ เมืองวงศ์ โรงเรียนบ้านรักไทย จ.แม่ฮ่องสอน
เหตุผล : แจ้งเมื่อ 25 มี.ค. 53 ตรวจรับงานก่อสร้างตลอดเดือน เม.ย. 53
- นายกฤตบดินทร์ พรหมโสภา โรงเรียนสร้างมิ่งมิตรภาพ จ.ยโสธร
เหตุผล : แจ้งเมื่อวันที่ 5 เม.ย. 53 เนื่องจากมารดาเสียชีวิต
- นางสาวจิราพันธ์ วินุสอน โรงเรียนบ้านรักไทย จ.แม่ฮ่องสอน
เหตุผล : แจ้งเมื่อวันที่ 24 มี.ค. 53 ตรวจรับงานก่อสร้างตลอดเดือน เม.ย. 53
- นางสาวศุภธิดา ศรีพงษ์วิวัฒน์ โรงเรียนน้ำพองศึกษา จ.ขอนแก่น
เหตุผล : แจ้งเมื่อวันที่ 1 มี.ค. 53 แม่ป่วยกระทันหัน

กำหนดการโครงการครูวิจัยพลังงาน

โครงการครูวิจัย สกว. ได้กำหนดให้ครูวิจัยพลังงานทุกคน เข้าพักในหอพักนักศึกษา และเรียนรู้การทำวิจัย 1 เดือนเต็ม โดยมีกำหนดการดังนี้

วันพุธที่ 31 มีนาคม 2553

ครูเดินทางมาถึงที่พัก

วันพฤหัสบดีที่ 1 เมษายน 2553

ปฐมนิเทศ ณ ห้องประชุมมงคลสุข คณะวิศวกรรมศาสตร์
(คุณครูต้องเตรียม โน้ตบุ๊กเพื่อมาใช้ในการสืบค้นข้อมูลและสิทธิบัตร)

08.00-08.30 น.	ลงทะเบียน
08.30-09.30 น.	กล่าวต้อนรับโดยคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และผู้อำนวยการสถานวิจัย
09.30-10.00 น.	แนะนำการเรียนรู้ โดย รศ.ไพโรจน์ ศิริรัตน์
10.00-12.00 น.	แบ่งกลุ่มพบพี่เลี้ยง และนำเสนอวิธีการวิจัยแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 15 นาที
12.00-13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน (หน้าห้องประชุมมงคลสุข)
13.00-15.00 น.	การวางแผนทำวิจัย โดย รศ.ดร.พีระพงศ์ ทิมสกุล
15.00-17.00 น.	การสืบค้นข้อมูลและสิทธิบัตร โดย ดร.ฐานันดรศักดิ์ เทพญา
18.00-18.30 น.	รับประทานอาหารเย็น ที่ SING GOLDEN PLACE HOTEL
19.00-21.30 น.	กิจกรรมสนทนากา

วันศุกร์ที่ 2 เมษายน 2553 การบรรยายความรู้พื้นฐาน ณ ห้องประชุมมงคลสุข คณะวิศวกรรมศาสตร์

08.00-10.00 น.	ทฤษฎีพื้นฐานของไหลและความร้อน โดย รศ.ไพโรจน์ ศิริรัตน์
10.00-12.00 น.	เครื่องมือวัด โดย ดร.ชยุต นันทดุสิต
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน (หน้าห้องประชุมมงคลสุข)
13.00-15.00 น.	การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอ โดย ดร.ชยุต นันทดุสิต
15.00-17.00 น.	การวางแผนเขียนรายงาน โดย รศ.ไพโรจน์ ศิริรัตน์

วันเสาร์ที่ 3 เมษายน 2553 ทักษะศึกษาเยี่ยมชมวิถีโหนด-นา-เล 3 ตำบล ทำหิน-คุชด-คลองรี

06.00 น.	ออกเดินทางจากศูนย์กีฬา ข้างสระว่ายน้ำ
07.00 น.	คณะเดินทางถึงวัดทำหิน ตำบลทำหิน อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา ลงเรือชมวิถีชีวิตชาวประมงในทะเลสาบสงขลา ทำเรือวัดทำหิน
09.00 น.	พร้อมกันที่ศูนย์เรียนรู้ ชมวิธีการปั่นตาล/การเคียวตาล/การแปรรูปน้ำตาลแว่น/น้ำตาลผง/ขนมพื้นบ้าน/การจักสาน/ทำสบู่ลูกตาล /การเจาะตาล
	โดยแบ่งเป็น 5 ฐาน
	1. การทำน้ำตาลผง/แว่น 2. การทำขนมพื้นบ้าน
	3. การจักสาน 4.การเจาะตาล 5.ทำสบู่ลูกตาล

เรียนรู้วิธีการทำนา สีข้าว ตำข้าว แลกเปลี่ยนการทำนา

12.00 น. รับประทานอาหารเที่ยง อาหารพื้นบ้าน

13.15 น. เดินทางไปบ้านดอนคัน ตำบลคูขุด ชมการแปรรูปลูกตาลกรอบ พิพิธภัณฑสถาน

14.20 น. เดินทางไปองค์การบริหารส่วนตำบลคลองรี ชมการทำก๊าซชีวภาพ เดินทางชมเตาชีวมวล
เคียวตาลโดนด

15.30 น. นมัสการเจ้าแม่อยู่หัววัดท่ากระ ตำบลคลองรี หรือเดินทางไปนมัสการหลวงปู่ทวดเหยียบ
น้ำทะเลจืด วัดพะโคะ

16.00 น. เดินทางไปหาดชลาทัศน์ และสักการะอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร

18.00 เดินทางกลับโดยสวัสดิภาพ

วันอาทิตย์ที่ 4 เมษายน 2553 พัก หรือ ปฏิบัติการวิจัย

วันจันทร์ที่ 5-8 เมษายน 2553 ปฏิบัติการวิจัย

วันศุกร์ที่ 9 เมษายน 2553

09.00-12.00 น. นำเสนอรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1

ณ ห้องบรรยายรวม ME 110 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

13.00 – 17.00 น. ปฏิบัติการวิจัย

วันเสาร์ที่ 10 เมษายน 2553

ทัศนศึกษางานวิจัยท้องถิ่น จังหวัดสตูล

06.00 น. ออกเดินทางจากศูนย์กีฬา ข้างสระว่ายน้ำ

09.00-12.00 น. เดินทางถึงถ้ำภูผาเพชร ชมความงามของหินงอก หินย้อยตามธรรมชาติ

12.00-13.00 น. รับประทานอาหารกลางวันถ้ำภูผาเพชร

13.00 -14.30 น. เดินทางไปบ้านบ่อเจ็ดลูก อ.ละงู จ.สตูล

14.30-16.00 น. ฟังบรรยายงานวิจัยท้องถิ่น โดยนักวิจัยชาวบ้านและการทำวิจัยท้องถิ่น
โดยผู้ประสานงาน

16.00-17.00 น. รับประทานอาหารเย็น

17.00 น. เดินทางกลับที่พัก อ.หาดใหญ่

หมายเหตุ กำหนดการอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

วันอาทิตย์ที่ 11 เมษายน 2553 พัก หรือ ปฏิบัติการวิจัย

วันจันทร์ที่ 12 เมษายน 2553

08.00 – 12.00 น. ปฏิบัติการวิจัยวิจัย

12.00 – 14.00 น. ร่วมกิจกรรมสงกรานต์ และร่วมรับประทานอาหาร ณ ลานหน้าห้องประชุมมงคลสุข
คณะวิศวกรรมศาสตร์

14.00 – 17.00 น. ปฏิบัติการวิจัยวิจัย

วันอังคารที่ 13-15 เมษายน 2553 พัก/ปฏิบัติการวิจัยวิจัย

วันที่ 16-18 เมษายน 2553 ปฏิบัติการวิจัย

วันจันทร์ที่ 19 เมษายน 2553

09.00-12.00 น. นำเสนอรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

ณ ห้องบรรยายรวม ME 110 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

12.00 น. ปฏิบัติการวิจัย

วันที่ 20-25 เมษายน 2553 ปฏิบัติการวิจัย

วันจันทร์ที่ 26 เมษายน 2553

08.00-12.00 น. นำเสนอรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 ห้องบรรยายรวม ME 110 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

13.00-16.30 น. ปฏิบัติการวิจัย

วันที่ 27-28 เมษายน 2553 สังเคราะห์ข้อมูลกับพี่เลี้ยง และเขียนรายงาน

- จัดทำ โปสเตอร์บน Power Point ขนาดกว้าง 80 cm สูง 120 cm
- เขียนบทความวิจัย
- จัดทำสื่อชุดการเรียนรู้
- เขียนเรื่องเล่าประสบการณ์ฝึกทำวิจัยที่ มอ.

วันพุธที่ 28 เมษายน 2553 ส่งงานทั้งหมดใส่แผ่น CD/DVD โดยแยกเป็น 1 คน ต่อ 1 แผ่น

หรือผ่านทาง E-mail karuvijai.etc@gmail.com ดังนี้

- จัดทำ โปสเตอร์บน Power Point (ส่งก่อน 11.00 น. ที่แนบ)
- เขียนบทความวิจัย
- จัดทำสื่อชุดการเรียนรู้
- เขียนเรื่องเล่าประสบการณ์ฝึกทำวิจัยที่ มอ.

วันพฤหัสบดีที่ 29 เมษายน 2553 เดินทางไปร่วมประชุมที่กทม.

ก่อน 12.00 น. คินกุกุญแจที่สำนักงานอยู่ชั้นล่างของหอพัก และคินพัคคิมพร้อมกล่องบรรจุที่ รพ. หอพักหญิง โดยแจ้งชื่อกับ รพ. ว่าเป็นพัคคิมของห้องไหน

16.30 น. เดินทางออกจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

19.00 น. รับประทานอาหารเย็นที่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

24.00 น. ทานมื้อดึก ที่ร้านคุณสาหร่าย จ.ชุมพร

วันศุกร์ที่ 30 เมษายน 2553

06.00 น. ถึงที่พัคคิม. รับประทานอาหารเช้า และพัคคิมตามอัยยาศัย

- 12.00 น. รับประทานอาหารเที่ยง
16.00 น. จัดนิทรรศการที่โรงแรมเพื่อเตรียมนำเสนอผลงาน
18.30 – 21.00 น.งานเลี้ยงต้อนรับครูวิจัยปี 2553

วันเสาร์ที่ 1 พฤษภาคม 2553 ประชุมนำเสนอผลงานครูวิจัยปี 2553

- 8.00-9.00 น. ลงทะเบียนและชมนิทรรศการ
9.00-9.10 น. แนะนำโครงการครูวิจัย สกว. โดย ดร.สีลาภรณ์ บัวสาย
9.10-9.30 น. เปิดประชุม โดย ดร.ชินภัทร ภูมิรัตน เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
9.30-10.00 น. บรรยาย “**ครูนักจัดการการเรียนรู้ในสังคมไทย**”
10.00-10.15 น. พักรับประทานอาหารว่าง
10.00 - 11.00น. การเสวนา “**การฝึกทำวิจัย เพื่อเป็นครูผู้สร้างและนักจัดการการเรียนรู้**”
 โดยตัวแทนครูจาก ศูนย์ไดโนเสาร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ทางทะเล ศูนย์สิ่งแวดล้อม
 ดำเนินรายการโดยคุณครูบุเรียม พรหมปลัด
11.00 – 12.00น.การเสวนา “**กระบวนการฝึกครูทำวิจัย ทางเลือกใหม่สำหรับการศึกษา**”
 โดยพี่เลี้ยงจากศูนย์ไดโนเสาร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ทางทะเล ศูนย์ดาราศาสตร์ (LESA)
 และศูนย์สิ่งแวดล้อม
 ดำเนินรายการโดย รศ.สุชาดา ชินะจิตร
12.00 – 13.00 น. พักรับประทานอาหาร และชมนิทรรศการ
13.00 – 14.00 น. การเสวนา “ **การฝึกทำวิจัย...เป็นเส้นทางของครูไทยจริงหรือ ”**
 โดยครูจากศูนย์พลังงาน ศูนย์อุตสาหกรรมอาหาร ศูนย์นวัตกรรมและการจัดการ
 เทคโนโลยีอาหาร ดำเนินรายการโดยคุณครูยุพาพรรณ วรรณสาย
14.00 – 15.00 น.การเสวนา “**รูปแบบการฝึกครูไทยทำวิจัย ที่เชื่อมโยงกับห้องเรียน**”
 โดยพี่เลี้ยงจากศูนย์พลังงาน ศูนย์อุตสาหกรรมอาหาร ศูนย์นวัตกรรมและการจัดการ
 เทคโนโลยีอาหาร ดำเนินรายการโดย รศ.สุธีระ ประเสริฐสรรพ
15.00 -15.15 น. พักรับประทานอาหารว่าง
15.15 - 17.00 น.วิเคราะห์และสังเคราะห์ผลการฝึกทำวิจัยของโครงการครูวิจัยสกว. ปี 2553
 โดย รศ.สุชาดา ชินะจิตร รศ.ดร.สุธีระ ประเสริฐสรรพ และ ดร.เลขา ปิยะอัจฉริยะ
17.00 น. ปิดประชุม

วันอาทิตย์ที่ 2 พฤษภาคม 2553 เดินทางกลับก่อนเที่ยง

แนวทางการวิจัยกลุ่ม

- กลุ่มวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์

กิจกรรม	สถานที่	สัปดาห์			
		1	2	3	4
1.บรรยายเรื่อง “ทฤษฎีการ อบแห้งและการอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์	ห้องประชุมภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	↔			
2. การสืบค้นข้อมูล	ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	↔			
3.การออกแบบการทดลอง	ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ลานตากแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์	↔			
4. เตรียมอุปกรณ์	Work Shop ลานตาก แห้ง ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชา เคมี (คณะวิทย์) ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	↔			
5. ทำการทดลอง	ลานตากแห้ง ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชาเคมี (คณะ วิทย์) ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล		↔		
6. วิเคราะห์ผล	ลานตากแห้ง ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชาเคมี (คณะ วิทย์) ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล			↔	
7.ประชุมกลุ่มย่อยเพื่อ วิจารณ์ผล	ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	↔			↔
8.เขียนรายงาน	ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี		↔		↔

รายละเอียดกิจกรรมการวิจัย

1. การบรรยายทฤษฎีการอบแห้ง โดย รศ.ดร.สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล และบรรยายการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดย รศ.ดร.พีระพงศ์ ทิมสกุล ณ ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
2. การสืบค้นข้อมูล สืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ศึกษารายงานโปรเจกต์นักศึกษา และสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต (เพื่อความสะดวกครูควรนำคอมพิวเตอร์มาเอง)
3. การออกแบบการทดลอง/ 4.การเตรียมอุปกรณ์/ 5.การทำการทดลอง แยกตามเรื่องที่ทำดังต่อไปนี้

ก. การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และลมร้อน

(Solar Drying & Hot air Drying)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินวิจัย

1 วัดถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ พริก ตะไคร้ กระดุมทอง (โรงเรียนสันติสุข) ล้างให้สะอาด หาคความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยส่วนที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ และมีส่วนของพลังงานความร้อนเสริมจากเครื่องทำความร้อน
- แผงรับความร้อนทำด้วยแผ่นสังกะสีทาสีดำ เพื่อช่วยในการดูดซับรังสี ด้านบนปิดด้วยพลาสติกใส ผนังด้านนอกทำด้วยสังกะสี ภายในบุด้วยฉนวนที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนหนา 1 cm ประกอบเข้ากับตัวเครื่องอบแห้ง วางทำมุมเอียง 14° กับแนวระดับ
- ถาดอบแห้งมีพื้นที่การอบแห้งประมาณ 1 m^2 อบแห้งวัสดุได้ประมาณ 1-2 kg ต่อถาด
- เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ A&D รุ่น GF 3000 ค่าความละเอียด ± 0.01 กรัม
- เครื่องวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมมิเตอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิกระเปาะเปียก

ข. การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้อบ : การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเปรียบเทียบกับการ

อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Infrared and Solar Drying)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินวิจัย

1 วัดถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ มันฝรั่ง ล้างให้สะอาด สไลด์เป็นชิ้นบาง ๆ หาคความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ห้องอบแห้งมีปริมาตร $60 \times 80 \times 158.5 \text{ cm}^3$ ภายในบุฉนวนใยแก้ว หนา 5 cm
- แผงรับความร้อนทำด้วยแผ่นสังกะสีทาสีดำ เพื่อช่วยในการดูดซับรังสี มีขนาด $32.5 \times 133 \times 240 \text{ cm}^3$ ด้านบนปิดด้วยพลาสติกใส ผนังด้านนอกทำด้วยสังกะสี ภายในบุด้วยฉนวนที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนหนา 1 cm ประกอบเข้ากับตัวเครื่องอบแห้ง วางทำมุมเอียง 14° กับแนวระดับ
- ถาดอบแห้งแตนเลส มีขนาด $44 \times 70 \times 5 \text{ cm}^3$ จำนวน 3 ถาด มีพื้นที่การอบแห้งรวม 3.08 m^2 อบแห้งวัสดุได้ประมาณ 1 kg ต่อถาด

- หลอดรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W จำนวน 2 แท่ง ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศและห่างจากวัสดุอบแห้ง 0.13 m

- เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ A&D รุ่น GF 3000 ค่าความละเอียด ± 0.01 กรัม

- เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ความละเอียด $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ต่อกับสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิกระเปาะเปียก

3 วิธีการวิจัย

ทำการทดลองแบบแบตช์ ใช้ตัวอย่างประมาณ 4 กิโลกรัมต่อแบตช์

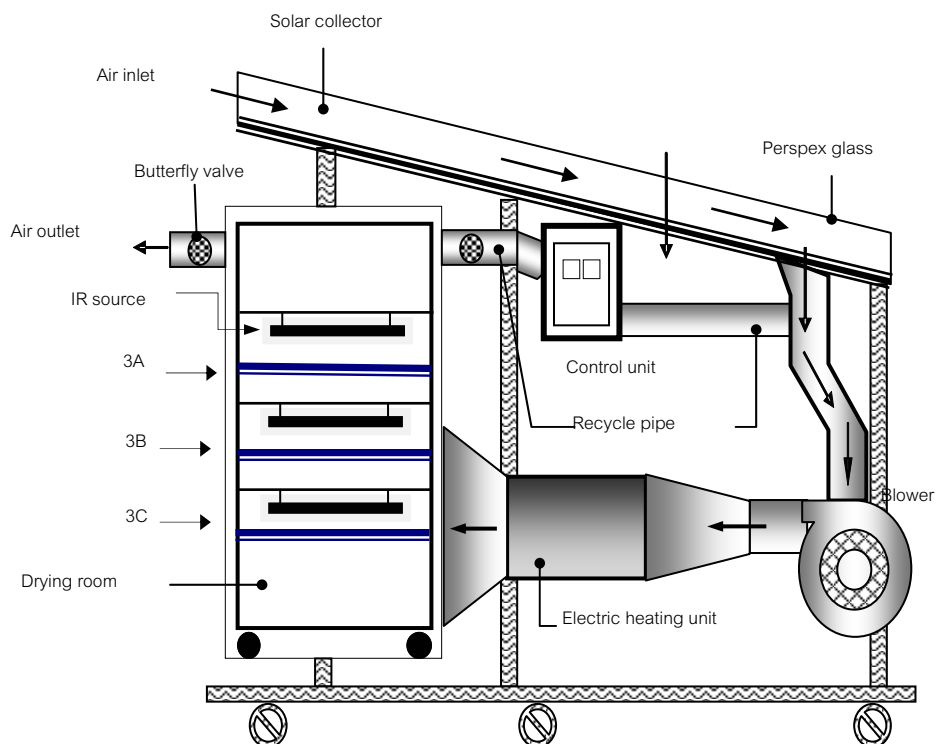
- ทำการทดลองอบแห้งในช่วง อุณหภูมิอบแห้ง $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$ ความเข้มข้นของรังสีอินฟราเรดอยู่ในช่วง 500–1000 วัตต์

- บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก อุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และอุณหภูมิอบแห้งภายในตู้อบแห้ง

- บันทึกปริมาณพลังงานที่ใช้ด้วย Watt-hour meter

- ทดสอบคุณภาพของกุ้งแห้ง ได้แก่ สี ร้อยละการหดตัว

- สรุปผลและรายงาน



รูปที่ 1 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งแบบโดยการใช้พลังงานจากลมร้อน รังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์

ค. การอบแห้งผลไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Drying)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินวิจัย

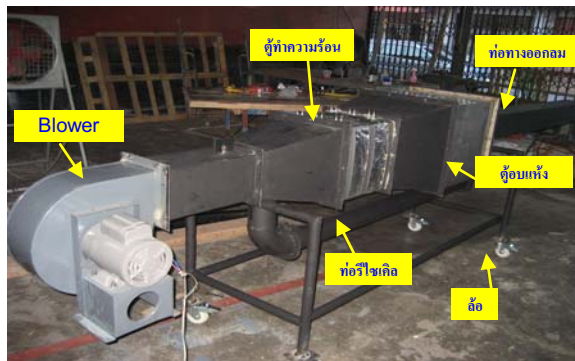
1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ผลไม้ตามฤดูกาล หาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2 อุปกรณ์

2.1 เครื่องอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้า ที่ได้พัฒนาขึ้นมา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ตู้อบแห้งมีขนาด $55 \times 55 \times 55 \text{ cm}^3$
- ถาดที่ใช้อบแห้งมีขนาด $30 \times 32 \times 2 \text{ cm}^2$ จำนวน 4 ถาด
- เครื่องทำความร้อนขนาดตัวละ 1000 W จำนวน 6 ตัว
- พัดลมเป่าอากาศ ขนาด 1 แรงม้า จำนวน 1 ตัว
- หลอดอินฟราเรด ขนาดหลอดละ 500 W จำนวน 4 หลอด



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้า

2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ A&D รุ่น GF 3000 ค่าความละเอียด $\pm 0.1 \text{ g}$.

2.3 เครื่องวัดยี่ห้อ SUPCON ความละเอียด $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิกระเปาะเปียก

2.4 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-45 ความละเอียด $\pm 0.01 \text{ m/s}$

2.5 เวอร์เนีย

3 วิธีการทดลอง

- การอบแห้ง

สภาวะที่ 1 อบแห้งด้วยลมร้อนจากกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

โดยกำหนดความเร็วลมภายในตู้อบแห้ง $1.0 \pm 0.5 \text{ m/s}$ กระแสป้อนกลับของอากาศอบแห้ง 95% อุณหภูมิอบแห้งในช่วง $60\text{-}80^\circ\text{C}$

สภาวะที่ 2 อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว

- บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก อุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และอุณหภูมิอบแห้งภายในตู้อบแห้ง
- หาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995) ได้แก่ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายที่สภาวะต่าง ๆ
- วิเคราะห์ผล

ง. การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบการทดลอง

- กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ ค่าความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม
- กำหนดจุดวัดอุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม
- กำหนดจุดตั้งตัวอย่าง เพื่อหาค่าความชื้น

- กำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ศึกษา
- กำหนดจำนวนครั้งที่จะทดลอง

การเตรียมอุปกรณ์

- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์
- Thermocouple
- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
- ตาชั่งละเอียดสำหรับชั่งตัวอย่าง
- ตาชั่งสำหรับชั่งตัวอย่างทั้งหมด

การทดลอง

- ชั่งผลิตภัณฑ์ทั้งหมด
- ชั่งถาดเปล่า และชั่งถาดเปล่า+ตัวอย่าง
- บันทึกตัวแปรต่างๆ ทุกๆ 2 ชม.
- รวณผลิตภัณฑ์แห้ง แล้วนำตัวอย่างไปอบจนแห้ง และคำนวณหาค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ ณ เวลาต่างๆ
- ชั่งผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วทั้งหมด

จ. อบแห้งผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

การออกแบบการทดลอง

- กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ ค่าความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

- กำหนดจุดวัดอุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม
- กำหนดจุดตั้งตัวอย่าง เพื่อหาค่าความชื้น
- กำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ศึกษา
- กำหนดจำนวนครั้งที่ทดลอง
- กำหนดปริมาณไม้พินที่ใช้และเวลาในการเริ่มจุดพิน

การเตรียมอุปกรณ์

- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์
- Thermocouple
- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
- ตาชั่งละเอียดสำหรับชั่งตัวอย่าง
- ตาชั่งสำหรับชั่งตัวอย่างทั้งหมด
- ตาชั่งสำหรับชั่งไม้พิน
- ตู้อบไฟฟ้า

การทดลอง

- ชั่งผลิตภัณฑ์ทั้งหมด
- ชั่งถาดเปล่า และชั่งถาดเปล่า+ตัวอย่าง
- บันทึกตัวแปรต่างๆ ทุกๆ 2 ชม.

- รวจนผลิตภัณฑ์แห้ง แล้วนำตัวอย่างไปอบจนแห้ง และคำนวณหาค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ ณ เวลาต่างๆ
- ชั่งผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วทั้งหมด
- ชั่งไม้พินที่จะป้อนในเตา
- ป้อนไม้พินประมาณ 40-160 กก. เวลาประมาณ 16.00 น ของทุกวันที่ทำการอบด้วยความร้อนจากไม้พิน

ฉ. การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงรับรังสี

การออกแบบการทดลอง

- กำหนดรูปแบบแผงรับรังสีที่จะศึกษา
- กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา เช่น อุณหภูมิเข้า-ออก แผงรับรังสี ความเข้มจากแสงอาทิตย์ ความเร็วลม

ความชื้นสัมพัทธ์

- กำหนดจุดวัด อุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์
- กำหนดระยะเวลาการทดลอง

การเตรียมการทดลอง

- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์
- Thermocouple
- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
- พัดลมดูดอากาศ

การทดลอง

- เปิดพัดลมและวัดความเร็วลม
- บันทึกค่าตัวแปรต่างๆ
- ทำการทดลองซ้ำ

การวิเคราะห์ผล

- ให้แสดงผลในรูปกราฟหรือตารางที่เหมาะสม
- อธิบายและวิจารณ์ผลการทดลองในแต่ละหัวข้อโดยอ้างอิงตามทฤษฎีและความรู้ที่มี
- สรุปผลการทดลองแต่ละการทดลองและทำการเปรียบเทียบผล(ถ้ามี)

ประชุมกลุ่มย่อย

เพื่อวิจารณ์ผล และหาแนวทางแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นและเสนอแนะการปรับปรุงการทดลองทุกครั้งที่ทดลองเสร็จ หากเกิดปัญหาจะได้แก้ไขได้ทันที

การเขียนรายงาน

ควรเขียนรายงานควบคู่ไปกับการปฏิบัติ ไม่รอเขียนหลังการทดลองเสร็จสิ้นเนื่องจากจะทำให้เสียเวลา และลืมผลการทดลอง เขียนเขียนส่วนที่เขียนได้ก่อน เช่น บทนำ ทฤษฎีและวิธีการทดลอง ส่วนผลการทดลองให้เขียนในรูปแบบรายงานทุกครั้งที่ทำเสร็จ

- กลุ่มวิจัยพลังงานลม

แนวทางการทำวิจัยของกลุ่มพลังงานลม

การทำวิจัยของกลุ่มพลังงานลมจะมุ่งเน้นการทดลอง ทดสอบกังหันลมขนาดเล็กอย่างง่าย โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทดสอบกังหันลมชนิดแกนตั้ง และกลุ่มที่ทดสอบกังหันลมชนิดแกนนอน เมื่อผู้ทำวิจัยได้ศึกษาพื้นฐาน สรรวเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือรูปแบบการนำพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้ว ให้คิดวางแผนการทดลอง เพื่อทดสอบการทำงานของกังหันลม รวมถึงการคิดหัวข้อกรณีศึกษาหรือโครงการขนาดเล็ก เช่น การประดิษฐ์เครื่องมือวัดความเร็วลมอย่างง่าย เป็นต้น (หัวข้อกรณีศึกษา ขึ้นอยู่กับการระดมความคิดของสมาชิกแต่ละกลุ่ม)

ตารางกิจกรรมและระยะเวลาทำวิจัย เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการวางแผนการวิจัยของครูกลุ่มพลังงาน

ลม

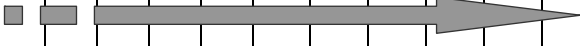
กิจกรรม (ตัวอย่าง)	ลำดับวันที่ทำวิจัย (ไม่รวมวันที่นำเสนอผลงานและวันที่มีกิจกรรมบรรยายของโครงการครูวิจัย)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. การศึกษาความรู้พื้นฐาน การสำรวจข้อมูลวิจัย การออกแบบการทดลอง/ ระดมความคิด กรณีศึกษาหรือโครงการ																		
2. ทดลอง ศึกษา ทดสอบการทำงานของกังหันลมอย่างง่าย																		
3. ดำเนินการกรณีศึกษาหรือ โครงการ (สร้าง/ ประดิษฐ์)																		
4. ทดลองกรณีศึกษา เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล																		
5. สรุปผล ทำรายงานผลงานเพื่อนำเสนอ																		

- กลุ่มวิจัยไบโอดีเซล

ในการฝึกทำวิจัยด้านไบโอดีเซล จะกำหนดให้ครูทำวิจัยเรื่องละ 2 คน ดังนั้นครูแต่ละคู่ จะต้องกำหนดเครื่องมือในการทำวิจัยกันเอง พร้อมทั้งชนิดของวัตถุดิบ ตัวแปรที่แต่ละคู่จะต้องทดลอง วางแผนการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และแปลผล

ในช่วงแรก กำหนดให้แต่ละคนศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เขียนรายละเอียดข้อเสนอโครงการ จากนั้นครูจะได้รับการฝึกอบรมกระบวนการ การใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ตาราง กิจกรรมและแผนการทำงาน

กิจกรรม	ลำดับวันที่ทำวิจัย (ไม่รวมวันที่นำเสนอผลงานและวันที่มีกิจกรรมบรรยายของโครงการครูวิจัย)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. การศึกษาความรู้พื้นฐาน การสำรวจข้อมูลวิจัย การทดลองขั้นต้น																		
2. การออกแบบการทดลอง การฝึกการใช้เครื่องมือทดสอบ การฝึกปฏิบัติ																		
3. ลงมือทำวิจัย พร้อมทั้งเก็บข้อมูล																		
4. การวิเคราะห์ผลสรุปผล ทำรายงาน ทำผลงานเพื่อนำเสนอ																		

ตาราง กิจกรรมและสถานที่

รายละเอียด	สถานที่/ห้องปฏิบัติการ	วัน/เวลา	หมายเหตุ
การสืบค้นข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัย	- ภายในภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลภายในห้องบรรยาย หรือลานอาคารวิศวกรรม	ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย	- สำหรับท่านที่มี laptop สามารถนำมาใช้สืบค้นข้อมูลทาง internet โดยใช้ เครือข่าย wireless lan ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ - สำหรับท่านที่ไม่มี laptop สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องในภาควิชาฯ หรือที่อาคารปฏิบัติการวิจัยได้ (1-2 เครื่อง)

รายละเอียด	สถานที่/ห้องปฏิบัติการ	วัน/เวลา	หมายเหตุ
การฝึกอบรม	- Shop ปฏิบัติการ วิศวกรรมเครื่องกล (ใน ภาควิชาฯ) - ห้องเรียนภาควิชา (ห้อง C)	5-26 เม.ย. 53 8:30-16:30 น.	หากเวลาในการทำวิจัยไม่พอ สามารถทำวิจัยเพิ่มนอกเหนือจาก เวลาปกติ
อุปกรณ์/เครื่องมือ วัสดุ สำหรับการวิจัย	- ห้องเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ (ผู้ดูแลห้อง : คุณสุมาต ร ฟอง เกิด) - ห้องเครื่องมือช่าง (ผู้ดูแลห้อง : คุณวินิจ จัน ทกานต์) - วัสดุบางอย่าง ครูผู้วิจัยและ อาจารย์พี่เลี้ยงช่วยกันจัดหา	5-26 เม.ย. 53 9:00-16:00 น. (วันราชการ)	<u>วัสดุ</u> วัตถุดิบ อาทิเช่น น้ำมัน สารเคมี ติดต่อบริษัทผู้ผลิต หรือผู้ช่วย วิจัย
การบรรยายพื้นฐาน เกี่ยวกับไบโอดีเซล	- ห้องเรียนภายในภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล (ME 110C)	กำหนดเวลา ภายหลัง	รศ.กำพล ประทีปชัยกุล นายสุรัชย์ จันทร์ศรี
การประชุมกลุ่ม (เพื่อ ติดตาม ให้คำปรึกษา การทำวิจัย)	- ลานด้านหน้าห้องปฏิบัติการ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล หรือ - ห้อง ME 110C	ทุกวันเช้าวัน พุธ 9:00 – 10:30 น. (หรือวันอื่นๆที่ ต้องการ คำปรึกษา ใน แต่ละกรณี)	รศ.กำพล ประทีปชัยกุล นายสุรัชย์ จันทร์ศรี
นักศึกษาปริญญาเอก (ผู้ช่วยสนับสนุนการ วิจัย)	- Shop ปฏิบัติการ วิศวกรรมเครื่องกล (ใน ภาควิชาฯ)	ตลอด ระยะเวลาการ ทำวิจัย	นายสุรัชย์ จันทร์ศรี

- กลุ่มวิจัยก๊าซชีวภาพ

เมื่อผู้ทำวิจัยได้ศึกษาพื้นฐาน สำนวณเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือวิธีการผลิตไบโอแก๊สที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ผู้วิจัยจะต้องสรุป ผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยประเมินจากการวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ความรู้ และความเข้าใจ ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับสถานศึกษาหรือท้องถิ่นของครูผู้วิจัย โดยนำความรู้ไปต่อยอด หรือนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการเรียนการสอน

อย่างไรก็ตามการดำเนินการทดลองเป็นการทดลองการหมักวัสดุเศษเหลือแบบไร้อากาศ เพื่อผลิตไบโอแก๊ส จะอยู่ภายใต้คำแนะนำให้คำปรึกษาของอาจารย์พี่เลี้ยงและผู้ช่วย ทั้งนี้ เนื่องจากระยะเวลาในการทำวิจัยค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงควรวางแผนการทำการกิจกรรมวิจัยให้สอดคล้องกับระยะเวลา

ตาราง กิจกรรม

กิจกรรม (ตัวอย่าง)	วันที่ทำวิจัย ** (เมษายน 2553)														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1. การศึกษาความรู้พื้นฐาน การสำรวจข้อมูลวิจัย การทดลองขั้นต้น															
2. การออกแบบวิธีการทดลอง วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ															
3. ดำเนินการวิจัยโดยทดลองห่มักไร้อากาศของแต่ละกลุ่มวิจัย															
4. รายงานความก้าวหน้า															
5. การวิเคราะห์ผลสรุปผล ทำรายงาน ทำผลงานเพื่อนำเสนอ															
6. ส่งตัวผู้วิจัยกลับภูมิลำเนา															

**ไม่รวมวันที่นำเสนอผลงานและวันที่มีกิจกรรมบรรยายของโครงการครูวิจัย)

ตาราง รายละเอียดสถานที่ศึกษา วิจัย และวัน เวลา

รายละเอียด	สถานที่/ห้องปฏิบัติการ	หมายเหตุ
การสืบค้นข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัย (ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย)	- ภายในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลภายในห้องบรรยาย หรือลานอาคารวิศวกรรม	- สำหรับท่านที่มี laptop สามารถนำมาใช้สืบค้นข้อมูลทาง internet โดยใช้ เครือข่าย wireless lan - สำหรับท่านที่ไม่มี laptop สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่อง ในภาควิชาฯ หรือที่อาคารปฏิบัติการวิจัยได้ (1-2 เครื่อง) (ซึ่งอาจไม่เพียงพอ และไม่ได้รับความสะดวกเนื่องจากส่วนใหญ่มักมีการใช้งานอยู่ประจำ)
การออกแบบการทดลองและเตรียมวัสดุสำหรับหมักแบบไร้อากาศ	- ห้องปฏิบัติ (LAB) การคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ห้อง E505B-E505C และ E605A-E605C - ห้องระบบชั้น B คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือ - ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	หากเวลาในการทำวิจัยไม่พอสามารถทำวิจัยเพิ่มนอกเหนือจากเวลาปกติ
อุปกรณ์/เครื่องมือ วัสดุ สำหรับการวิจัย	- เตาเผา - ตู้อบลมร้อน - ตู้ดูดควัน - ชุดอุปกรณ์ทำ SS (ปั๊มสุญญากาศ, ชุด Suction) - เครื่องชั่ง 2 และ 4 ตำแหน่ง - เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) - เตาย่อยและเตากลั่น TKN และแอมโมเนีย - Hot Plate - เตาย่อย COD - Touch Mixer	วัสดุ - ไบโพลัม, ทะลายปาล์ม, กากน้ำตาล, ไซเลสที่ทำจากไบโพลัมและทะลายปาล์ม, มูลสุกร - ถังพลาสติกขนาด 10×12 นิ้ว - ผืนผ้าใบ - มีดสับ - เครื่องปั่น (Blender) - กระป๋องพลาสติก - สายยางซิลิโคน - พาลาฟิล์ม - ถังเก็บก๊าซชีวภาพ - เข็มฉีดยา - อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับปฏิบัติการทางเคมี (Lab)

ตาราง (ต่อ)

รายละเอียด	สถานที่/ห้องปฏิบัติการ	หมายเหตุ
	- pH meter - เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) - อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซแบบแทนที่น้ำ วัสดุบางอย่าง ครูผู้วิจัย และพี่เลี้ยงช่วยกันจัดหา	- กระดาษกรอง GF/C - สารเคมีสำหรับทำ LAB พารามิเตอร์ต่างๆ
การประชุมกลุ่มไปโอก๊าซ (เพื่อติดตาม ให้คำปรึกษาการทำวิจัย)	- ห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีสีเขียว คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (E207)	ผศ.ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์
การบรรยายพื้นฐานเกี่ยวกับไปโอก๊าซ	- ห้องเรียนภายในภาควิชาวิศวกรรมโยธา (ME 110A)	ผศ.ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์
พี่เลี้ยง และนักศึกษาปริญญาโท ซึ่งเป็นผู้ช่วยดูแลการดำเนินการวิเคราะห์ระดับห้องปฏิบัติการ (ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย)	- ห้องปฏิบัติการ (LAB) ใน คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือ ห้องปฏิบัติการ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	นางสาวกัญญารัตน์ สฤษฏ์พงศ์ทิรช และนักศึกษาปริญญาโท

- กลุ่มวิจัยเชื้อเพลิงแข็งและก๊าซชีวมวล

การมีอาชีพเกษตรกรรม ทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้จำนวนมาก เช่น ช้างข้าวโพด กากถั่วเหลือง แกลบ เศษไม้ ใบปาล์ม กากปาล์ม ใบมะพร้าว และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีพลาสติกจากขยะ วัสดุเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่มีปัญหาในเรื่องการขนย้ายและความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการอัดขึ้นรูปเป็นแท่ง (Briquette) และเป็นเม็ด (Pellet) เพื่อลดปริมาตรและสะดวกในการนำไปใช้งาน มีงานวิจัยการทำเชื้อเพลิงแข็งมากมาย ซึ่งจัดแบ่งได้ 2 แนวทาง คือ การศึกษาเงื่อนไขในการขึ้นรูป และการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูป โดยใช้สมบัติของเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ความหนาแน่น ความทนทานต่อการตกกระแทก การทนทานต่อแรงกด เป็นต้น ในการอธิบายสิ่งที่เราต้องการ ในบางครั้งก็มีการแปรรูปเป็นถ่านก่อนนำมาอัดขึ้นรูป และสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยความหอมหรืออื่น ๆ

ก๊าซชีวมวล (Producer gas) เป็นก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการความร้อนในสภาวะจำกัดออกซิเจน ซึ่งเรียกว่า แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ได้ก๊าซชีวมวลที่ได้ประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเชื้อเพลิง งานวิจัยแก๊สซิฟิเคชันส่วนใหญ่ศึกษาเงื่อนไขการเกิดก๊าซชีวมวลจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวพันกับขนาดและชนิดของเตาก๊าซชีวมวล ซึ่งมี 3 ชนิด ได้แก่ แบบอากาศไหลลง (Downdraft) อากาศไหลขึ้น (Updraft) และแบบข้าม (Cross draft) ปัจจุบันมีการพัฒนาเตาก๊าซชีวมวลขนาดเล็กสำหรับใช้หุงต้มในครัวเรือน

สำหรับการฝึกทำวิจัยในกลุ่มเชื้อเพลิงแข็งและก๊าซชีวมวลครั้งนี้ มีครูสนใจทั้งหมด 9 คน แบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ เชื้อเพลิงแข็ง และก๊าซชีวมวล ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตาราง กิจกรรมและแผนการทำงาน

กิจกรรม	สถานที่	สัปดาห์			
		1	2	3	4
1. การออกแบบการทดลอง		X			
2. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 แนวทางการทำวิจัย	ห้องประชุมภาค	X			
3. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ผลการทดลอง	ห้องประชุมภาค		X		
4. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 ผลการทดลอง	ห้องประชุมภาค			X	
5. เขียนรายงาน					X

- กลุ่มวิจัยการอนุรักษ์พลังงาน

การทำวิจัยของกลุ่มอนุรักษ์พลังงาน จะมุ่งเน้นการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน แนวทางการประหยัดพลังงาน และการประเมินผลตอบแทนการลงทุน

เมื่อผู้ทำวิจัยได้ศึกษาพื้นฐาน สาระเอกสาร กฎหมายและตำราที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะต้องสำรวจอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้า ประเมินการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ วางมาตรการประหยัดพลังงาน โดยประเมินการลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน ภายในอาคารตัวอย่าง อีกทั้งจะต้องคิดหาแนวทางการวิจัยว่า หากต้องการทราบศักยภาพการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า จะต้องทดสอบ หรือทดลองเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆอย่างไรบ้าง

เพื่อให้ได้ความรู้จากการทำงานครั้งนี้ ผู้วิจัยจะต้องพยายามเชื่อมโยงกับความรู้พื้นฐานที่ได้ศึกษามา และการนำความรู้ไปต่อยอดหรือไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการเรียนการสอน หรือการทำวิจัยด้านนี้ในโรงเรียนต้นสังกัด หรือท้องถิ่นของครูผู้วิจัยแต่ละท่าน การวิจัย การสร้าง การทดลองและการทดสอบ จะอยู่ภายใต้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาของอาจารย์พี่เลี้ยงและผู้ช่วย ทั้งนี้ เนื่องจากระยะเวลาในการทำวิจัยค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงควรวางแผนการทำกิจกรรมวิจัยให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่มี

ตาราง กิจกรรมและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	สถานที่	สัปดาห์				
		1	2	3	4	5
1. การศึกษาความรู้พื้นฐาน การค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล การเขียนรายงานวิชาการ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	X				
2. ศึกษาการใช้พลังงานของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ วิธีการประเมินการใช้พลังงาน อัตราค่าไฟฟ้า ตารางสำรวจข้อมูล	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล		X			
3.สำรวจอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าในอาคารตัวอย่าง ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าในอุปกรณ์	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล			X		
4. ทดสอบการใช้พลังงานของอุปกรณ์ตัวอย่าง ผลของตัวแปรต่างๆ ต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล				X	
5. การวิเคราะห์ผล สรุปผล ทำรายงาน ทำผลงานเพื่อนำเสนอ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล					X

ตาราง เครื่องมือและอุปกรณ์

รายละเอียด	สถานที่/ ห้องปฏิบัติการ	วัน/เวลา	หมายเหตุ
การสืบค้นข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัย การประเมินการใช้พลังงาน อัตราค่าไฟฟ้า ตารางสำรวจข้อมูล	- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลภายในห้องบรรยาย หรือ ลานอาคารวิศวกรรม	ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย	- สำหรับท่านที่มี laptop สามารถนำมาใช้สืบค้นข้อมูลทาง internet โดยใช้ เครือข่าย wireless lan ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ - สำหรับท่านที่ไม่มี laptop สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องในภาควิชาฯ (1-2 เครื่อง) (ซึ่งอาจไม่เพียงพอ และไม่ได้รับความสะดวก เนื่องจากส่วนใหญ่มีการใช้งานอยู่ประจำ)
สำรวจอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าในอาคาร ตัวอย่าง ตรวจสอบวัดการใช้ไฟฟ้าในอุปกรณ์ ทดสอบการใช้พลังงานของอุปกรณ์ ตัวอย่าง	- อาคารวิจัยทางวิศวกรรมศาสตร์ - ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล - อาคารตัวอย่าง	13-24 เม.ย. 53 8:30-16:30 น.	หากเวลาในการทำวิจัยไม่พอสามารถทำวิจัยเพิ่มนอกเหนือจากเวลาปกติ
อุปกรณ์/เครื่องมือวัสดุ สำหรับการวิจัย	ห้องเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ (ผู้ดูแลห้อง : คุณสมมาตร พองเกิด) ห้องเครื่องมือช่าง (ผู้ดูแลห้อง : คุณวินิจ จันทกานต์) ศูนย์วิศวกรรมพลังงาน	5-26 เม.ย. 53 9:00-16:00 น. (วันราชการ)	เครื่องมือ - เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า - เครื่องวัดความส่องสว่าง - เครื่องวัดอุณหภูมิ - เครื่องวัดความชื้น - ตลับเมตร - อื่นๆที่จำเป็น โดยอาจารย์พีเลียง จะจัดเตรียมให้
การบรรยายพื้นฐานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน	ห้องประชุมภายในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	ตามกำหนดการ	ดร.นันทพันธ์ นภทรานันท์ นาย ชาญวิทย์ บัวศรี นาย พันศักดิ์ แซ่ก่า
การประชุมกลุ่มพลังงานลม (เพื่อติดตาม ให้คำปรึกษาการทำวิจัย)	ห้องประชุมภายในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	ทุกวัน จันทร์ พุธ และศุกร์ 9:00-10:00น.	ดร.นันทพันธ์ นภทรานันท์ นาย ชาญวิทย์ บัวศรี นาย พันศักดิ์ แซ่ก่า (หรือวันอื่นๆที่ต้องการคำปรึกษา ในแต่ละกรณี)

การเขียนสาระการเรียนรู้/แผนการสอน

โครงการครุวิจัย สกว. มีวัตถุประสงค์หลัก คือ การใช้กระบวนการวิจัยพัฒนาให้ครูเก่งขึ้นทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจและกระบวนการเรียนรู้ที่ผ่านการวิจัย โดยหวังว่าประโยชน์จะได้แก่นักเรียน ที่ได้เรียนจากบทเรียน อย่างสนุกสนานและเข้าใจจากการปฏิบัติจริง หัวใจของการเรียนรู้ของครูที่กำลังเล่นบทบาทของผู้เรียนอยู่ คือ การได้ลงมือทำด้วยตัวเอง

การที่ครูได้มีส่วนร่วมในการกำหนดวิธีการและสามารถสร้างความรู้ได้เอง จะเป็นการเรียนรู้ที่ครูสามารถ เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จึงได้คำขวัญของโครงการว่า “ จากครูผู้เสพมาเป็นครูผู้สร้างความรู้” และเพื่อให้การเรียนรู้ ของครูหยุดที่การเรียนรู้ของตัวเอง แต่มีเป้าหมายให้ครูได้นำประสบการณ์ที่ได้รับไปออกแบบเป็นกิจกรรมการ เรียนรู้ ที่มีรายละเอียดพอที่ครูคนอื่นจะสามารถนำไปใช้สอนได้ด้วย โดย สกว.อาจรวบรวมบทเรียนดีๆเผยแพร่ ต่อไป

รศ.สุชาติา ชินะจิตร อดีตผู้ช่วยผู้อำนวยการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เรียบเรียง คำแนะนำนี้ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้แนวทางในการคิดวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การทำเป็นกิจกรรมเรียนรู้หรือชุดการ เรียนรู้ ที่จะนำไปใช้สอนจริงได้โดยครูคนอื่นที่อาจจะไม่เคยผ่านประสบการณ์เช่นเดียวกันนี้ก็ได้

จึงขอความร่วมมือมายังครูทุกคน ลองปฏิบัติตามจนได้กิจกรรมการเรียนรู้แล้วส่งมาให้ดูพร้อมคำแนะนำว่า ควรปรับปรุงคำแนะนำอย่างไร เช่น ขั้นตอนนี้อาจมีรายละเอียดเพิ่มเติม สิ่งนี้อาจขาดหายไปหรือภาษาการสื่อสาร ที่ควรแก้ไข

คำแนะนำการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้จากประสบการณ์

ลำดับหัวข้อ เรื่องที่ทำ เช่น เครื่องดนตรี โดยตั้งคำถามว่าจะใช้เรื่องที่ทำและกระบวนการที่ได้นี้ไปเขียน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้หรือ ชุดการเรียนรู้ได้อย่างไร

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง อาจมี 2 ส่วน ส่วนที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับบริบทของท้องถิ่น เช่น ประวัติ ความเป็นมา ประเพณี วัฒนธรรม ความสำคัญหรือความหมาย อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง เช่น หลักการทางฟิสิกส์ของเสียง ทางเคมี ทางชีววิทยา สิ่งแวดล้อม

ลองวิเคราะห์ว่าครูได้อะไรจากเรื่องนี้และความรู้จะไปสนับสนุนบทเรียนอะไรได้บ้าง

2. อยากให้นักเรียนเรียนรู้อะไรจากความรู้นี้ ซึ่งมี 2 ส่วนสอดคล้องกับข้อ 1. นั่นคือการกำหนด วัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมทั้งประสบการณ์ใดที่อยากให้นักเรียนได้รับเพื่อเรียนรู้

3. ระดับชั้นและมาตรฐานสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง สิ่งที่ยากถ่ายทอดเกี่ยวข้องกับบทเรียน รายวิชาใด กลุ่มสาระใด

4. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อ เช่น

กิจกรรมที่ 1 เพื่อเรียนรู้ประวัติความเป็นมา บริบทของท้องถิ่น

ขั้นตอน ค้นหาความรู้จากแหล่งความรู้ : เอกสารประกอบคำสอน ห้องสมุด internet เก็บข้อมูลจากการ สัมภาษณ์ผู้รู้และชุมชน

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน หัวข้อการทดลองโครงการเปรียบเทียบ การทดลองใช้ตัวแปรต่างๆ การทดลองเพื่อได้ค่า ดัชนี ฯลฯ

วิธีการ ให้รายละเอียดที่ผู้เรียนสามารถทำตามได้

5. เอกสารชุดการเรียนรู้หรือกิจกรรมการเรียนรู้อาจประกอบด้วย

- 1) คู่มือครู แนะนำขั้นตอนวิธีการเตรียมความพร้อมของทั้งครูและนักเรียน อุปสรรคปัญหาที่อาจพบ เวลาที่ใช้ คำถามนำ แบบฟอร์มการเก็บข้อมูล (ควรให้นักเรียนคิดเองด้วย) คำแนะนำแหล่งค้น
- 2) เอกสารประกอบคำสอน อาจประมวลความรู้ที่ได้มาจากโครงการออกมาเป็นเล่ม
- 3) กิจกรรมปฏิบัติสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย การให้ความรู้เบื้องต้น ปูพื้นที่ไปค้นต่อ
 - วิธีการทดลอง บอกขั้นตอนการปฏิบัติ
 - วิธีเก็บข้อมูล ให้สามารถทำตามอย่างถูกวิธี
 - รายงาน
 - คำถามท้ายบท

หมายเหตุ ความรู้ส่วนที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์อาจไม่ได้จากโครงการครูวิจัย นอกจากไปเพิ่มเติมภายหลัง เมื่อกลับจากศูนย์พี่เลี้ยงแล้ว

ตัวอย่าง

โครงการเกี่ยวกับเครื่องดนตรี

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ – ประวัติความเป็นมาวิธีสร้าง วิธีใช้ ประเพณีวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้อง การบรรเลงเพลงที่ใช้บรรเลง สิ่งที่ได้จากภูมิปัญญา วิธีถ่ายทอด

ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ – กำเนิดเสียง คลื่นเสียง คุณภาพเสียง วิธีวัด

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ – เพื่อเรียนรู้ประวัติ ความเป็นมา ประเพณีวัฒนธรรม ฯลฯ

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ – หลักการทางฟิสิกส์ของเสียง : เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร วิธีวัดคลื่นเสียง ความแตกต่าง

ของระดับเสียงเกิดจากอะไร

3. ช่วงชั้นและมาตรฐานสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกรณีนี้

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

2.1 ค้นหาความรู้จากแหล่งความรู้ – เอกสารประกอบคำสอนห้องสมุด internet เก็บข้อมูล จากการสัมภาษณ์ผู้รู้และชุมชน – ออกแบบวิธีการและแบบเก็บข้อมูล ประมวล วิเคราะห์ อภิปราย

2.2 ทดลองเปรียบเทียบคลื่นเสียงของเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ หรือชนิดเดียวกันจากแหล่งต่างๆ หรือกับเครื่องดนตรีที่ไพเราะที่สุดในความเห็นของภูมิปัญญา

ทดลองเปรียบเทียบคลื่นเสียงเมื่อใช้วัสดุต่างชนิด ใช้วิธีการ (ดีด สี ตี เป่า) ต่างกัน

ทดลองเปรียบเทียบระดับเสียง

วิธีทดลอง – รายละเอียดเป็นขั้นตอนของแต่ละการทดลอง

อภิปรายผลและสรุป ผลจากการทดลอง ความแตกต่างกันของคลื่นเสียงขึ้นกับปัจจัยอะไร อย่างไร

โครงการที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

- ส่วนที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ – บริบทของพื้นที่นั้นๆ ด้านกายภาพ สังคมวัฒนธรรม ตำนานเรื่องเล่า วิธีการของภูมิปัญญา ความหมายและความสำคัญ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมโทรม และการอนุรักษ์ มาตรฐานสิ่งแวดล้อม กฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ – อะไรคือดัชนีชี้วัดคุณภาพของดิน น้ำ ป่า ความหลากหลายทางชีวภาพ ความหมายของดัชนีแต่ละตัว วิธีวัด (หลักการหรือทฤษฎีที่ใช้)

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

- 2.1 วัดดูประสงค์การเรียนรู้ เพื่อรู้จักท้องถิ่นของตนเองอย่างเชื่อมโยงระหว่างธรรมชาติกับชุมชน (สังคม)
- 2.2 วัดดูประสงค์การเรียนรู้ – ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม (เช่น น้ำ)
 - ดัชนีคุณภาพ

3. ช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกรณีนี้ เช่น

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

- 2.1 ค้นหาความรู้จากแหล่งความรู้ที่เป็นสากลและในบริบทของท้องถิ่น – เอกสารประกอบคำสอน ห้องสมุด internet เก็บข้อมูลจากการสำรวจ การสัมภาษณ์ชุมชน ประมวล วิเคราะห์ อภิปราย
- 2.2 สำรวจบริเวณโดยรอบของประเด็นที่ศึกษา เช่น ถ้าทำเรื่องคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ก. ก็สำรวจเส้นทางของสายน้ำว่า 2 ข้างทาง มีลักษณะอย่างไร ที่จะมีผลต่อ การใช้และคุณภาพน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำ – ขั้นตอนรายละเอียด วิเคราะห์คุณภาพน้ำ – ขั้นตอนรายละเอียด อภิปรายและสรุปผล จากข้อมูลที่วัดได้แปลความหมายเป็นดัชนีคุณภาพน้ำได้อย่างไร และเชื่อมโยงกับสภาพที่สำรวจได้หรือไม่อย่างไร

โครงการเกี่ยวกับสีย้อม

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ บริบทของชุมชน ภูมิปัญญา กระบวนการย้อมและสีที่ใช้ดั้งเดิม
ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ สีธรรมชาติ สีสังเคราะห์ กระบวนการย้อมสีผ้า
คำอธิบายแต่ละขั้นตอนว่า ประกอบด้วย อะไร ทำไมต้องทำ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น การติดสีเกิดได้อย่างไร

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

- 2.1 วัดดูประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเรียนรู้กระบวนการย้อมจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และ ความสำคัญของผ้าย้อมต่อชุมชน
- 2.2 วัดดูประสงค์การเรียนรู้
เคมีของสีย้อมและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ในการย้อมสี

3. ช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกรณีนี้ เช่น

สาระที่ 2 มาตรฐาน ว 2.2

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

4.1 ค้นหาความรู้จากแหล่งเอกสาร และภูมิปัญญา

4.2 การทดลองย้อมสีผ้าด้วยสีสังเคราะห์เกี่ยวกับสัณฐานชาติที่ใช้

ขั้นตอนการย้อม

ปรับเปลี่ยนตัวแปร เช่น เปลี่ยน mordant เปลี่ยนภาวะความเป็นกรด-ด่าง เปลี่ยนอุณหภูมิ หรือระยะเวลา

ทดสอบความคงทนของสีภายใต้สภาวะต่างๆ

ขั้นตอน การทดลอง และวัดความเข้มสี

4.3 อภิปราย สรุปผล

จากข้อมูลที่ทดลองได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการทางภูมิปัญญา มีคำอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ว่าอย่างไร

โครงการเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยง

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ พืชพรรณไม้ หรือสัตว์ของท้องถิ่นที่ศึกษามีส่วนสำคัญต่อชีวิตความ

เป็นอยู่ อาชีพอย่างไร ภูมิปัญญาที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ –การจัดกลุ่มทางสัณฐานวิทยา อาหารและการ

เจริญเติบโต ระบบนิเวศที่พบ

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ – ให้รู้จักพืช – สัตว์ประจำถิ่น ความสัมพันธ์กับระบบนิเวศชุมชน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ – เพื่อเรียนรู้ชีวิตวิทยาของ ทางสัณฐานวิทยา วงจรชีวิต

สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย

3. ช่วงชั้นและมาตรฐานสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกรณีนี้

เช่น สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ม. 2.1,2.2

หรือ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

4.1 สืบค้นและเก็บข้อมูลทางกายภาพจากพื้นที่ รวมทั้งการเก็บข้อมูลจากชุมชน

4.2 การศึกษาวงจรชีวิตของแมลง โดยการนำมาเลี้ยง สังเกต เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงตาม ระยะเวลา

การศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของ (พืช)

เพาะเลี้ยงในแปลงทดลอง โดยใช้ตัวแปรต่างๆ

วัดอัตราการเจริญเติบโต (ใช้สถิติเบื้องต้น)

4.3 อภิปรายผล สภาพถิ่นที่อยู่เป็นอย่างไร การเจริญเติบโตขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง

โครงการเกี่ยวกับอาหาร

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ไม่ใช้วิทยาศาสตร์ ที่มาและความสำคัญของอาหารชนิดนั้นๆ ในท้องถิ่น เช่น อาชีพ

กระบวนการทางภูมิปัญญา

ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแปรรูปอาหารคืออะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร เช่น

กระบวนการหมัก องค์ประกอบหรือสารอาหารที่มีอยู่

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

2.1 วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ รู้จักอาหารประจำถิ่น ความสำคัญต่อชุมชน

2.2 วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการแปรรูปอาหาร ที่อธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

3. ช่วงชั้นและมาตรฐานสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับกรณีนี้

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

4.1 ค้นหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งจากชุมชน เช่น ที่มา ความสำคัญ ความเกี่ยวโยงกับขนบวัฒนธรรมประเพณี สูตรอาหาร กระบวนการทำอาหารนั้น

4.2 ทดลองทำอาหารนั้นโดยเปลี่ยนตัวแปรบางอย่าง เช่น ถ้าเป็นการหมัก ให้ทดลองส่วนผสมและสภาวะที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เก็บข้อมูลเป็นระยะ เทียบกับกระบวนการดั้งเดิม

4.3 อภิปรายผลและสรุป

จากผลการทดลองอภิปรายได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างไร อะไรคือปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น และเมื่อเทียบกับกระบวนการดั้งเดิมมีผลเหมือนหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

ตัวอย่างที่นำมาให้เพียงหลักการขั้นตอน ไม่สามารถเขียนรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้ สิ่งที่คุณครูจะเขียนเป็นรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ นั้น คือ ประสบการณ์ที่ได้ผ่านการปฏิบัติมาแล้วในโครงการ เพียงแต่เขียนให้อยู่ในรูปของกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติตามที่ละขั้นตอนเท่านั้น

การเขียนบทความวิจัย

การเขียนบทความจากงานวิจัยที่ทำหนึ่งเดือน เป็นการแสดงคุณค่าและความสามารถของนักวิจัยให้ผู้อื่นได้รับรู้ กล่าวคือ เมื่อได้อ่านบทความแล้วทราบว่า ผู้วิจัยได้ทำอะไรบ้าง เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่ได้

ครูวิจัยพลังงานทุกคนจะถูกมอบหมายให้เขียนบทความวิจัยเรื่องละ 1 บทความ ที่พิมพ์ด้วยกระดาษ A4 หน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า บทความวิจัยควรมีหัวข้อตามลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง/ชื่อผลงานวิจัย

ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

ชื่อ ตำแหน่ง ที่อยู่ผู้เขียน และคณะ

ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ กรณีที่ผู้เขียนมีสถาบันสังกัดเดียวกันให้แสดงที่อยู่ของสถาบันสังกัดเดียวกันและให้กำหนดหมายเลขแสดงที่ชื่อผู้เขียน/ผู้วิจัย กรณีต่างสถาบันสังกัดให้แยกบรรทัดแสดงซึ่งผู้เขียน/ผู้วิจัยไว้ที่เชิงอรรถ (footnote) ด้านล่างของเอกสารหน้าแรก

บทคัดย่อ	ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ (Abstract) ประกอบด้วยชื่อ วิทยาศาสตร์แบบเต็ม (ถ้ามี) อุปกรณ์และวิธีการ ผลการทดลอง หลักและสรุปประเด็นสำคัญ ความยาวไม่เกิน 5% ของเนื้อเรื่อง
คำสำคัญ	เป็นคำเฉพาะหรือคำศัพท์ที่แสดงสาระสำคัญของเอกสาร วิชาการ
คำนำ/บทนำ	แสดงความสำคัญของปัญหา และอาจรวมถึงวัตถุประสงค์ของ งานวิจัย
อุปกรณ์และวิธีการ	อธิบายเกี่ยวกับวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย หรือตัวแปร ที่ใช้ในการศึกษา และแสดงแผนการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล อย่างชัดเจน
ผลการศึกษา/ผลการทดลอง	แสดงผลตามหลักการและวัตถุประสงค์การทดลองวิจัย
วิจารณ์ผล	นำเสนอผลการทดลองที่มีสาระสำคัญวิเคราะห์วิจารณ์ เปรียบเทียบกับการค้นพบ หรือการทดลองที่ได้มีการเสนอ ผลงานหรือหลักวิชาการไว้ก่อน
สรุปผล	สรุปประเด็นหลักจากการแปรผลการทดลอง
การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	แนวทางการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ค้นพบจากการวิจัย เพื่อ พัฒนาการเรียนการสอนและการเชื่อมโยงเข้าสู่ชุมชนหรือ ท้องถิ่น - บทความแบบที่ 1 การถ่ายทอดเป็นบทเรียนสำหรับการเรียน การสอนที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ ที่เชื่อมโยง กับสาระการเรียนรู้ และการออกแบบกิจกรรมความ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับครู - บทความแบบที่ 2 เป็นผลการวิจัยในห้องเรียนที่ได้ทำการ ทดลองสอนจริง มีข้อมูลวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพของการเรียนการสอน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน ตัวผู้เรียน
กิตติกรรมประกาศ	สำหรับผู้ช่วยเหลือนงานวิจัยหรือการเตรียมเอกสาร แต่ไม่ได้เป็น ผู้ร่วมงานวิจัย
เอกสารอ้างอิง	เขียนตามวิธีธรรมเนียมปฏิบัติ
ตารางและภาพ	ควรมีหมายเลข เช่น ตารางที่ 1, ตารางที่ 2...หรือ ภาพที่ 1, ภาพที่ 2

ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับการเขียนบทความวิจัย

1. การเขียนควรใช้ภาษาที่ง่าย มีเนื้อหาสาระที่สั้นรัดกุมและชัดเจน
2. การอ้างอิงในเรื่องให้ใช้ระบบชื่อ-ปี เช่น สมสมัย(2007) หรือ (สมสมัย,2007) ถ้า 2 คน ให้ใช้และระหว่างชื่อ เช่น สมสมัยและวิจิตร (2007) หรือ (สมสมัยและวิจิตร, 2007) กรณี 3 คนขึ้นไปให้ใช้ชื่อคนแรก ตามด้วย และคณะ เช่น สมสมัยและคณะ (2007) หรือ (สมสมัยและคณะ, 2007) Smith et al. (2007) หรือ (Smith et al., 2007)

3. เอกสารอ้างอิง ให้เขียนดังนี้ (อ้างอิงในเนื้อเรื่อง) และบรรณานุกรม (ใช้ประกอบการเขียนไม่ได้อ้างอิงโดยตรงในเนื้อเรื่อง) ให้เขียนดังนี้

- เรียงลำดับภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ
- เรียงลำดับตามตัวอักษรและสระ และตามจำนวนผู้เขียน กรณีผู้เขียนคนเดียวกันให้เรียง

ตามปี

- ให้ใช้รูปแบบดังนี้

- วารสาร

ผู้เขียน. ปี. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร ปีที่ (ฉบับที่) หน้า – หน้า.

เจตน์ เจริญโท. การท่องเที่ยวเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมไทย ทำอย่างไรจึงจะยั่งยืน.

นิตยสารโลกสีเขียว 2, 4(2536): 6-20.

Dunean, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometric 11: 1-42.

- ตำราหรือหนังสือที่ออกมีเป็นวาระ

- ชื่อผู้เขียน. ปี. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์หรือหน่วยงานที่พิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

สุภาพพรรณ ณ บางช้าง. ขนบธรรมเนียมประเพณี. กรุงเทพมหานคร : สถาบันไทยศึกษา

จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2535.

Price, P.W. 1975. Insect Ecology. John Wiley & Sons, New York.

- วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียน. ปี. ชื่อวิทยานิพนธ์. ชื่อมหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ โตจิกกล้า. 2548. อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลง

โครงสร้างภายในของหญ้าคาลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Sirvanne, W.1999. Yield from irrigated pastures in the Burdekin. M.s. thesis,

Kasetsart University.

การส่งต้นฉบับ

ให้พิมพ์เอกสารต้นฉบับด้วยตัวอักษร Cordia UPC ขนาดอักษร 14 ทั้งหมด โดยให้มีหมายเลขกำกับทุกหน้า

ผลสำรวจความพึงพอใจของครูในศูนย์ครูวิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (47 คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	19	40.4
หญิง	28	59.6
2. อายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	17	36.2
31 – 35 ปี	14	29.8
36 – 40 ปี	5	10.6
41 ปีขึ้นไป	11	23.4
3. การศึกษาขั้นสูงสุด		
ปริญญาตรี	24	51.1
ปริญญาโท	22	46.8
ปริญญาเอก	1	2.1
อื่นๆ	0	0
4. สาขาที่จบ		
วิทยาศาสตร์	27	57.4
สังคม	3	6.4
อื่นๆ	17	36.2
5. ประสบการณ์การสอน		
1-5 ปี	18	38.3
6-10 ปี	9	19.1
11-20 ปี	12	25.54
21 ปีขึ้นไป	8	17.0
6. โรงเรียนที่สอน		
ภาคเหนือ	9	19.1
ภาคอีสาน	11	23.4
ภาคกลาง	3	6.4
ภาคตะวันออก	5	10.6
ภาคใต้	19	40.4

ข้อมูลความพึงพอใจของครูผู้เข้าฝึกอบรม ต่อศูนย์พี่เลี้ยง

เกณฑ์การประเมิน 5 ระดับใช้การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00	แปลความว่า	ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50	แปลความว่า	ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50	แปลความว่า	ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50	แปลความว่า	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50	แปลความว่า	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยมาก

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของครูผู้เข้าฝึกอบรม ต่อศูนย์พี่เลี้ยง

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน	แปลผล
ด้านเนื้อหาและความรู้		
1. ความรู้ที่ได้รับถ่ายทอดจากพี่เลี้ยง	4.32	ดี
2. ความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติวิจัย	4.62	ดีมาก
3. ได้แนวทางการนำความรู้ไปปรับใช้ในการสอน	4.15	ดี
4. ได้ประสบการณ์อื่น เช่น ได้เพื่อน, ได้เรียนรู้วัฒนธรรม, ได้เที่ยว และอื่น ๆ	4.62	ดีมาก
ด้านวิธีการ/กระบวนการฝึกทำวิจัย		
5. รูปแบบการฝึกทำวิจัย ของศูนย์พี่เลี้ยง	4.26	ดี
6. ระยะเวลาในการฝึกทำวิจัย	3.89	ดี
7. กิจกรรมทัศนศึกษา	4.13	ดี
8. การเขียนข้อเสนอโครงการ	4.13	ดี
9. การเขียนเรื่องเล่า	4.11	ดี
10. การนำเสนอรายงานความก้าวหน้า	4.20	ดี
11. การลงมือปฏิบัติ/ทดลอง	4.64	ดีมาก
12. การเขียนรายงาน	4.28	ดี
13. การสื่อสารกับศูนย์พี่เลี้ยง	4.21	ดี
14. ความสนุก/ความประทับใจ ต่อศูนย์พี่เลี้ยง	4.47	ดี
ด้านผู้สอนและพี่เลี้ยง		
15. ความสามารถ ในการจัดการเรียนการสอน ของพี่เลี้ยงประจำกลุ่ม	4.48	ดี
16. การมีเวลาให้และการให้ความช่วยเหลือ ของพี่เลี้ยงประจำกลุ่ม	4.60	ดีมาก
ด้านเครื่องมือ,อุปกรณ์ และสถานที่		
17. ความพร้อมของวัสดุ และเครื่องมือ ที่ใช้ทดลอง	4.47	ดี
18. ความพร้อมสำหรับการค้นคว้า เช่น มี Internet มีห้องสมุด มีหนังสือ และอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการทำวิจัย	4.68	ดีมาก
19. ความพร้อมของสถานที่พัก เช่น ความสะอาด ความปลอดภัย	4.55	ดีมาก
20. ความพร้อมในด้านอาหารการกิน	4.26	ดี

ตอนที่ 3 ข้อมูลทั่วไป ที่มีต่อโครงการครุวิจัย สกว.

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อโครงการครุวิจัย

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน	แปลผล
1. การสื่อสารกับโครงการครุวิจัย สกว. ที่ E-mail (kruvijai.trf@gmail.com) และ Facebook	4.09	ดี
2. ความเข้าใจกระบวนการวิจัย หลังจากผ่านประสบการณ์ฝึก ทำวิจัยครั้งนี้	4.11	ดี
3. ความประทับใจโดยรวม ต่อโครงการครุวิจัย สกว.	4.61	ดีมาก

กระบวนการจัดการเรียนรู้ศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน (Energy Technology Research Center) เป็นหน่วยงานสังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นการรวมกลุ่มของนักวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ ที่มีความสนใจจะถ่ายทอดความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมพลังงาน และการจัดการผ่านกระบวนการทำวิจัยกับพี่เลี้ยง ที่เป็นนักวิจัยจากสาขาต่าง ๆ ทั้งในด้านพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ไบโอดีเซล ก๊าซชีวภาพ อนุรักษ์พลังงาน เชื้อเพลิงแข็งและชีวมวล เป็นต้น

ศูนย์พี่เลี้ยงด้านวิจัยพลังงาน จึงมีความพร้อมทั้งด้านบุคลากร สถานที่ และที่พัก ในการฝึกทักษะการวิจัยด้านพลังงานให้แก่ครูทั่วประเทศ นอกจากนี้ยังมีแหล่งเรียนรู้เทคโนโลยี การวิจัยปฏิบัติการเรียนรู้ของงานวิจัยชุมชนที่ถ้ำบ่อเจ็ดลูก ซึ่งอยู่ไม่ไกลจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติอีกมากมาย

ทั้งนี้ศูนย์พี่เลี้ยงด้านวิจัยพลังงาน จะมีความหลากหลายของครูที่มาเข้าร่วมการอบรมมากกว่าศูนย์อื่น เพราะทางศูนย์พี่เลี้ยงได้ขยายโอกาสในการเข้าร่วมโครงการครูวิจัยให้กับครูในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคใต้ ได้แก่ สงขลา พัทลุง นครศรีธรรมราช สตูลและตรัง จึงเปิดรับครูเข้าร่วมโครงการอีก 30 คนต่อรุ่น ทำให้มีครูที่เข้าร่วมโครงการครูวิจัยในศูนย์พี่เลี้ยงด้านพลังงาน รวมทั้งสิ้น 60 คนต่อรุ่น ซึ่งทำให้ครูที่อยู่ในพื้นที่ (ภาคใต้) ได้ทำหน้าที่เจ้าบ้านที่ดีในการต้อนรับ คอยดูแล แนะนำสถานที่ต่าง ๆ ให้กับครูที่มาจากภาคอื่นๆ ทำให้บรรยากาศการวิจัยมีความหลากหลายขึ้น

กระบวนการจัดการเรียนรู้ของศูนย์ในช่วงสองสัปดาห์แรกเน้นไปที่ การเรียนรู้ทฤษฎีจากพี่เลี้ยงกลุ่มและการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ภายในพื้นที่ โดยการจัดทัศนศึกษาพาครูไปเรียนรู้วิถีชีวิตชาวบ้าน เพื่อให้ครูได้เห็นตัวอย่างการสร้างคุณค่าทรัพยากรในท้องถิ่น เรียนรู้งานวิจัยระดับชาวบ้าน เพื่อให้ครูเห็นตัวอย่างการใช้กระบวนการวิจัยในการแก้ปัญหาให้กับชุมชน รวมทั้งครูยังได้เรียนรู้วัฒนธรรมที่แตกต่างในแต่ละพื้นที่อีกด้วย ศูนย์พี่เลี้ยงเลือกจัดกิจกรรมให้ครูในช่วงแรกของการเข้าอบรม เพราะเป็นช่วงที่ครูกำลังปรับตัวในการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ครูยังไม่มีภาระงานมากนัก จึงเหมาะแก่เปิดโลกทรรศน์ให้ครูให้กว้างขึ้นด้วยกิจกรรมดังกล่าว หลังจากกระบวนการเรียนรู้นอกพื้นที่แล้ว กระบวนการลงมือปฏิบัติก็จะได้รับการดูแล ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดจากพี่เลี้ยงประจำกลุ่ม ซึ่งทำให้พี่เลี้ยงได้รู้จักครู ทราบพื้นฐานของครูแต่ละคนมากขึ้น นำไปสู่การปรับกระบวนการคิดและพฤติกรรมเพื่อการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มของคุณครู นอกจากนั้นทางศูนย์ได้วางแผนให้มีการรายงานผลความก้าวหน้าโครงการของครูทุกสัปดาห์จำนวนทั้งสิ้น 3 ครั้ง ซึ่งมีการแจ้งไว้ในคู่มือศูนย์พี่เลี้ยง ทำให้ครูทราบกำหนดการล่วงหน้าชัดเจนว่า ช่วงไหนครูต้องทำอะไรบ้าง พี่เลี้ยงก็ต้องทำตามงานจากคุณครู เป็นการฝึกวินัยในตัวครูอีกทางหนึ่ง รวมทั้งการรายงานผลการวิจัยเป็นระยะ มีผลดีให้ครูได้รับข้อเสนอแนะจากพี่เลี้ยงและเพื่อนครูคนอื่นด้วย เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในกลุ่มใหญ่ กิจกรรมการรายงานผลวิจัยจึงเป็นกิจกรรมที่ครูจะได้ประชุมแลกเปลี่ยนความรู้กับกลุ่มอื่นๆ นอกจากนี้ในส่วนของแต่ละกลุ่มพี่เลี้ยงจะคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ เป็น “พี่เลี้ยง” แต่ไม่ใช่ “ผู้ช่วย” เพราะหากพี่เลี้ยงเป็นผู้ช่วยครู เมื่อครูจบการอบรมไปแล้วครูก็จะไม่ได้เกิดการเรียนรู้ใดๆขึ้นเลย เพราะตอนอบรมมีพี่เลี้ยงช่วยเหลือ แต่หากให้ครูได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง และขอคำแนะนำ ชี้แนะจากพี่เลี้ยง กระบวนการเรียนรู้ก็จะฝังติดกับตัวครู สามารถนำไปถ่ายทอดสู่เด็กนักเรียนได้

แม้ว่าครูจะมุ่งหวังในการมาอบรมที่แตกต่างกันไป แต่กระบวนการเรียนรู้ที่ทางศูนย์ได้จัดขึ้นนั้นมุ่งหวังให้ครูได้ฝึกทักษะด้านพลังงาน และที่สำคัญกระบวนการวิจัย ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ สร้างปัญญาให้กับครู

หากครูมีความเข้าใจในทฤษฎีและการปฏิบัติอย่างถูกต้องก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีคุณค่าต่อนักเรียนและการศึกษา

ข้อเสนอแนะ

การฝึกครูในช่วงระยะเวลาหนึ่งเดือน ได้ทำให้ครูมีความเข้าใจในกระบวนการวิจัย แต่เมื่อกลับไปโรงเรียนแล้ว ไม่ได้ทำต่อ หรือไม่มีการกระตุ้นให้ทำวิจัยต่อ ก็จะทำให้ครูเหล่านี้สูญเสียดุลยภาพไปอย่างน่าเสียดาย จึงเสนอแนะให้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยจัดสรรทุนสนับสนุนให้ครูเหล่านี้ได้ทำวิจัยต่อ หากไม่ได้รับทุนสนับสนุนจากแหล่งอื่น

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่

ภาคผนวก ก
บทความวิจัย

ประสิทธิภาพการอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

Dried mango with the performance of the solar oven

กฤตินันท์ สอวิทย์¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการแห้งตัวของมะม่วงโดยการอบแห้งด้วยตู้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพของตู้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบมะม่วง โดยเปรียบเทียบกับการตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ ใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 19890.2 kJ/m^2 อุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 42.91°C และอุณหภูมิภายนอกตู้อบเฉลี่ย 36.4°C มะม่วงที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราการแห้งตัวเร็วกว่ามะม่วง ที่ตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติโดยมวลเริ่มแรกที่เร็วกว่าประมาณ 3 ชั่วโมง และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของมะม่วงที่อบภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 10.52% ฐานแห้ง มะม่วงที่ตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย เท่ากับ 9.62% ฐานแห้ง ซึ่งภายในตู้อบแห้งมีค่ามากกว่าภายนอกตู้อบแห้ง 1.0 % ทั้งนี้เนื่องจากตู้อบแห้งมีช่องระบายความชื้นไม่เพียงพอเมื่อความชื้นจากมะม่วงออกสู่อากาศภายในตู้จนถึงระยะการอบแห้งระยะที่ 3 อากาศภายในตู้อบจึงสามารถรับไอน้ำจากมะม่วงได้น้อยลง

คำสำคัญ การอบแห้ง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research is and a experiment with dried mango solar oven. Aims to study the rate of drying of mangoes by drying with a solar oven. And performance of a solar oven for baking mango By comparison with the natural drying method. Drying time of 9 hours. The results showed that Light intensity is equal to 19890.2 kJ/m^2 . Temperature inside the solar oven 42.91°C and the average temperature outside the oven averaged 36.4°C . Mangle oven baked with solar drying rate faster than the dried mango natural way. The mass will begin at approximately 3 hours ahead. And the percentage of moisture last mango oven baked in solar were 10.52% db. Dried mango with a natural way. The final moisture percentage was 9.62%db. Within a drying cabinet is greater than 1.0% outside the drying cabinet. Because the oven dry moisture drainage channels are not enough P.Yong, when moisture from the air within cabinet mango. Drying period until the third stage air oven so I can get less water from the mango.

1. บทนำ

มะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่มีจำนวนมากชนิดหนึ่งมีทุกจังหวัดของไทย มะม่วงเขียวเสวยในฤดูที่ผลิติดอกมาและมีจำนวนมาก ทำให้เกิดความต้องการของผู้บริโภค ราคาต่ำ ทำให้เกิดสภาวะล้นตลาดเมื่อบริโภคไม่หมดทำให้เกิดการสูญเสีย การนำไปแปรรูปสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะใหม่เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต จึงได้มีการศึกษา

¹ครู, โรงเรียนบ้านโคกสนวน ต.โคกสนวน อ.ขานี จ.บุรีรัมย์

¹Teacher, Ban Khok Sanuan School, Khok Sanuan District, Buriram

และนำพลังงานที่ได้จากธรรมชาติมาใช้ เพื่อตอบสนอง
กับความต้องการของสภาวะในปัจจุบัน และเป็นการลด
รายจ่ายจากการจัดการผลผลิตของคน

การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นทาง
เลือกหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าของอาหาร เนื่องจาก
แสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย
จึงได้นำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้
ในการอบแห้งมะม่วง ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีการ
ศึกษาปัจจัยในการอบ เช่น อุณหภูมิ เวลา
ต่อการแห้งตัวของมะม่วง รวมทั้งประสิทธิภาพของตู้อบ
แห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์ มาใช้ในการ
ถนอมอาหาร จะเป็นการเพิ่มมูลค่าอาหาร และเป็นการ
ประหยัดพลังงาน รวมทั้งประหยัดเวลาด้วย

ในการทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการแห้ง
ตัวของมะม่วงและศึกษาประสิทธิภาพของตู้อบด้วย
พลังงานแสงอาทิตย์กับการตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ
และนำผลการวิจัยไปปรับใช้ในการเรียนการสอนในชั้น
เรียน

ทฤษฎีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดย
ส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่
ความชื้นออกโดยการระเหย อาศัยความร้อนที่ได้รับเป็น
ความร้อนแฝงของการระเหย ปกติจะให้ความชื้นเป็นตัว
บ่งบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุ โดยทั่วไป ขั้นตอน
การลดลงของความชื้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง (Initial period)
ระยะช่วงนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่
สภาวะสมดุลทางความร้อน (dynamic equilibrium) และ
มีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุ
อัตราการแห้งตัวของวัสดุจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิ
สูงขึ้น

ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ (Constant-
rate period) ระยะนี้อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะมี
ค่าคงที่ และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ใน
สภาวะอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่า
สม่ำเสมอ โดยที่อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจาก
ภายในวัสดุอบแห้งมายังพื้นผิววัสดุ มีค่าเท่ากับอัตราการ
ระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ อัตราการอบแห้งในระยะนี้จะมี
ค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่พื้นผิว
ของวัสดุ

ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำลดลง (Falling-
rate period) ระยะนี้จะเริ่มจากเมื่อความชื้นบนพื้นผิว
ไม่อิ่มตัว อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายใน
ของวัสดุอบแห้ง ไปยังบริเวณพื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตรา
การระเหยของความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้ง จุดที่
เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการระเหยที่คงที่มาเป็นช่วง
ที่มีอัตราการระเหยลดลงเรียกว่า จุดความชื้นวิกฤต
(Critical moisture content) การระเหยของไอน้ำจะ
สิ้นสุดลง เมื่อถึงจุดที่เรียกว่า ความชื้นสมดุล
(Equilibrium moisture content) ซึ่งเป็นจุดที่ความชื้น
ของวัสดุที่ยังคงมีอยู่ภายในเนื้อวัสดุแต่ไม่มีการสูญเสีย
ให้กับอากาศภายนอก (พีระพงศ์ ทิมสกุล,
2549)

พลังงานแสงอาทิตย์มีให้ใช้มากมายไม่หมด
สิ้น ทั้งโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทางตรงและการ
ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม เครื่องอบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์โดยส่วนใหญ่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์
ทางการเกษตร

การวัดความชื้นของผลผลิต คิดเป็น
เปอร์เซ็นต์ มีวิธีวัด 2 วิธี คือ

เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก MC(%W.B.)

$$= \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \quad (1)$$

เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง MC(%d.b.)

$$= \frac{W_w}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

W_w = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้อของวัสดุ ,

W_d = น้ำหนักของเนื้อวัสดุแห้ง

ประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
ใช้สูตรดังนี้

การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{solar} = \frac{mL}{IA_s} \quad (3)$$

โดยที่

η_{solar} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง
โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

m_L = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากตัวผลิตภัณฑ์
(kg)

L = ความร้อนแฝงการกลายเป็นไอของน้ำ
(kJ/kg)

I = ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี
(kJ/m²)

A_s = พื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (m²)

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. มะม่วง
2. มีด ข้อน ถุงมือ ถุงพลาสติกใส ถาด
อลูมิเนียมใบใหญ่ จำนวน 2 ถาด ใบเล็ก
2 ถาด
3. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Electronic
balance) ยี่ห้อ UWE รุ่น DB-600
4. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ
(Thermocouple)
5. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer)
ยี่ห้อ Testo รุ่น 405-VI
6. เครื่องวัดความเข้มของแสง (Pyranomete)
ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CM3
7. เครื่องอบไฟฟ้า (Electronic oven) ยี่ห้อ
memmert รุ่น 400

วิธีการทดลอง

ศึกษาตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ อุณหภูมิหลัง
ผ่านแผงรับความร้อน อุณหภูมิกลางตู้ ความเข้ม
แสงอาทิตย์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม

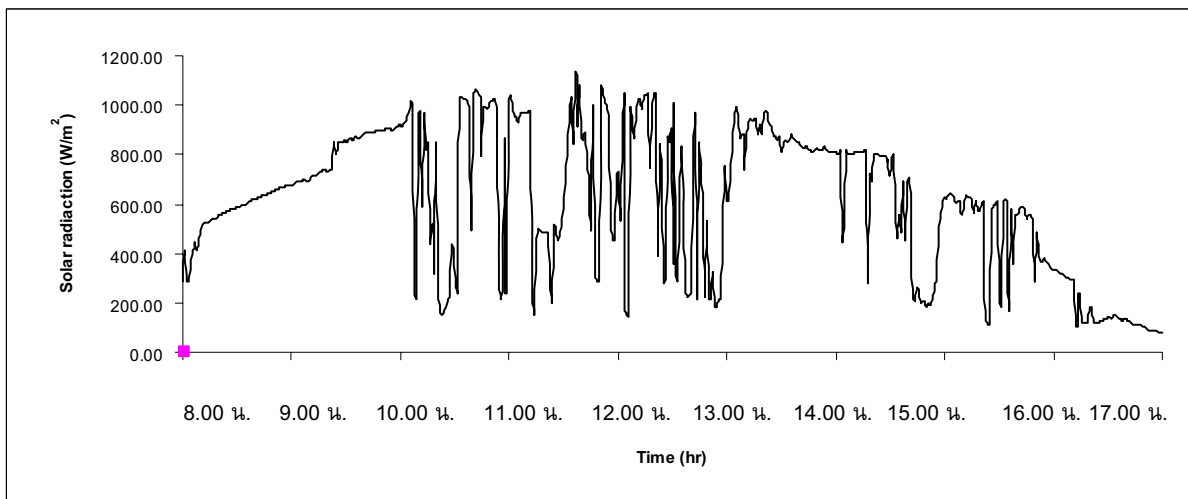
วางตัวอย่าง 2 จุด คือ ตั้งถาดมะม่วงตัวอย่าง 1
ไว้กลางตู้อบแสงอาทิตย์ ตั้งถาดมะม่วงตัวอย่าง 2
ไว้ข้างนอกตู้อบ วัดอุณหภูมิ 3 บริเวณ คือ อุณหภูมิ
ทั่วไป อุณหภูมิกลางตู้อบและอุณหภูมิหลังผ่านแผงรับ
ความร้อน วัดความชื้นสัมพัทธ์ 2 จุด คือ วัด
บริเวณทั่วไป และวัดบริเวณช่องระบายอากาศ วัด
ความเร็วลมบริเวณช่องทางเข้าของลมด้านหน้าแผงรับ
ความร้อน เก็บข้อมูลทุกชั่วโมง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง
(ตั้งแต่เวลา 08.00 -17.00 น.) แล้วนำไปอบด้วย
เครื่องอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C เพื่อหามวลของ
มะม่วง คำนวณหาความชื้นฐานแห้งของผลิตภัณฑ์
จากสมการ (2) คำนวณหาประสิทธิภาพของตู้อบ
พลังงานแสงอาทิตย์ จากสมการ (3)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

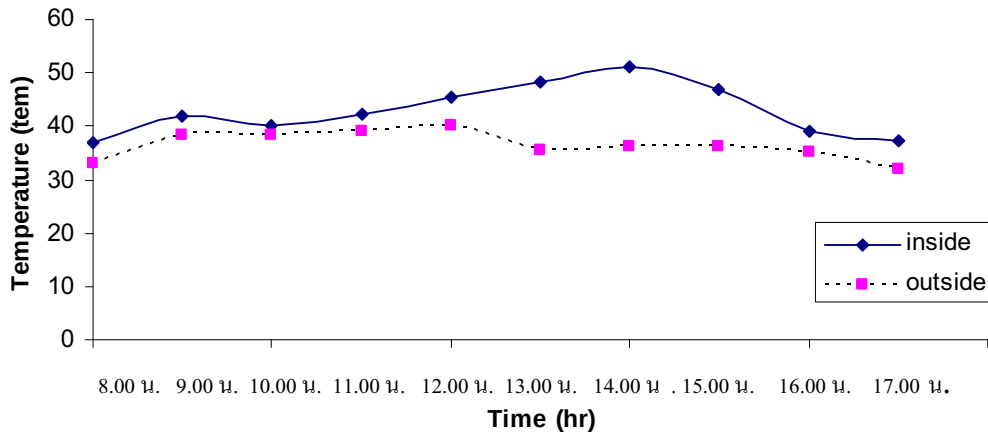
1. อัตราการแห้งตัวของมะม่วงเขียวเสวย

ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วลมโดยเฉลี่ย
มีค่าเท่ากับ 0.18 m/s ความเข้มแสงที่ผลิตภัณฑ์
ได้รับ มีค่า 19890.2 kJ/m² ดังแสดงในรูปที่ 1

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง และนอก
ตู้อบแห้ง มีค่าเท่ากับ 42.91 °C และ 36.4 °C
ตามลำดับ และอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงใน
รูปที่ 2



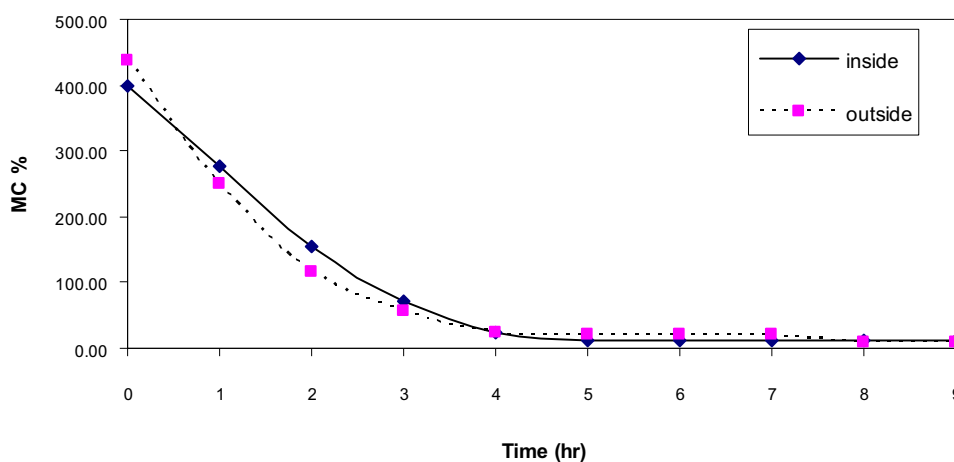
รูปที่ 1 ความเข้มแสง ณ เวลาต่างๆ



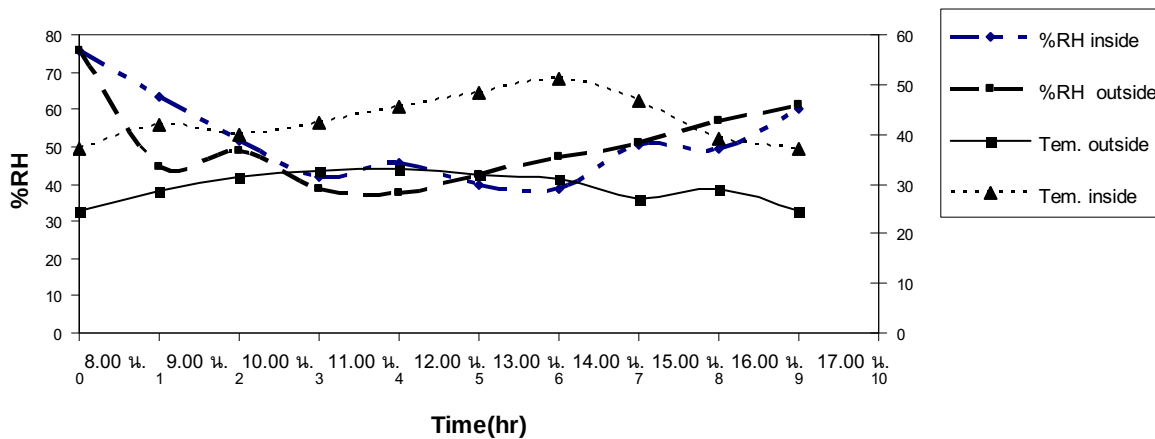
รูปที่ 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้บพลังงานแสงอาทิตย์และนอกตู้บ ณ เวลาใด ๆ

เมื่อเวลาผ่านไป 9 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่ามวลตัวอย่างที่อบในตู้บพลังงานแสงอาทิตย์มี อัตราการแห้งตัวเร็วกว่ามวลตัวอย่างที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยมะม่วงที่อบในตู้บมีมวลเริ่มคงที่เร็วกว่าตากแดดตามธรรมชาติประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากอุณหภูมิภายในตู้บพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกตู้ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ต่ำกว่าภายนอกตู้จึงทำให้ความชื้นจากมะม่วง ออกสู่อากาศได้ดีกว่า แต่เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของมะม่วงที่อบในตู้บน้อยกว่ามะม่วงที่ตากแดดธรรมชาติ 1 % (เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย มีค่าเท่ากับ 10.52 % ฐานแห้ง และ

9.60 % ฐานแห้งตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากตู้บแห้งมีช่องระบายความชื้นไม่เพียงพอเมื่อความชื้นจากมะม่วง ออกสู่อากาศภายในตู้จนถึงระยะการอบแห้งระยะที่ 3 จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เริ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 6-7 ดังนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้มีค่าสูง อากาศภายในตู้บจึงสามารถรับไอน้ำ จากมะม่วงได้น้อยลง ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึงความสามารถของอากาศที่จะรับจำนวนไอน้ำไว้ได้ ณ อุณหภูมิที่เป็น อยู่ขณะนั้น (<http://www.kroobannok.com> , 27 เมษายน 2553) ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมะม่วงกับเวลา



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในต้อบพลังงานแสงอาทิตย์และภายนอกต้อบ กับเวลา

2. ประสิทธิภาพของต้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของต้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 9.99 % ซึ่งจากการศึกษาของบกล้วยเล็บมีอนางของสำราญ(2552) พบว่าเครื่องอบมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 3.69% และธีระศักดิ์ (2552) ได้ศึกษาการอบมะเขือเทศราชินีแช่อบพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 16.90 % ศรีล (2552) ศึกษาประสิทธิภาพของต้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานพบว่ามีความเท่ากับ 19.9% จะเห็นว่าประสิทธิภาพของต้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ศึกษาโดยการอบมะม่วงยังคงมีค่าอยู่ในช่วงที่น้อยทั้งนี้เนื่องจากต้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ไม่สามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้นาน

4. สรุปผลและเสนอแนะ

ผลการทดลองอบมะม่วง ด้วยต้อบพลังงานแสงอาทิตย์ มีอัตราการแห้งตัวที่เร็วกว่าการตากด้วยวิธีธรรมชาติโดยมวลเริ่มคงที่เร็วกว่าประมาณ 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายการตากที่ต่างกัน 1.0 % (wb)

การทดลองครั้งนี้มีตัวแปรต่างๆ คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ สภาพอากาศ และต้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ผลการทดลองใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ลักษณะของต้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีตัวกักเก็บความร้อนไม่ดี เมื่อมีพลังงานแสงของดวงอาทิตย์มากต้อบจะร้อนเร็ว และเมื่อ

พลังงานแสงของดวงอาทิตย์น้อย มีเมฆมากทำให้ต้อบเย็นตัวเร็ว ทำให้ผลการทดลองใกล้เคียงกัน ณ จุดเวลาที่ 9 ชั่วโมง

คำแนะนำที่ของตัวอย่างที่หนึ่งคงที่ชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลปรากฏว่าได้รับการตอบรับที่ดี สีของมะม่วงน่ารับประทาน รสชาติอาหารดีมีความหวานอมเปรี้ยวกรอบอร่อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ (ฝ่าย 3) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พีระพงศ์ ที่มสกล อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งกรุณาใช้เวลาให้ความรู้และแนะนำในการทำโครงการ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับทำโครงการ ขอขอบคุณนางสาวณัฐมา แป้นแก้ว นายอรรถ อาคาสวรรณ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการดำเนินงานโครงการ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่เป็นที่รัก
และเคารพ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษาอันมี
ค่ายิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ธีระศักดิ์ หุตากร . การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บ

รังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

จ.นครปฐม. 2552.

พีระพงศ์ คุ้มสกุล และคณะ. สมรรถนะของเครื่องอบ

แห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ชนิดอุโมงค์ในการอบพริกชี้ฟ้า. ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 2549.

ยศรัล เทพเดชา และสรศักดิ์ ศรีวัฒนาสมบัติ.

รายงานระบบเก็บความร้อนสำหรับเครื่อง

อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. 2552.

ศิริเวทย์ จรัสปริดาลาม. รายงานการปรับปรุงเตาอบ

พลังงานแสงอาทิตย์. 2549.

<http://www.kroobannok.com> [27 เมษายน

2553].

การอบแห้งกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

Drying of *Hibiscus sabdariffa* L. by a solartunnel dryer

นิตยา อุตาคำ

โรงเรียนเปือยน้อยศึกษา อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร

E-mail : shefong.n@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดง และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยศึกษาอัตราการแห้งตัวจากค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ (ความชื้นฐานแห้ง) ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม และตากแดดตามปกติ ผลการศึกษาพบว่า อัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราเร็วกว่ากลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ตากแดดตามปกติ และมีมวลเริ่มแรกที่เร็วกว่าประมาณ 1-2 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายจากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 3.45 % และ 5.63 % ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดในตำราของกระทรวงสาธารณสุข ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 24.98 % และ 25.81 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1.46 % และ 0.72 % ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำเนื่องจากปริมาณของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ใช้ออบมีปริมาณน้อยเพียง 1/4 ของพื้นที่ภายในเครื่องอบแห้ง

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ พลังงานแสงอาทิตย์

อัตราการแห้ง ประสิทธิภาพการอบแห้ง

Abstract

The drying rate of calyx of Hibiscus flowers and performance of a solar tunnel dryer were studied. The results using the dryer were compared with those from regular sun drying. Weights of samples were measured at every hour for 16 hours. Results show that the drying rate of the lower in the solar dryer is about 2 hours faster than the regular sun drying. Final moisture contents of the product are 3.45% and 5.63% for 2 tests. These are within the regulation of the drying of herbal drugs. Efficiency of the

solar panel are 24.98% and 25.81% for both tests, while the thermal efficiency of the dryer are 1.46% and 0.72%. The low values of the thermalefficiency are because only a quarte of the product was used in the dryer.

1. บทนำ

กระเจี๊ยบแดงมีสรรพคุณหลายประการ เช่น สรรพคุณทางยา คือ มีฤทธิ์ลดคลอเรสเตอรอล น้ำกระเจี๊ยบแดงเป็นยาแก้เสมหะ ช่วยขับปัสสาวะ ลดความดันเลือด ป้องกันต่อมลูกหมากโต แก้อาการขัดเบา และสามารถลดไขมันในเส้นเลือดได้ ผลการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงโดยศึกษาในสัตว์ทดลองหรือหลอดทดลอง พบว่า มีฤทธิ์ต้านการเกิดพิษต่อตับ โดยสารกลุ่ม anthocyanins และสาร protocatechuic acid กลีบเลี้ยงของดอกกระเจี๊ยบแดงแห้งมีฤทธิ์กำจัดเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว แก้อาการ ขับเสมหะ (สุรชาติพ ภูมิประวิติ, 2551)

กระเจี๊ยบแดงมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวที่สั้น มักมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เกิดการเน่าเสีย การตากแห้งจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยถนอมกระเจี๊ยบแดงให้เก็บไว้ได้นานมากขึ้น และกระเจี๊ยบแดงแห้งยังคงมีสรรพคุณทางยาที่มีดีต่อไปกว่ากระเจี๊ยบแดงสด การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมเป็นวิธีการที่ช่วยลดการสิ้นเปลืองของพลังงาน แต่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงเวลา ปริมาณของแสง และความสะอาดของผลิตภัณฑ์ การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดข้อจำกัดของการตากแห้งแบบดั้งเดิมได้ นั่นคือทำให้ได้ผลผลิตที่สะอาด และใช้ระยะเวลา ในการทำให้แห้งน้อยลง ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และอัตราการแห้งของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดง

2. ทฤษฎี

หลักการของการอบแห้ง

การอบแห้งหรือตากแห้งคือการลดปริมาณความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันการเน่าเสียในช่วงเวลาหนึ่ง กระบวนการอบแห้งประกอบด้วย 2 กระบวนการที่สำคัญ คือ การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์

และถ่ายเทความร้อนออกจากภายในผลิตภัณฑ์มาที่ผิว และออกสู่อากาศภายนอก (พีระพงศ์ ทิมสกุล, 2549) กล่าวคือ การอบแห้งเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการ คือกระบวนการถ่ายเทความร้อน (จากอากาศสู่ผลิตภัณฑ์) และกระบวนการถ่ายเทมวลของน้ำ (จากผลิตภัณฑ์สู่อากาศ)

ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่ และอากาศที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อน ขั้นตอนการลดลงของความชื้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง (Initial period) ระยะช่วงนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน (dynamic equilibrium) และมีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุ อัตราการแห้งตัวของวัสดุจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ (Constant-rate period) ระยะนี้อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะมีค่าคงที่ และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอ โดยที่อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งมายังพื้นผิววัสดุ มีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ อัตราการอบแห้งในระยะนี้จะมีค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่พื้นผิวของวัสดุ

ระยะอัตราการระเหยของไอลดลง (Falling-rate period) ระยะนี้จะเริ่มจากเมื่อความชื้นบนพื้นผิวไม่อิ่มตัว อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในของวัสดุอบแห้งไปยังบริเวณพื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้ง จุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการระเหยที่คงที่มาเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยลดลงเรียกว่า จุดความชื้นวิกฤต (Critical moisture content) การระเหยของไอน้ำจะสิ้นสุดลงเมื่อถึงจุดที่เรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) ซึ่งเป็นจุดที่ความชื้นของวัสดุที่ยังคงมีอยู่ภายในเนื้อวัสดุแต่ไม่มีการสูญเสียให้กับอากาศภายนอก (พีระพงศ์ ทิมสกุล, 2549)

ความชื้นของผลผลิต คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ มีวิธีวัด 2 วิธี คือ

- เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก

$$MC(\%W.B.) = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \quad (1)$$

- เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง

$$MC(\%d.b.) = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

W_w = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของวัสดุ

W_d = น้ำหนักของเนื้อวัสดุแห้ง

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

การคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{solar collector} = \frac{q}{IA_s} \quad (3)$$

โดยที่

q = พลังงานความร้อนที่ดูดซับได้ (kJ)

I = ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสี (kJ/m²)

A_s = พื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (m²)

พลังงานความร้อนที่ดูดซับได้สามารถหาได้จากการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ดังสมการ

$$q = m_a C_p (T_i - T_o) \quad (4)$$

โดยที่

m_a = ปริมาณอากาศที่เข้าสู่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (kg)

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/Kg °C)

T_i = อุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้า (°C)

T_o = อุณหภูมิอากาศที่ไหลออก (°C)

และค่า m_a หาได้จากสูตร

$$m_a = \rho V A t \quad (5)$$

โดยที่

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³)

V = ความเร็วของอากาศเฉลี่ยที่ทางเข้าแผงรับรังสี (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางไหลเข้าอากาศของแผงรับรังสี

แสงอาทิตย์

t = เวลา (s)

ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวสามารถหาได้จากสัดส่วน

ของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์กับพลังงานแสงอาทิตย์
ที่เข้าสู่ระบบโดยประเภทของเครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติ
ใช้สมการ ดังต่อไปนี้

$$\eta_{solar} = \frac{m_L L}{I A_s} \quad (6)$$

โดยที่

η_{solar} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งโดยใช้
พลังงานแสงอาทิตย์

m_L = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากตัวผลิตภัณฑ์ (kg)

L = ความร้อนแฝงการกลายเป็นไอของน้ำ (kJ/kg)

I = ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสี
(kJ/m²)

A_s = พื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (m²)

3. วิธีการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

- วัสดุอุปกรณ์

- 1.1 กระเจี๊ยบแดง
- 1.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ยี่ห้อ
Testo รุ่น 405-VI
- 1.3 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ
(Thermocouple)
- 1.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิในเครื่องอบแห้ง
(Themometer) ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 51/52II
- 1.5 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Electronic balance)
ยี่ห้อ UWE รุ่น DB-600
- 1.6 เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Pyranomete)
ยี่ห้อ Kipp & zonen รุ่น CM3
- 1.7 เครื่องอบไฟฟ้า (Electronic oven) ยี่ห้อ
memmert รุ่น 400
- 1.8 ถุงพลาสติกใส
- 1.9 ถาดอลูมิเนียม
- 1.10 จานใส่ตัวอย่าง

- วิธีการวิจัย

การศึกษาอัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบ
แดง และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้
พลังงานแสงอาทิตย์ มีตัวแปรที่จะศึกษา คือ ค่าความชื้นของ
ผลิตภัณฑ์อุณหภูมิ ความเร็วลม ความเข้มแสงอาทิตย์ และ
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง

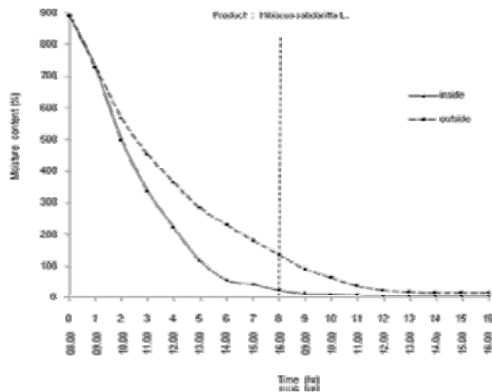
อัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดง
ศึกษาจากค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทำโดยชั่งน้ำหนักของกลีบ
เลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงก่อนการทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม
คือ กลุ่มที่ 1 อบในเครื่องอบแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม กลุ่มที่ 2 ตากแดดตามปกติ
โดยชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
ในจานตัวอย่าง ทำการชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงเป็นเวลา 16 ชั่วโมง
(เริ่มจากเวลา 08.00 - 16.00 น.) เพื่อคำนวณค่าความชื้น
เริ่มต้นและค่าความชื้นขณะใด ๆ อุณหภูมิอากาศวัดทั้งหมด 3
จุด คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิหลังผ่านแผงรับรังสี
แสงอาทิตย์ และอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ความชื้น
สัมพัทธ์ของอากาศวัด 2 จุด คือ ภายในตู้(วัดบริเวณช่องระบาย
ความชื้น) และภายนอกตู้ การหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมทำการวัด
ณ ตำแหน่งทางเข้าแผงรับรังสี และทำการวัดความเข้ม
แสงอาทิตย์จำนวน 2 วัน หลังจากนั้นนำกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบ
แดงในจานตัวอย่างไปอบภายในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C
เป็นเวลา 3 วัน เพื่อหามวลแห้งของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบ
แดง ความชื้นฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้จาก
สมการ (2) การคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์
ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก
สมการ (3),(4),(5) การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง
โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวสามารถหาได้จาก
สมการ (6)

4. สรุปผล

1. จากการศึกษาอัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบ
แดง ที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์และตากแดดตามปกติ
พบว่า

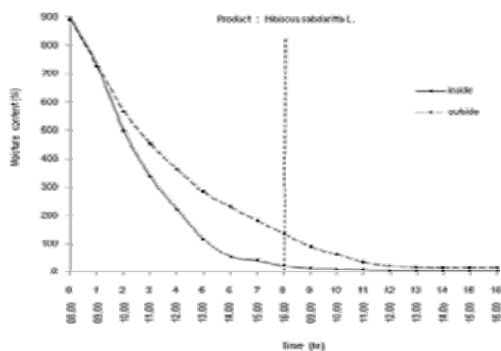
การทดสอบครั้งที่ 1 กลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่อบใน
เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 1062.07%
ฐานแห้ง และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 3.45 % ฐานแห้ง
กลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ตากแดดตามปกติมีเปอร์เซ็นต์
ความชื้นเริ่มต้น1052.07% ฐานแห้ง และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น
สุดท้าย 8.29 % ฐานแห้ง ความชื้นของกลีบเลี้ยงดอก
กระเจี๊ยบแดงเทียบกับมวลแห้ง เมื่อเวลาผ่านไป 16 ชั่วโมง จะ

เห็นได้ว่ามวลตัวอย่างที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีอัตราการแห้งตัวเร็วกว่ามวลตัวอย่างที่ตากแดดตามปกติ โดยกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่อบใน เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีมวลเริ่มคงที่เร็วกว่าตากแดดตามปกติประมาณ 1 ชั่วโมง และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายน้อยกว่ากลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่ตากแดดปกติ 4.85 % ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งกับเวลา

การทดสอบครั้งที่ 2 กลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 893.58 % ฐานแห้ง และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 5.63 % ฐานแห้ง ที่ตากแดดตามปกติมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 890.24 % และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 15.12 % ฐานแห้ง ความชื้นของกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งเทียบกับมวลแห้งเมื่อเวลาผ่านไป 16 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่ามวลตัวอย่างที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีอัตราการแห้งตัวเร็วกว่ามวลตัวอย่างที่ตากแดดตามปกติ โดยกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่อบในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีมวลเริ่มคงที่เร็วกว่าตากแดดตามปกติ ประมาณ 2 ชั่วโมง และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายน้อยกว่ากลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่ตากแดดตามปกติ 9.50 % ดังแสดงในรูปที่ 2



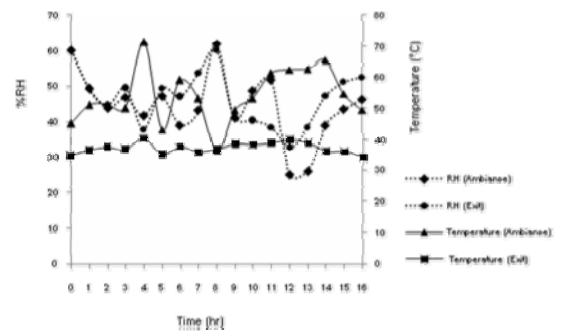
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งกับเวลา

จากผลการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมนอกเครื่องอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.8 °C และ 22.0 °C ตามลำดับ และค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์น้อยกว่าอากาศภายนอกเครื่องอบแห้ง เท่ากับ 2.32 % และ 5.61 % ตามลำดับ จึงทำให้กลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่อยู่ในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีอัตราการแห้งตัว

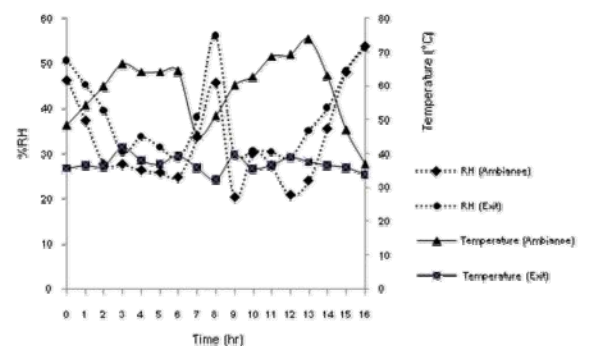
ที่เร็วกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งต่ำกว่ากลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งที่ตากแดดตามปกติ ทั้งนี้อากาศแห้งที่ใช้ในการอบแห้งหมายถึงอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อย เมื่ออากาศภายนอกได้รับความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และขณะเดียวกันก็ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง(ปรเมธ ประเสริฐยิ่ง, มปป.) ส่งผลให้อากาศภายในเครื่องอบแห้งสามารถรับไอน้ำจากกลีบเลี้ยงดอกกระเจียวแห้งได้มาก ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 3 , 4

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอบแห้งและสิ่งแวดล้อม

ก า ร ทดสอบ	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		
	inside	Outside	ผลต่าง	inside	outside	ผลต่าง
1	54.16	37.31	16.86	40.91	43.23	2.32
2	58.91	36.92	21.98	32.69	38.30	5.61



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์และอากาศภายนอกตู้ กับเวลา (การทดสอบครั้งที่ 1)



การทดสอบ	ความเข้มแสง (kJ/m^2)	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง ($^{\circ}\text{C}$)	ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (%)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง (%)
1	34,746.90	0.29	54.16	24.98	1.46
2	36,139.51	0.42	58.91	26.63	0.72

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์และอากาศภายนอกตู้กับเวลา (การทดสอบครั้งที่ 2)

กลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงเป็นชาสมุนไพรชนิดหนึ่ง ซึ่งชาสมุนไพรจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 ต้องมีความชื้นตามมาตรฐานที่กำหนดในตำราที่รัฐมนตรีประกาศตามกฎหมายว่าด้วยยา ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดไว้ให้มีความชื้นได้ไม่เกิน ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก และจากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 พบว่าความชื้นสุดท้ายของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่อบภายในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย เท่ากับ 3.45 % และ 5.63 % ตามลำดับ) มีค่าระดับความชื้นตามมาตรฐานที่กำหนด

1. การทดสอบประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า

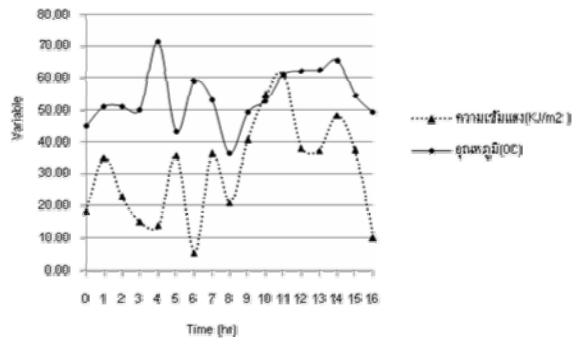
การทดสอบครั้งที่ 1 ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 24.98 % และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1.46 %

การทดสอบครั้งที่ 2 ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 26.63 % และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 0.72 %

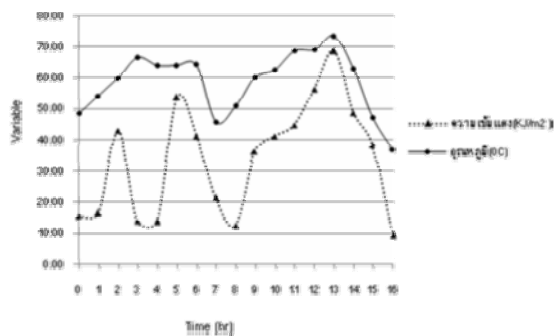
จากผลการศึกษาพบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์น้อยกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เนื่องจากในการทดสอบครั้งที่ 1 มีปริมาณอากาศเข้าสู่แผงรับรังสีและปริมาณความเข้มแสงน้อยกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของการทดสอบครั้งที่ 1 น้อยกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 ด้วย ส่งผลให้พลังงานความร้อนที่เครื่องอบแห้งได้รับในการทดสอบครั้งที่ 2

มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 4 , 5

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิกับเวลา (การทดสอบครั้งที่ 1)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิกับเวลา (การทดสอบครั้งที่ 2)

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้จากการศึกษา มีความสอดคล้องกับการศึกษาประสิทธิภาพแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนของ นางพงศ์ (2550) ซึ่งศึกษาโดยอ้างอิงข้อมูลสภาวะอากาศของจังหวัดสงขลา พบว่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์มีค่า 19-61% และธีระศักดิ์ (2552) ทำการศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 56.23 %

ค่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากการทดสอบครั้งที่ 1 มีค่ามากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เนื่องจากปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ใส่ในเครื่องอบแห้งจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง ดังนั้นเมื่อปริมาณกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ใส่ภายในเครื่องอบแห้งในการทดสอบครั้งที่ 1 มีปริมาณมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 จึงทำให้การทดสอบครั้งที่ 1 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งสูงกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าค่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยรวมมีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานของสำราญ (2552) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.69 % และธีระศักดิ์

(2552) ที่ศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยศึกษาจากการอบมะเขือเทศราชินีซ้ำอีกพบว่าค่าสูงสุดเท่ากับ 16.90 % ทั้งนี้เพราะปริมาณกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ใส่ภายในเครื่องอบแห้งมีปริมาณเพียง 1/4 ของพื้นที่ภายในเครื่องอบแห้ง

สรุปผลโดยรวม

จากการทดลองอบแห้งกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 16 ชั่วโมง และทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง พบว่ามีอัตราการแห้งตัวของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงเร็วกว่าการตากแดดตามปกติ และมวลเริ่มแรกที่เร็วกว่าประมาณ 1-2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 3.45 % และ 5.63 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของกลีบเลี้ยงดอกกระเจี๊ยบแดงที่ตากแดดตามปกติ ทั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดในตำราอาหารที่รัฐมนตรีประกาศตามกฎหมายว่าด้วยยา กระทรวงสาธารณสุข

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 24.98 % และ 25.81 % ตามลำดับ

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1.46 % และ 0.72 % ตามลำดับ

6. การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยการทำการงานวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนเรื่องงบประมาณ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่อนุญาตให้สถานที่และเครื่องมือในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ รศ.กำพล ประทีปชัยกูร ประธานโครงการวิจัย-พลังงาน ขอขอบคุณ รศ.ดร. พีระพงศ์ ฑีมสกุล อาจารย์พี่เลี้ยง และคณะพี่เลี้ยงที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ขอขอบคุณ นายสุพจน์ แสงสุข ผู้อำนวยการโรงเรียนเปือยน้อยศึกษา ที่อนุญาตและสนับสนุนการเข้าร่วมโครงการในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร. คู่มือพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 5 พืชสมุนไพรเสริมสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2543.

เดชา ศิริภัทร. 2541. ต้นไม้ใบหญ้า. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่ม 232 สิงหาคม 2541.

เต็ม สมิตินันท์. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด , 2544. หน้า 274-277.

ธนพล ส้าราญ และ เอกพงศ์ ฉายารจิตพงศ์. 2550. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา.

ธีระศักดิ์ หุดากร. 2552. การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

นางพงศ์ เสนีย์รัตนประยูร และคณะ. 2550. การศึกษาประสิทธิภาพแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนโดยใช้โปรแกรม EnergyPlus. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

ประกาศ จันทรประดิษฐ์ และ อรรถ อาภาสุวรรณ. 2552. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบการอบแห้งยางแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับความร้อนแบบผสมและโดยอ้อม. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา.

พีระพงศ์ ฑีมสกุล และคณะ. 2549. สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์ในการอบพริกชี้ฟ้า. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สถาพร ทัพพะกุล ณ อยู่ชยา. วิทยาศาสตร์ รวม ม.1-2-3. กรุงเทพฯ: หจก.สำนักพิมพ์ภูมิบัณฑิต, มปป.

สายทอง จีปรานันท์. การอบแห้งเนื้อลำไยด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์. รายงานการวิจัยเสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการวิจัย สกว.-สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน, สงขลา.

การอบแห้งมะม่วงด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์

Drying of mango using a solar tunnel dryer

พรรณนิภา ม้าวิ่ง

โรงเรียนม่วงไข่พิทยาคม อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ 54170

A2880073@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองอบมะม่วงโดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการอบแห้งและการเปรียบเทียบระยะเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ จากผลการทดลองอบมะม่วงพบว่า การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37.08 องศาเซลเซียส ทำให้มะม่วงแห้งได้ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้การอบแห้งมะม่วงดีกว่าและเร็วกว่าการตากแห้งแบบธรรมชาติ 8 ชั่วโมง

คำสำคัญ

การอบแห้ง หมายถึง การไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในมะม่วงออกไป โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์

เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ หมายถึง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้หลักการเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนโดยใช้แผงรังสีรับแสงอาทิตย์ ทาสีดำเพื่อให้การดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด ความร้อนถูกถ่ายเทให้แก่ผลิตภัณฑ์ และความชื้นจากผลิตภัณฑ์จะถูกดูดออกไปทางปล่องระบายความชื้นหลังตู้อบ

มะม่วง หมายถึง เนื้อมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่คว้านเอาเมล็ดออกแล้วสไลด์เป็นแผ่นบางๆ

1. บทนำ

แพร่เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลผลิตทางการเกษตรมีมากมาย เช่น ผักและผลไม้ต่างๆ มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักชนิดหนึ่งของจังหวัดแพร่ ผลผลิตที่ได้เป็นการบริโภคมะม่วงสดในประเทศ ผลผลิตที่เหลือจะนำไปแปรรูปเป็นมะม่วงกวนโดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการกวนมะม่วง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานที่นับวันจะมีปริมาณลดลง การทำมะม่วงอบจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการถนอมอาหารและแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง การใช้เครื่องอบแห้งในการอบมะม่วงจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแปรรูปผลผลิตมะม่วงสดเพื่อเก็บรักษาและรอการจำหน่ายต่อไป

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ด้วยปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการอบแห้ง และการเปรียบเทียบระยะเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งด้วยวิธีการทางธรรมชาติ

2. ทฤษฎี

ทฤษฎีการแห้งตัว

การแห้งตัวของวัสดุประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง ในระยะนี้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเท่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ใช้ทำแห้งน้ำที่ระเหยใน ระยะนี้ จะเป็นน้ำอิสระ คือไม่จับกับโมเลกุลของสารอื่น
2. ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ เป็นระยะที่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงแบบเส้นตรง เทียบกับเวลา น้ำที่ระเหยในช่วงนี้เป็นน้ำอิสระเช่นเดียวกับในระยะเริ่มต้น ในระยะนี้ น้ำจะเคลื่อนตัวจากภายในผลิตภัณฑ์สู่ผิวเพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยจากผิวสู่อากาศภายนอกพอดี ตลอดเวลาผิวของผลิตภัณฑ์จึงชุ่มด้วยน้ำอยู่เสมอระยะนี้อัตราเร็วการแห้งจะมีค่าคงที่และสูงสุด

3. ระยะอัตราการระเหยของไอลดลง เมื่อค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ถึงจุด

หนึ่งซึ่งเรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤต การเคลื่อนตัวของน้ำจากภายในออกสู่ผิวเป็นไปได้ยากขึ้นจึงไม่สามารถทดแทนน้ำที่ระเหยจากผิวได้ ดังนั้นในระยะนี้อัตราเร็วของการทำแห้งจึงลดลง ตัวแปรที่ควบคุมอัตราเร็วในการแห้งไม่ใช่ลักษณะของอากาศภายนอกอีกต่อไป แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะผลิตภัณฑ์เอง การวัดความชื้นของผลผลิตส่วนใหญ่จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คือ

การวัดความชื้นของผลผลิตโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ความชื้นฐานแห้ง (Dry Basis)หรือ MC(d.b.) เป็นค่าความชื้นเทียบกับมวลของวัสดุแห้ง

$$MC(\%d.b.) = \frac{W_w}{W_w - W_d} \times 100$$

โดยที่ W_w = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้อวัสดุ (kg)

W_d = น้ำหนักของเนื้อวัสดุแห้ง (kg)

ประสิทธิภาพแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

การคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{solar collector} = \frac{q}{I A_s}$$

โดยที่

q = พลังงานความร้อนที่ตู้อบได้รับ (kJ)

I = ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี (kJ/m²)

A_s = พื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (m²)

พลังงานความร้อนที่ดูดซับได้รับสามารถหาได้จากการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ดังสมการ

$$q = m_a C_p (T_i - T_o)$$

โดยที่

m_a = ปริมาณอากาศที่เข้าสู่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (kg)

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/Kg °C)

T_i = อุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้า (°C)

T_o = อุณหภูมิอากาศที่ไหลออก (°C)

และค่า m_a หาได้จากสูตร

$$m_a = \rho V A t$$

โดยที่

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³)

V = ความเร็วของอากาศเฉลี่ยที่ทางเข้าแผงรับ

รังสี (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางไหลเข้าอากาศของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

t = เวลา (s)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวสามารถหาได้จากสัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ระบบ โดยประเภทของเครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{solar} = \frac{m_L L}{I A_s}$$

โดยที่

η_{solar} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

m_L = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากตัวผลิตภัณฑ์ (kg)

L = ความร้อนแฝงการกลายเป็นไอของน้ำ (kJ/kg)

I = ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบตัวรับรังสี (kJ/m²)

A_s = พื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (m²)

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองการอบแห้งมะม่วงด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ โดยมีวัสดุอุปกรณ์ในการอบแห้ง ดังนี้

3.1 วัสดุ

3.1.1 มะม่วง

3.2 อุปกรณ์

เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ ขนาดแผงรับแสงอาทิตย์ 2x2 เมตร ตู้อบขนาด 2x4

ถาดอลูมิเนียมใบใหญ่ จำนวน 2 ถาด ใบเล็ก

จำนวน 2 ถาด

มีด ถู่มือ ถูพลาสติกใส

3.3 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) ยี่ห้อ

Testo รุ่น 405-VI

เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (

Thermocouple)

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Electronic balance

) ยี่ห้อ UWE รุ่น DB-600

เครื่องอบไฟฟ้า (Electronic oven) ยี่ห้อ memmert รุ่น 400

เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Pyranomete)

ยี่ห้อ Kipp&Zonen รุ่น CM3

3.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่จะศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิหลังผ่านแผงรับความร้อน อุณหภูมิกลางตู้ ความเข้มแสงอาทิตย์ ค่าความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและอากาศที่ออกจากตู้อบ และความเร็วลม บริเวณช่องทางเข้าของลมด้านหน้าแผงรับความร้อน

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

คัดเลือกมะม่วงคุณภาพดี ใช้ได้ทุกชนิด ที่เหมาะสมที่สุดคือ มะม่วงเขียวเสวย คำนวณเมล็ดมะม่วงออก ล้างน้ำให้สะอาด ไล่ตะกั่วพักให้สะเด็ดน้ำแล้วหั่นสไลด์ตามยาวของมะม่วง ซึ่งเนื้อมะม่วงทั้งหมด ซึ่งถาดเปล่าทั้งหมดได้แก่ถาดใบใหญ่ 2 ใบ ถาดใบเล็ก 2 ใบ นำมะม่วงที่ได้ใส่ถาดใบใหญ่ 2 ใบ ถาดใบเล็ก 2 ใบ (ถาดตัวอย่าง) เกลี่ยให้ทั่วถาด

นำมะม่วงในถาดนำไปตากในตู้อบ 2 ถาด และนอกตู้อบ 2 ถาด บันทึกตัวแปรต่างๆทุก 1 ชั่วโมง รอจนเนื้อมะม่วงแห้ง

แล้วนำไปอบ

กับเครื่องอบไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมงจนแห้งสนิท ซึ่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่แห้งแล้วทั้งหมด คำนวณหาความชื้นฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ ณ เวลาต่างๆ

3.6 ผลการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาการอบมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ทดลองวันที่ 7 เมษายน 2553 ผลการทดลองดังนี้

ความเข้มแสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับเวลาแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าความเข้มของแสงจะมีแนวโน้มขึ้นๆลงๆในช่วงระหว่าง 10:00 – 13:00 น เพราะมีเมฆครึ้มมาบังแสงอาทิตย์เป็นบางครั้ง ทำให้ความเข้มของแสงลดลง ความเข้มแสงเฉลี่ย 613 W/m^2 รวมพลังงานสะสมแสงอาทิตย์ทั้งหมดเท่ากับ 19.89 MJ/m^2

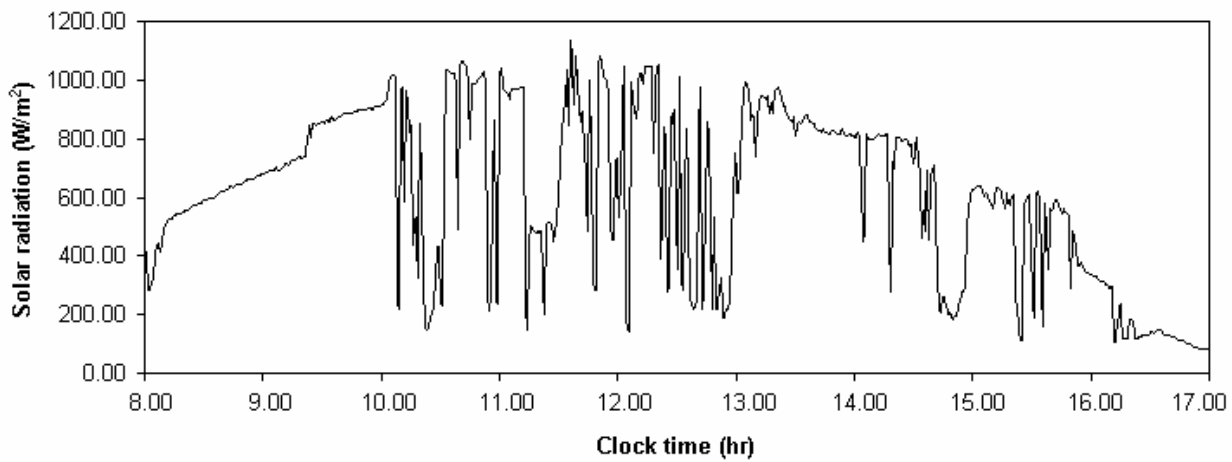
อุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ กับเวลาแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกค่อนข้างคงที่ทั้งวันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเพิ่มสูงตามอุณหภูมิหลังผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมีผลมาจากความเข้มของแสงอาทิตย์โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 53.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหลังผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

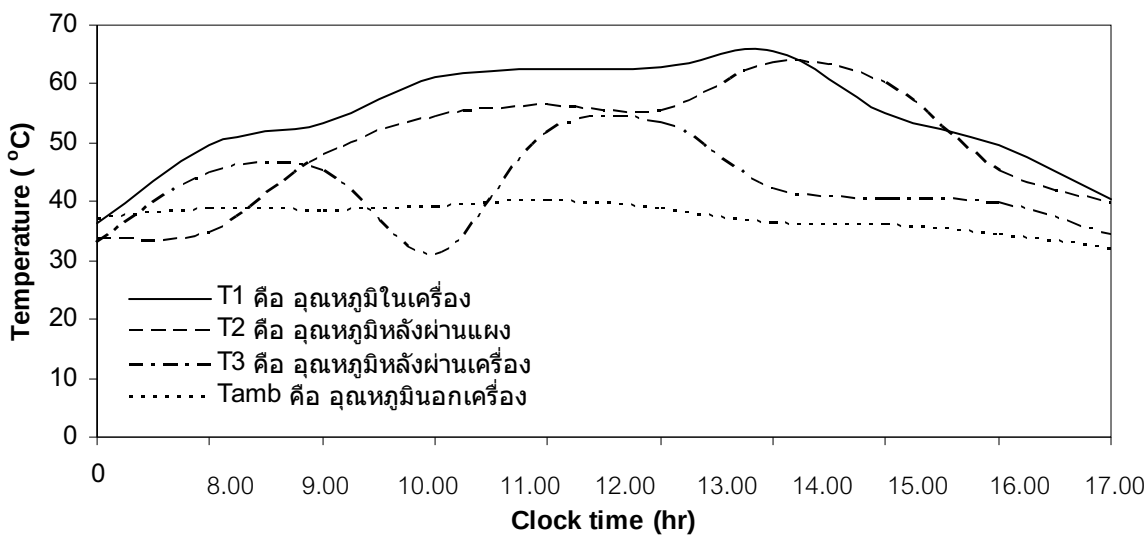
ตามความเข้มแสง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 49.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลังผ่านเครื่องมีอุณหภูมิเฉลี่ย 41.5 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์

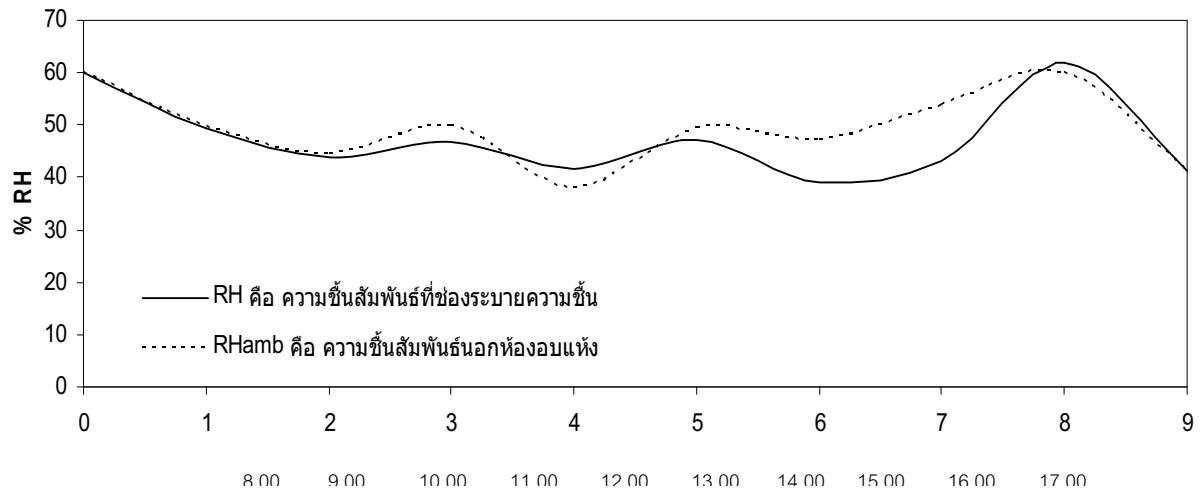
ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาแสดงในรูปที่ 2 พบว่าช่วงที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ความสามารถในการระเหยตัวของน้ำในมะม่วงจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ที่ช่อระบายความชื้นมีค่าต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกตู้อบ



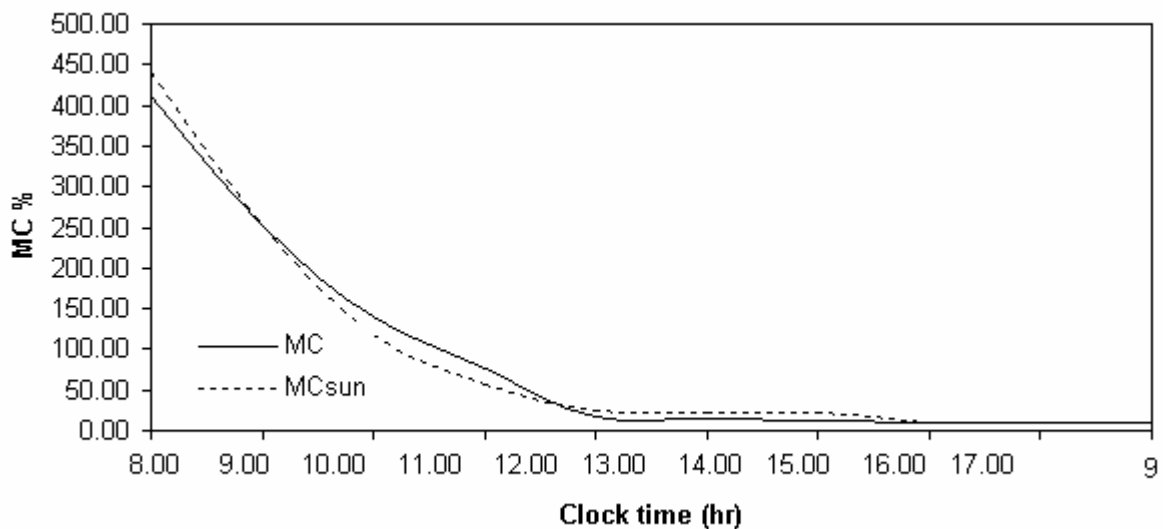
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับเวลา



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของมะม่วงกับเวลา

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ = 23.9%

ความชื้นฐานแห้งของผลิตภัณฑ์

การอบแห้งมะม่วงโดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ มีแนวโน้มลดลงของความชื้นที่เวลาต่างๆ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา มีแนวโน้มลดลงของความชื้นที่เวลาต่างๆ โดยใช้เวลาในการอบแห้งจำนวน 1 วัน เมื่อทำการอบมะม่วงในเครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์จะทำให้มะม่วงแห้งเร็วกว่าการอบแบบธรรมชาติและได้ผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งที่มีรสชาติอร่อยกว่าเพราะภายในเครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์มีความร้อนที่สูงกว่าโดยความร้อนที่มีอยู่มีการระบายออกสู่ภายนอกน้อยกว่าการอบแบบธรรมชาติและในการอบแห้งมะม่วงโดยใช้เครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์ใช้เวลาในการอบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงจะได้ค่าความชื้นอยู่ในช่วงมาตรฐานซึ่งได้ระยะเวลาดีกว่าการอบแบบธรรมชาติคือใช้เวลา 8 ชั่วโมง

ประสิทธิภาพแผงรับความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ผลดังนี้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน = 0.018%

เนื่องจากแผงรับรังสีของตู้อบแบบอุโมงค์ มีการออกแบบเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ที่จะทำการอบจำนวน 8 ถาดแต่ในการทำการทดลองในครั้งนี้ได้ทำการอบมะม่วงในเครื่องจำนวนเพียง 1 ถาดเท่านั้น จึงทำให้พลังงานที่ได้จากการอบที่น้ำมีภาระเหวี่ยงออกมา มีค่าน้อยกว่าปกติจึงทำให้ได้พลังงานน้อย

จากผลการสำรวจความพึงพอใจของการชิมมะม่วงอบแห้งโดยการออกแบบสอบถามปรากฏว่าผู้ชิมได้ชิมแล้วบอกว่าอร่อย มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและได้เสนอแนะแนวทางในการอบมะม่วงครั้งต่อไปว่าควรมีการปกปิดเปลือกมะม่วงด้วยอีกทั้งยังต้องรักษาความสะอาดของมะม่วงอบแห้งเพราะมะม่วงอบแห้งบางชิ้นยังไม่ค่อยสะอาดมีฝุ่นเกาะตามเนื้อมะม่วงอบแห้ง

4. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองการอบแห้งมะม่วงด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอุโมงค์ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในเวลากลางวัน มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 0.59 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 23.9 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งจะอยู่ประมาณ 53.6 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งจะต้องอาศัยแสงแดดที่มีความเข้มของแสงในแต่ละวันค่อนข้างสูงจึงจะทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงขึ้นไปด้วย ส่วนการเปรียบเทียบระยะเวลาระหว่างการอบแห้งใช้ตู้อบใช้ระยะเวลาประมาณครึ่งวัน แตกต่างจากการตากแห้งแบบธรรมชาติที่ต้องใช้เวลาประมาณ 1 วัน จนถึงความชื้นที่ 24.9 และการอบแห้งในตู้อบสามารถรักษาความสะอาดและคุณภาพได้ดีกว่าการตากแห้ง

5. วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

การเปรียบเทียบระหว่างการอบด้วยตู้อบ และการตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ จะพบว่า การตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติจะใช้เวลาในการตากมากกว่าการอบด้วยตู้อบความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะใช้เวลาแค่วันเดียว โดยขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแต่ละวันด้วย ถ้าหากแต่ละวันมีความเข้มแสงมากจะใช้เวลาประมาณ 1 วัน ก็สามารถเก็บผลิตภัณฑ์อบแห้งมะม่วงได้เลย

6. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำองค์ความรู้ที่ค้นพบในครั้งนี้ไปใช้พัฒนาการเรียนการสอนแก่นักเรียน และเชื่อมโยงไปสู่การประกอบอาชีพของชุมชนหรือในท้องถิ่นได้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนช่วยเหลือ ชี้แนะเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.พีระพงศ์ ทิมสกุลและทีมงานสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

กอบพัชรกุล เป็นบุญ และสายลม สัมพันธ์เวชโสภณ.2549. รายงานการวิจัยเรื่องการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

ชาญยุทธ ทองจินดาและวิรุฬห์ กิติพิพัฒน์.2552. รายงานการปรับปรุงสมรรถนะของของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.สงขลา.

ประภาส จันทรประดิษฐ์ และอรรถ อาภาสุวรรณ.2552. รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งยางแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับความร้อนแบบผสมผสานและโดย

อ้อม.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.สงขลา.

สิทธิสันต์ กังประเสริฐกุล.2549. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.สงขลา.

การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งขนุนด้วยระบบผสมผสานกับพลังงานแสงอาทิตย์ Comparative Study of Jackfruit Drying using Hybrid Heat Sources and Solar Energy

รัชนิกร นำชัย* และเฉลิม ปานมา

*E-mail: ratnumchai@gmail.com

บทคัดย่อ

ขนุนเป็นผลไม้ที่ออกได้ตลอดปี จัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลและซัลเฟอร์สูง อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาไม่อาจทำได้เป็นเวลานานและต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งนี้เพื่อลดการเสื่อมสภาพ จึงเป็นที่สนใจในการทำโครงการวิจัยระดับท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการสอนแบบประสบการณ์จริง และการฝึกปฏิบัติการอบแห้งภาคสนามตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิชาการจากองค์ความรู้พื้นฐาน โดยการอบแห้งขนุนสดด้วยพลังงานความร้อนหลายรูปแบบ (พลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน) และศึกษาผลของพลังงานความร้อนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของความชื้นในขนุน ทำการอบแห้งโดยเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้ง ในช่วง 50°C-70°C ที่กำลังรังสีอินฟราเรดคงที่ 1,000W เทียบกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และทดสอบการซึม ผลจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลงเป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้นกับเวลา และพบว่าอุณหภูมิอบแห้งที่ 70°C จะให้สีของขนุนมีความสว่างต่ำกว่าขนุนที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า และการทดสอบการซึมพบว่า รสชาติของเนื้อขนุนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิที่ใช้ออบแห้ง 50-70°C และแหล่งพลังงานความร้อน ขณะที่กรณีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนใช้ระยะเวลาการอบแห้ง น้อยกว่าการอบด้วยรังสีอินฟราเรดหรือพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว และสรุปได้ว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน แต่สูงกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และแม้ว่าการอบแห้งด้วยการตากแดดจะสิ้นเปลืองต่ำแต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำด้วย ทั้งนี้เพราะใช้เวลาในการอบแห้งยาวนานและอุณหภูมิอบแห้งไม่สม่ำเสมอ

คำสำคัญ: การอบแห้งขนุน / พลังงานแบบผสมผสาน / พลังงานแสงอาทิตย์ / พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า / รังสีอินฟราเรด

Abstract

Jackfruit is all-seasons fruit which has high sugar and sulfur content. However the ripe jackfruit cannot be stored and it must have a suitable post-harvesting arrangement to reduce degradation. This is the local interesting work so the objectives of this work are to develop the learning media from direct experience and to practice in field experiment on drying technology including to evaluation experimental results by academic basic principles. The drying of jackfruit was carried out using various heat sources (Sun drying, electric Infrared

(IR) radiation and hybrid IR and hot air (HA) convection) and study effect of various heat sources on drying kinetics with drying temperature of 50-70°C and sensory test. The experimental results concluded that evolution of moisture ratio was non-linear function of drying time while drying using high temperature of 70°C had low brightness compare to each other drying temperatures. In addition, the sensory test of dried jack fruit had insignificant affected by drying temperature ranging of 50-70°C and heat sources while drying using only IR combine with HA had low energy consumption comparing to the drying by only IR source. However, even sun drying for jack fruit has the lowest value energy consumption but the quality of sample is slightly low compared to the other heat sources. This is because it takes long drying period due to temperature fluctuation.

Keyword; Jackfruit Drying, Hybrid Energy, Solar, Hot air, Infrared radiation

1. บทนำ

ขนุน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus heterophyllus* Lamk. วงศ์ MORACEAE ชื่อพื้นเมืองจะแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นนั้น ๆ ซึ่งแต่ละส่วนของขนุนมีสรรพคุณ เช่น ใบ รสฝาดมัน รักษาหนองเรื้อรัง และใบสดนำมาตำให้ละเอียดอุ่นพอกแผล ราก รสหวานอมขม แก้ท้องร่วง แก้ไข้ แก้ธาตุน้ำกำเริบ โลหิตพิการ ผาตสมาน บำรุงกำลัง และบำรุงโลหิต เนื้อหุ้มเมล็ด รสหวานมันหอม บำรุงกำลัง และชูหัวใจให้ชุ่มชื้น และสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น ขนุนอบแห้ง ขนุนในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋อง นอกจากนี้ยังส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ การอบแห้งเป็นกรรมวิธีที่สามารถนำมาใช้ถนอมและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง และผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่าย ปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้นกับปริมาณความชื้นเป็นองค์ประกอบหลักจากการศึกษาผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบตามท้องตลาดพบว่า ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการอบแห้งแล้วนำมาทอด ปัญหาที่ตามมาคือ มีปริมาณน้ำมันที่ตกค้างอยู่ในเนื้อขนุน ทำให้อาจมีกลิ่นเหม็นหืน และนอกจากนี้ยังเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ใช้ในการทอด ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และระยะเวลาในการตากแดดต้องใช้เวลาานซึ่งไม่ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค และอีกปัญหาคือ ด้านภูมิอากาศที่ไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถทำการตากแห้งได้ตลอดเวลา

วิธีการอบแห้งระบบผสมผสาน เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ช่วย ในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์และลมร้อนร่วมกัน และพลังงานจากรังสีอินฟราเรด รวมทั้งทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง เวลาในการอบแห้ง และความชื้นที่ลดลงในการอบแห้ง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาผลของการอบแห้งขนุนด้วยระบบอบแห้งแบบผสมผสาน โดยเลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า และพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุน

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

เนื้อขนุนซื้อจากห้างสรรพสินค้า TESCO LOTUS อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แล้วนำมาหาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2.2 อุปกรณ์ แบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

2.2.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

และลมร้อนเพียงอย่างเดียว

- 1) ตัวเครื่องอบแห้งมีขนาด $50 \times 100 \times 25$ cm³ บริเวณห้องอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยเหล็ก ต่อกับเครื่องวัดอุณหภูมิ (Data Locker) ความละเอียด $\pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยมีเทอร์มิสเตอร์เป็นตัวเซนเซอร์
- 2) พัดลม ยี่ห้อ DAICHI ขนาด 200 W.
- 3) เครื่องทำความร้อน (Heater)
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ ACU ชั่งได้ 0–150 kg. ค่าความละเอียด ± 0.1 g.
- 5) ถาดที่ใช้ในการอบแห้ง ขนาด 46×94 cm² จำนวน 1 ถาด
- 6) เวอร์เนีย นาฬิกาจับเวลา มีดและเชียง

2.2.2 การอบด้วยรังสีอินฟราเรด

- 1) ตัวเครื่องอบแห้งมีขนาด $61 \times 48 \times 53$ cm³ บริเวณห้องอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยเหล็ก มีการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ซึ่งมีค่าความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยมีเทอร์มิสเตอร์เป็นตัวเซนเซอร์ต่อกับกล่องควบคุมอุณหภูมิ ภายใต้ตู้มีหลอดรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W จำนวน 2 หลอด แขนงไว้ด้านบนห่างจากเนื้อวัสดุประมาณ 15 เซนติเมตร
- 2) เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ YOKOGAWA
- 3) เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius B3420S
- 4) ถาดที่ใช้ในการอบแห้ง ขนาด 41.5×47.5 cm² จำนวน 1 ถาด
- 5) ตู้อบหาความชื้น ยี่ห้อ MEMMERT



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด

2.3 วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 4 ส่วน

2.3.1 การเตรียมขนุน

นำขนุนจาก 2.1 หั่นตามขวาง ขนาดประมาณ 2.5 ± 0.05 มิลลิเมตร แล้วนำมาจัดเรียงในถาดอบ

2.3.2 การอบแห้ง

จัดเรียงขนุนลงบนถาดอบขนาด 46×94 cm² เตรียมการจดบันทึกค่าต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักของขนุนก่อนอบแห้ง อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก บันทึกค่าน้ำหนักอุณหภูมิตลอด ๆ 20 นาที จนขนุนมีความชื้นประมาณ 308.08 ± 5 % มาตรฐานแห้ง โดยแบ่งการอบแห้งเป็น 4 สภาวะ คือ

สภาวะที่ 1 อบแห้งขนุนโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

สภาวะที่ 2 อบแห้งขนุนโดยใช้พลังงานผสมผสาน (พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน) อุณหภูมิ $50-70^{\circ}\text{C}$ ที่ความเร็วลม 0.5 ± 0.1 m/s

สภาวะที่ 3 อบแห้งขนุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า อุณหภูมิ $50-70^{\circ}\text{C}$ ที่ความเร็วลม 0.5 ± 0.1 m/s

สภาวะที่ 4 อบแห้งขนุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ $50-70^{\circ}\text{C}$ ที่กำลังของรังสีอินฟราเรด 1000 W

2.3.3 การหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้น

การคำนวณหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของขนุน สามารถคำนวณหาได้จากแบบจำลองดังนี้

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)

$$MR = \frac{M}{M_{in}}$$

2.3.4 การคำนวณหาค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะ SEC (MJ/kg water evap.) ที่ใช้ในการอบแห้งขนุน คำนวณตามสมการที่

$$SEC = \frac{3.6E_p}{M_{in} - M_f}$$

เมื่อ

M_{in} คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง (กิโลกรัม),

M_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)

E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

2.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

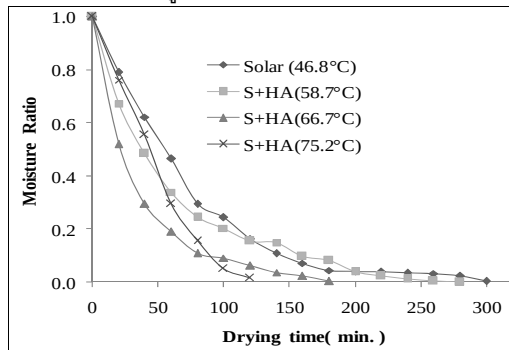
ทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ 20-30 คน ทำการทดสอบ โดยใช้มาตรฐานของ Hedonic scale 1-9

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 จลนพลศาสตร์การอบแห้งขนุน

3.1.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนจากไฟฟ้า

อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 58.7°C, 66.7°C และ 75.2°C มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3

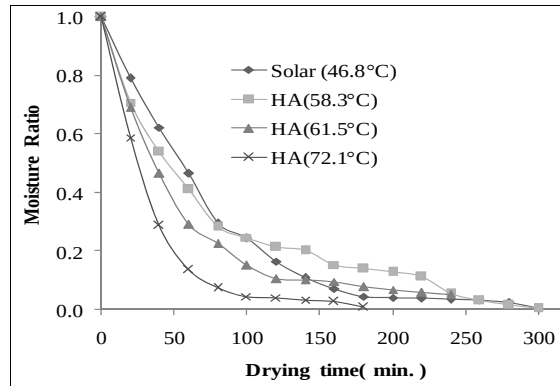


รูปที่ 3 อัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้ง ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ 308.08 ± 5 % มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 3 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน 3 อุณหภูมิ พบว่าในการอบแห้งขนุนที่อุณหภูมิ 75.2°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 2 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 66.7°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยเป็นลำดับที่สองคือ 3 ชั่วโมง ส่วนที่อุณหภูมิ 58.7°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 4 ชั่วโมง 40 นาที

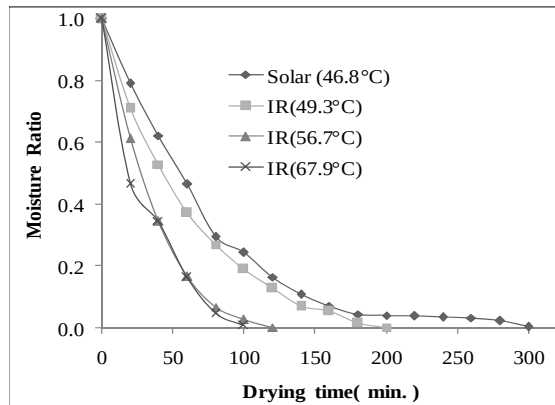
3.1.2 การอบแห้งด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียว

อบแห้งด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 58.3°C, 61.5°C และ 72.1°C มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4



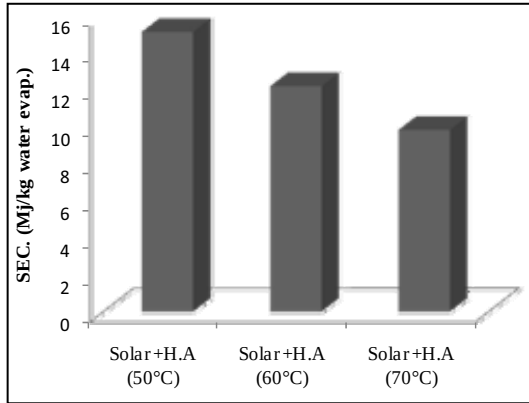
รูปที่ 4 อัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ 308.08 ± 5 % มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้งด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียว พบว่า ในการอบแห้งขนุนที่อุณหภูมิ 72.1°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 3 ชั่วโมง 20 นาที และที่อุณหภูมิ 61.5°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเป็นอันดับที่สองคือ 4 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิ 58.3°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 5 ชั่วโมง



3.1.3 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว

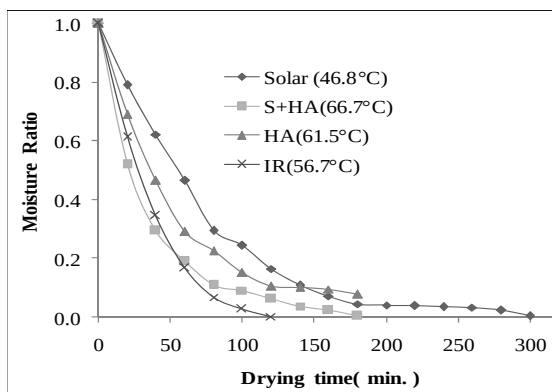
อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลัง 1000 W อุณหภูมิอบแห้ง 49.8°C, 56.7°C และ 67.9°C มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ 308.08 ± 5 % มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของขนุนกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว พบว่าขนุนที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 67.9°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 1 ชั่วโมง 50 นาที และที่อุณหภูมิ 56.7°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเป็นอันดับที่สองคือ 2 ชั่วโมง 20 นาที ส่วนอุณหภูมิ 49.3°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 3 ชั่วโมง 40 นาที

เมื่อเปรียบเทียบแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน พบว่าการอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ที่ทุกอุณหภูมิอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของขนุนกับแหล่งพลังงาน ที่อุณหภูมิ 60°C ที่ 308.08 ± 5 % มาตรฐานแห้ง

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

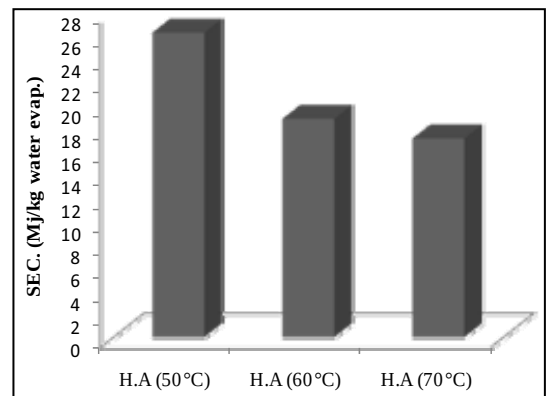
3.2.1 การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

จากรูปที่ 7 พบว่าที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 9.85 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งขนุนด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน และอุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 12.22, 15.66 MJ/kg water evap. ตามลำดับ

รูปที่ 7 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งขนุนด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

3.2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียว

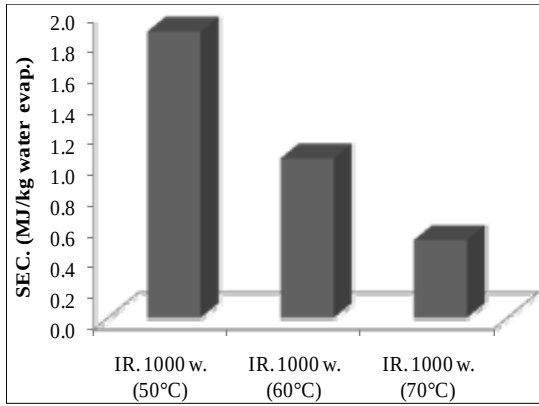
จากรูปที่ 10 พบว่าที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 17.18 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งขนุนด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียว และอุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 18.22, 27.87 MJ/kg water evap. ตามลำดับ



รูปที่ 8 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งขนุนด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิต่าง ๆ

3.2.3 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

จากรูปที่ 9 พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.51 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งขนุน ด้วยพลังงานลมร้อนเพียงอย่างเดียว และที่อุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 1.04, 1.98 MJ/kg water evap. ตามลำดับ



รูปที่ 9 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งขนุนด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ พบว่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิมอบแห้งสูงจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิมอบแห้งต่ำกว่า

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนุน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีสภาวะต่าง ๆ

สภาวะในการอบแห้ง	คุณลักษณะ				
	Flavor	Color	Sweetness	Texture	Acceptability
การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (46.8°C)					
46.8°C	6.64	4.79	6.07	4.71	6.57
การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนจากไฟฟ้า					
58.7°C	7.00	7.57	7.00	4.86	7.07
66.7°C	6.87	7.36	7.07	4.86	6.86
75.2°C	7.00	8.00	7.21	4.86	7.14
การอบแห้งด้วยลมร้อนจากไฟฟ้า					
58.3°C	7.29	7.86	7.36	4.79	7.29
61.5°C	7.07	6.50	6.79	4.57	7.00
72.1°C	7.07	7.43	7.36	4.57	6.93
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1000 W					
59.3°C	7.07	7.64	7.21	4.86	7.00
56.7°C	7.00	7.79	7.29	4.86	6.93
67.9°C	7.14	7.36	7.36	4.93	7.21

หมายเหตุ 1 ไม่ชอบมากที่สุด 2 ไม่ชอบมาก 3 ไม่ชอบปานกลาง 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 5 เฉยๆ 6 ชอบน้อย 7 ชอบปานกลาง 8 ชอบมาก 9 ชอบมากที่สุด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในเรื่อง กลิ่น สี ความหวาน ความเหนียว การยอมรับในการบริโภคของขนุน แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนเป็นที่ยอมรับในการบริโภคทุกสภาวะการ

ทดลอง และมีแนวโน้มการชอบในระดับปานกลาง โดยการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มการชอบในระดับน้อยถึงปานกลาง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ยาวนานกว่าวิธีการอบแห้งแบบอื่นๆ จึงทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นและรส รวมทั้งเกิดการเสื่อมสภาพของสีทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจาง คุณลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าต่ำ (น้อยกว่า 5) เนื่องจากการวางผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการอบแห้งไว้ในสภาพแวดล้อมปกติ ไม่ได้ใส่ในถุงที่ป้องกันการซึมผ่าน ความชื้นจากอากาศแวดล้อมทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดคืนความชื้นกลับ ทำให้ผลิตภัณฑ์เดิมแห้งกรอบ กลายเป็นชื้นและเหนียวขึ้น

4. สรุปผลการทดลอง

- 1) การทดลองวิจัยอบแห้งขนุนด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว ที่กำลังของรังสีอินฟราเรด 1000 W อุณหภูมิมอบแห้ง 50-70°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน และลมร้อนเพียงอย่างเดียว
- 2) ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งขนุนด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว มีความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน และลมร้อนเพียงอย่างเดียว
- 3) การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนุน พบว่าผลิตภัณฑ์ขนุนเป็นที่ยอมรับในการบริโภคทุกสภาวะการทดลอง และมีแนวโน้มการชอบในระดับปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุวรรณ ฐิระวณิชกุล รศ.ดร.ยุทธนา ฐิระวณิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลาให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ นางสาวจุฑารัตน์ ทะสระระ และน้องๆ นักศึกษาที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบคุณ สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ผู้ร่วมโครงการที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครูอาจารย์ ที่รัก และเคารพ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสทางการศึกษาที่มีค่าอันยิ่งใหญ่

เอกสารอ้างอิง

ปิยาภรณ์ ปานกำเนิด . การอบแห้งตะไคร้ด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด . 2552. รายงานวิจัยตามโครงการครุวิจัยพลังงาน สกว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ . สงขลา

สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดธัญพืชและอาหารบาง
ประเภท. 2535. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of
Official Analytical Chemists (15th ed). Washington
D.C., USA.

Tirawanichakul, S., Na Phattalung, W. and Tirawanichakul, Y.,
2008. Drying Strategy of Shrimp using Hot Air
Convection and Hybrid Infrared Radiation/Hot Air
Convection, Walailak J. Sci&Tech. 5(1):77-100.

Tirawanichakul, Y., Prachayawarakon, S., Tungtrakul, P.,
Chaiwatpongskon, W. and Soponronnarit, S. 2003.
Experiments on In-store paddy drying under tropical
climate: simulation and product quality. Drying
Technology-An International Journal. 21(6): 1049-
1064.

การอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด ลมร้อน และระบบพลังงานไฮบริดระหว่างรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

The Mullet Fish Drying using Infrared Radiation Hot Air and Hybrid Infrared Radiation -Hot Air

สมมาแอ กาเซ็ง

โรงเรียนบ้านตะโละสะมีแล ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี 94150

บทคัดย่อ

ปลากระบอก พบมีอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและเหนือหรือใต้เขตร้อน (Sub-tropical) สำหรับในไทยมีรายงานว่าพบที่จังหวัดสงขลา ปัตตานี และนราธิวาส มีการนำปลากระบอกมาทำการตากแห้งเพื่อถนอมอาหาร แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประสบปัญหาการเน่าของปลู่นละออง ระยะเวลาการตาก และสภาพอากาศ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการอบแห้งปลากระบอกโดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ลมร้อน และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นในตัวปลากระบอก โดยการอบด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวทำการทดลอง 3 อุณหภูมิคือ 70°C, 80°C และ 90°C ที่กำลัง 1000W สรุปได้ว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ใช้ระยะเวลาการอบแห้งที่น้อยกว่าการอบด้วยรังสีอินฟราเรดและลมร้อน และสรุปได้ว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วย ลมร้อน และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ที่ 7.62 – 11.84 MJ/kg water evap.

คำสำคัญ: การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด /ปลากระบอก/ความสิ้นเปลืองพลังงาน

Abstract

Mullet fish is marine product which is generally found around tropical and sub-tropical zone. In Thailand the report showed that those are a lot of mullet fish at songkhla, Pattani and Narathiwat. Mullet fish is open oven dried for a long shelf-life. However, the major problem of this solar drying due to humidity, long drying period and fluctuation of air surrounding. Thus the main objectives of this work are to study effect of drying strategy on drying kinetics and quality of dried mullet fish such as drying with infrared (IR) source, hot air (HA) convective and hybrid IR – HA sources. Drying temperature was run at 70, 80 and 90 °C while the power of IR was fixed at 1,000 W. The experimental result showed that drying for mullet fish using Hybrid IR – HA took a shorter drying period comparing to the two other drying sources. However, a

low energy consumption was gotten by drying with solely IR source.

Keyword Infrared; drying, mullet fish, specific energy consumption.

1. บทนำ

ปลากระบอก เป็นชื่อของปลาชนิดหนึ่งที่อยู่ในวงศ์ Mugilidae โดยมีชื่อสามัญว่า The mullet fish ปลากระบอกนั้นพบมีอยู่ทั่วไปในทะเลและน้ำกร่อย ปลากระบอก ชนิดที่รู้จักกันดีและมีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง รวมทั้งนิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงคือ *Mugil cephalus limmaeus* เป็นปลาที่มีลำตัวยาวป้อมหัวแหลม ที่ตามีเยื่อไขมันคลุม ปากเล็ก ครีบหลังมีสองอัน ส่วนหลังเป็นสีเทาหรือน้ำตาล ด้านข้างเป็นสีเงินแวววาวท้องขาว ขาค้างตัวมีแถบสีด่างๆ พบมีอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและเหนือหรือใต้เขตร้อน (Sub-tropical) ในมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรแอตแลนติกและมหาสมุทรอินเดีย รวมทั้งในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนสำหรับในไทยมีรายงานว่าพบที่จังหวัดสงขลา

การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ถนอมและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง และผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่าย เนื่องจากปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นเป็นองค์ประกอบหลัก

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ 3 วิธี วิธีที่ 1 การอบแห้งใช้รังสีอินฟราเรด วิธีที่ 2 การอบแห้งใช้ลมร้อน วิธีที่ 3 การอบแห้งใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ซึ่งเป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานรังสีอินฟราเรดและอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆช่วย ในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือ ต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า รวมทั้งทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง เวลาในการอบแห้ง และความชื้นที่ลดลงในการอบแห้ง

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

ปลากระบอกขนาดเล็กเล็ก (20-25 ตัว/กิโลกรัม) ซึ่งจากท่าเรือในหมู่บ้านตะโละสะมีแล หมู่ 2 บ้านตะโละสะมีแล ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ที่ผ่านการทำความสะอาดตามหลัก

ศาสนาอิสลาม (ผ่านน้ำ สะอาด 3 ครั้ง) แล้วนำมาหาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้า เป็นแหล่งพลังงาน ตัวเครื่องอบแห้งมีขนาด 60x80x158.5 cm³ ภายในบุฉนวนใยแก้วหนา 5 cm มีการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ซึ่งมีค่าความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยมีเทอร์มิสเตอร์เป็นตัว sensor ต่อกับกล่องควบคุมอุณหภูมิ

- ถาดอบแห้งสเตนเลสมีขนาด 44x70x5 cm² จำนวน 3 ถาด
- ห้องอบแห้งมีหลอดอินฟราเรดขนาดหลอดละ 500 W จำนวน

10 หลอด

- เครื่องทำความร้อนขนาดตัวละ 1000 W จำนวน 6 ตัว

2.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius (B342025) ค่าความละเอียด ± 0.1 g.

2.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในห้องอบ อุณหภูมิแวดล้อม

2.2.4 นาฬิกาจับเวลา มีดและเขียง



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน

2.3 วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 4 ส่วน

2.3.1 การเตรียมปลากะบอก

ปลากะบอกขนาดเล็กเล็ก(20-25 ตัว/กิโลกรัม) ชื้อจากท่าเรือในหมู่บ้านตะโละสะมีแล หมู่ 2 บ้านตะโละสะมีแล ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี แล้วมาการทำความสะดวกตามหลักศาสนาอิสลาม (ผ่านน้ำ สะอาด 3 ครั้ง) พร้อมกับนำไปหมักกับเกลือในอัตรา ปลา 1 กิโลกรัมต่อเกลือ 100 กรัม เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง หลังจากนั้นมาหาความชื้นเริ่มต้น 282.16 – 361.80 % dry basis (มาตรฐานแห้ง) ซึ่งหาได้ด้วยวิธี AOAC (1995)

2.3.2 การอบแห้ง

ภายหลังการจัดเรียงปลากะบอกลงบนถาดอบเรียบร้อยแล้ว จึงนำถาดปลากะบอกเข้าห้องอบ เตรียมการจัดบันทึกค่าต่าง ๆ เตรียมจับเวลาโดยแบ่งเวลาการบันทึกค่าตั้งแต่ 0 นาที 10 นาที 6 ครั้ง หลังจากนั้น บันทึกทุกๆ 20 นาที จนกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปลากะบอกมีค่าใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้คำนวณไว้ของแต่ละการทดลอง โดยแบ่งการอบแห้งเป็น 3 สภาวะคือ

สภาวะที่ 1 อบแห้งปลากะบอกโดยใช้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C ที่กำลัง 1000 W

สภาวะที่ 2 อบแห้งปลากะบอกโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C และความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1.0-1.2 m/s ที่กำลัง 1000 W

สภาวะที่ 3 อบแห้งปลากะบอกโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C และความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1.0-1.2 m/s ที่กำลัง 1000 W

2.3.3 การหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้น

การคำนวณหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากะบอก สามารถคำนวณได้จากแบบจำลองดังนี้ อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)

$$MR = \frac{M}{M_{in}}$$

2.3.4 การคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ SEC (MJ/kg water evap.) ที่ใช้ในการอบแห้งปลากะบอก นำข้อมูลที่ได้จากทดลองคือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย และปริมาณการใช้พลังงานตลอดกระบวนการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งปลากะบอกตามสมการข้างต้น

$$SEC = \frac{3.6E_p}{M_{in} - M_f}$$

เมื่อ

M_{in} คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง (กิโลกรัม),

M_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)

E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

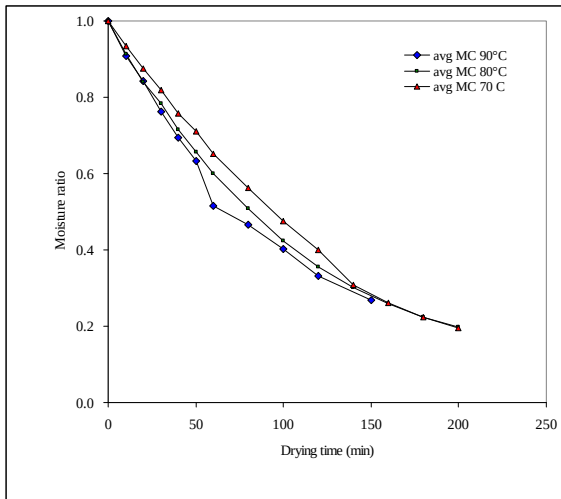
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 จลนพลศาสตร์การอบแห้งปลาหมึก

3.1.1 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C ใช้รังสีอินฟราเรด 1000W มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2

ในภาพที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W 2 หลอด สามอุณหภูมิ พบว่าในการอบแห้งปลากะบอกที่อุณหภูมิ 90°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 150 นาที และที่อุณหภูมิ 80°C ,70°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 200 นาที

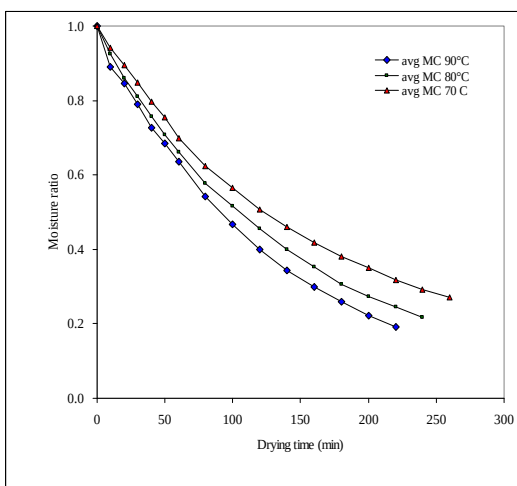


รูปที่ 2 อัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

3.1.2 การอบแห้งด้วยลมร้อน

อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C ใช้กำลังของพัดลมเป่าลมความเร็วลมที่ 1.0–1.2 m/s และใช้เครื่องทำความร้อนกำลัง 1000W จำนวน 6 ตัว มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3

ในรูปที่ 3 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อน โดย ใช้พัดลมเป่าลมความเร็วลมที่ 1.0–1.2 m/s และใช้เครื่องทำความร้อนกำลัง 1000W จำนวน 6 ตัว ทำการทดลองสองอุณหภูมิ พบว่าในการอบแห้งปลากะบอกที่อุณหภูมิ 90°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 220 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 80°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 240 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 70°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 300 นาที ตามลำดับ

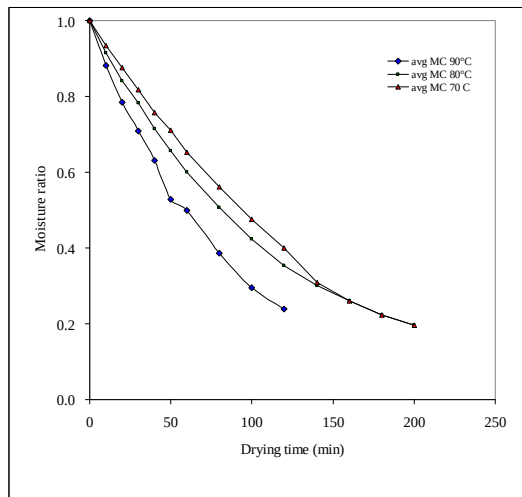


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อน

3.1.3 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C ใช้กำลังของรังสีอินฟราเรด 1000 W มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3

ในรูปที่ 3 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยใช้หลอดรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W 2 หลอด ใช้พัดลมเป่าลมความเร็วลมที่ 1.0–1.2 m/s และใช้เครื่องทำความร้อนกำลัง 1000W จำนวน 6 ตัว ทำการทดลองสองอุณหภูมิ พบว่าในการอบแห้งปลากะบอกที่อุณหภูมิ 90°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 120 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 80°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 160 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 70°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 160 นาที เช่นกัน

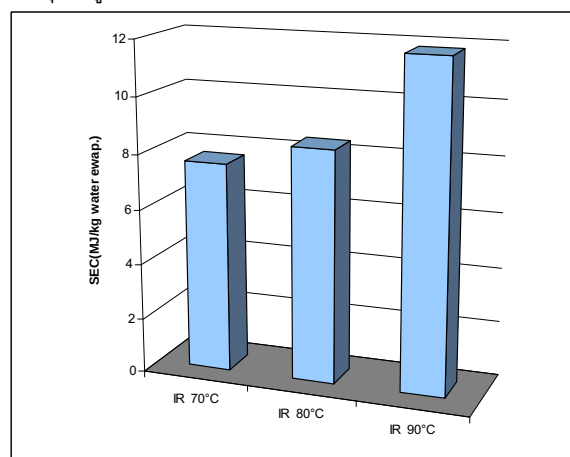


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของปลากะบอกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

3.2.1 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

ในภาพที่ 5 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากะบอกด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W 10 หลอด สามอุณหภูมิ

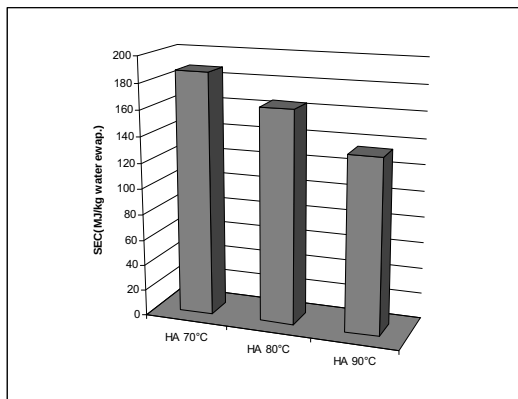


รูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากะบอกด้วยรังสีอินฟราเรด 1000W

พบว่าที่อุณหภูมิ 90°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 11.84 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่มากที่สุดในการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด และที่อุณหภูมิ 80°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 8.41 MJ/kg water evap. และที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 7.6241 MJ/kg water evap.

3.2.2 การอบแห้งด้วยลมร้อน

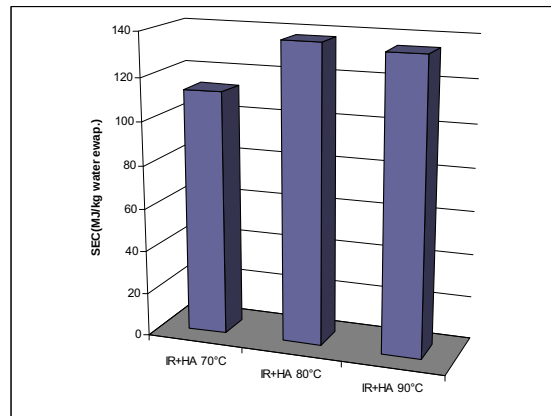
ในรูปที่ 6 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งด้วยลมร้อน พัดลมเป่าลมความเร็วลมที่ 1.0-1.2 m/s และใช้เครื่องทำความร้อนกำลัง 1000 W จำนวน 6 ตัว ทำการทดลองสองอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 90°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 187.74 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่มากที่สุดในการอบแห้งปลากระบอกด้วยลมร้อน ส่วนที่อุณหภูมิ 80°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 164.62 MJ/kg water evap. ที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 134.82 MJ/kg water evap.



รูปที่ 6 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากระบอกด้วยลมร้อน

3.2.3 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

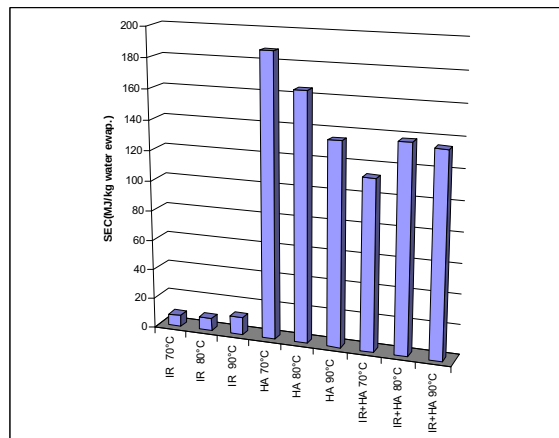
ในรูปที่ 7 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยหลอดรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W 10 หลอด พัดลมเป่าลมความเร็วลมที่ 1.0-1.2 m/s และใช้เครื่องทำความร้อนกำลัง 1000 W จำนวน 6 ตัว ทำการทดลองสองอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 90°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 134.82 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่มากที่สุดในการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ส่วนที่อุณหภูมิ 80°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 137.51 MJ/kg water evap. และที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 113.11 MJ/kg water evap.



รูปที่ 7 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

3.2.4 เปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งปลาหมึกด้วยลมร้อนกับการอบแห้งปลาหมึกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

ในรูปที่ 8 พบว่าการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการอบแห้งปลากระบอกด้วยลมร้อนและการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน



รูปที่ 8 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

3.3 คุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลากระบอก

สภาวะในการ อบแห้ง	กลิ่น		สี		ความ แห้ง	ลักษณะ ปรากฏ		ความ เค็ม	การยอมรับ	
	ก่อน ทอด	หลัง ทอด	ก่อน ทอด	หลัง ทอด		ก่อน ทอด	หลัง ทอด		ก่อน ทอด	หลัง ทอด
การตากแดด										
	6.9	8.1	7.7	8.3	7.1	7.9	8.3	6.0	7.6	8.3
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1000 W										
70°C	6.6	7.7	7.3	7.9	6.9	7.1	7.7	6.2	7.2	7.8
80°C	6.6	7.8	7.4	8.0	6.9	7.3	7.8	6.2	7.2	7.8
90°C	6.7	7.7	7.6	8.0	6.9	7.3	7.7	6.3	7.3	7.9
การอบแห้งด้วยลมร้อนจากไฟฟ้า										
70°C	6.8	7.6	7.6	8.1	7.2	7.5	8.0	6.6	7.4	8.2
80°C	6.8	7.8	7.6	8.2	7.1	7.5	7.9	6.9	7.4	8.3
90°C	6.8	8.0	7.6	8.2	7.1	7.4	7.9	6.7	7.5	8.1
การอบแห้งด้วยพลังงานอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนจากไฟฟ้า										
70°C	7.0	8.0	7.6	8.1	7.1	7.3	8.1	6.6	7.4	8.1
80°C	7.0	7.9	7.6	8.0	7.1	7.5	8.0	6.8	7.4	8.3
90°C	6.6	7.7	7.3	7.3	6.8	7.1	7.6	6.8	7.2	8.0

หมายเหตุ	1 ไม่ชอบมากที่สุด	2 ไม่ชอบมาก
	3 ไม่ชอบปานกลาง	4 ไม่ชอบ
เล็กน้อย	5 เฉยๆ	6 ชอบน้อย
	7 ชอบปานกลาง	8 ชอบมาก
	9 ชอบมากที่สุด	

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในเรื่อง กลิ่น สี ความแห้ง ลักษณะปรากฏ ความเค็ม การยอมรับในการบริโภคของ ปลากระบอก แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลากระบอกเป็นที่ยอมรับในการบริโภคทุกสภาวะการทดลอง และมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยการอบแห้งด้วยพลังงานลมร้อนมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากการอบแห้งที่ผสมผสานระหว่างลมและความร้อน ที่จะทำให้ปลาค่อยแห้งอย่างช้าๆอย่างเป็นธรรมชาติ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นหลังการทอดพบว่าอยู่ในระดับมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ส่วนสีของปลากระบอกก่อนทอดและหลังการทอดพบว่าอยู่ในระดับมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากทางด้านความแห้งของปลากระบอกหลังการทอดพบว่าอยู่ในระดับมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง ทางด้านลักษณะปรากฏพบว่าอยู่ในระดับมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ทางด้านความเค็มพบว่าอยู่ในระดับมีแนวโน้มการชอบในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง อาจจะมาจากการกลุ่มผู้บริโภคไม่ชอบของเค็ม สรุปโดยการยอมรับแล้วผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในระดับที่ชอบปานกลางถึงชอบมาก

4. สรุปผลการทดลอง

- 1) การทดลองวิจัยอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อน
- 2) ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว มีความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งน้อยกว่า การอบแห้งปลากระบอกลมร้อนการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล ผศ. ดร.ยุทธนา ฐิระวณิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาใช้เวลาให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ นางสาวจุฑารัตน์ ทะสระ และน้องนักศึกษาที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ผู้ร่วมโครงการที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครูอาจารย์ ที่รัก และเคารพ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสทางการศึกษาที่มีค่าอันยิ่งใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- ปิยาภรณ์ ปานกำเนิด . การอบแห้งตะไคร้ด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด . 2552. รายงานวิจัยตามโครงการครุวิจัยพลังงาน สกว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ . สงขลา
- สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดธัญพืชและอาหารบางประเภท. 2535. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists (15th ed). Washington D.C., USA.
- Tirawanichakul, S., Na Phattalung, W. and Tirawanichakul, Y., 2008. Drying Strategy of Shrimp using Hot Air Convection and Hybrid Infrared Radiation/Hot Air Convection, Walailak J. Sci&Tech. 5(1):77-100.

การอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด

Gotu Kola Drying using Infrared

สลิลลา ชานูเขียว

โรงเรียนบ้านดอนเงิน อำเภอลำทะเมนชัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จังหวัดบุรีรัมย์

E-mail : salinla34@gmail.com

บทคัดย่อ

สมุนไพรท้องถิ่นในประเทศไทยสามารถทำให้เป็นพืชเศรษฐกิจและอาศัยภูมิปัญญาพื้นบ้านเพื่อคงคุณค่าทางสรรพคุณเอาไว้ ใบบัวบกเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านไทยที่หาได้ง่ายในทุกท้องถิ่นและสามารถเพิ่มมูลค่าได้ อย่างไรก็ตามใบบัวบกสดไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน สิ่งนี้จึงเป็นปัญหาค่อนข้างมากและเป็นวัตถุประสงค์ของโครงการงานนี้ การทำใบบัวบกอบแห้งเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจึงถูกดำเนินการ โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการอบแห้งของใบบัวบก โดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ที่มีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในใบบัวบกทำการทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง คือ 50°C 60°C และ 70°C ที่กำลัง 500W 1000W และ 1500W ใบบัวบกอบแห้งมีความชื้นสุดท้ายที่ 60.0 % มาตรฐานแห้ง สรุปได้ว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C กำลัง 1500W ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยที่สุด 30 นาที และสรุปได้ว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C ที่กำลัง 1500W มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยที่สุด 0.31 MJ/kg water evap.

คำสำคัญ: การอบแห้ง / ความชื้น / รังสีอินฟราเรด / ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน / คุณภาพ

Abstract

Local herbal plant in Thailand can be one of good economy product. In the present, gotu kola is easy to plant in everywhere and can make value added. However, the fresh gotu kola can not be storage. This is interesting problem for our purpose. Dehydration of gotu kola leaf for producing herbal tea was carried out. Thus the objective of this work is to study effect of infrared drying temperature on quality and change of moisture content of gotu kola. Drying strategy was run at drying temperature of 50°C 60°C and 70°C corresponding to infrared radiation ranging of 500 – 1500 W and desired final moisture content was fixed at 60.0 % dry-basis. The result showed that drying of gotu kola by infrared of 1,500 W has the lowest drying time(30 min.) and every consumption compared to the other drying temperature.

Keyword; drying / moisture / infrared /humidity ratio and the cost of wasting energy / quality

1. บทนำ

ใบบัวบก หรือ Gotu Kola ชื่อสามัญ Asiatic Pennywork มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Centella asiatica* (Linn.) Urban วงศ์ Umbelliferae (Apiaceae) มีประวัติการใช้ประโยชน์ในทางยารมานาน พบว่าส่วนสำคัญที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ส่วนของใบและรากมีสรรพคุณ บำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ ช่วยลดอาการอ่อนเพลีย เมื่อยล้า ขับปัสสาวะ โดยเฉพาะแก้ช้ำในอันเนื่องมาจากโดนกระแทก หรือตกจากที่สูง มีอาการเจ็บภายในลำตัว เชื่อว่าใบบัวบกช่วยบรรเทาอาการเหล่านี้ได้ทำให้เลือดมีการไหลเวียนได้มากขึ้น เป็นพืชที่ปลูกง่ายกับทุกสภาพผิวดิน มีราคาต่ำ ซึ่งในใบบัวบกมีสรรพคุณมากแต่ชาวบ้านในชุมชนไม่รู้จักนำใบบัวบกมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ในด้านของการก่อให้เกิดรายได้ จึงมีการแปรรูปใบบัวบกเพื่อเก็บรักษาไว้ได้นานเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรไทย

การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ถนอมและเก็บรักษาสภาพผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงผลิตภัณฑ์ไม่เน่าง่าย การลดความชื้นของผลิตภัณฑ์สามารถนำเอาเทคนิคการอบแห้งด้วยพลังงานจากแหล่งต่างๆ เช่นพลังงานความร้อนจากชีวมวล คลื่นไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรดและพลังงานลมร้อนเป็นต้น การใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่ทำให้สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เสียไป สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้เร็วขึ้น

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการทดลองการอบแห้งใบบัวบกจากรังสีอินฟราเรด รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรด เวลาในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดลงในการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2. วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุประสงค์

ใบบัวบกจากตลาดสดในอำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดสงขลา ที่ตัดให้เหลือส่วนก้านและใบ แล้วนำมาหาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995)

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยใช้พลังงานความร้อนรวมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้า เป็นแหล่งพลังงาน บริเวณตู้อบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยเหล็ก มีการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ซึ่งมีค่าความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยมีเทอร์มิสเตอร์เป็นตัว sensor

ต่อกับกล่องควบคุมอุณหภูมิ โดยมีรายละเอียดของเครื่องอบแห้งดังนี้

- (1) ตู้เครื่องอบแห้งมีขนาด 48x61x53 cm³ ภายในบุด้วยกระดาษฟรอยด์อลูมิเนียม
- (2) ถาดที่ใช้ในตู้อมีขนาด 41.5x4.7x2 cm³ จำนวน 1 ถาด
- (3) ด้านในตู้อมีหลอดอินฟราเรดขนาดหลอดละ 500 W จำนวน 3 หลอด แขนงไว้ด้านบนห่างจากเนื้อวัสดุประมาณ 15 เซนติเมตร

2.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius (B342025) ค่าความละเอียด ± 0.1 g.

2.2.3 เครื่องวัดยี่ห้อ Supcon ความละเอียด ± 0.01 °C ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในห้องอบ อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิกระเปาะเปียก

2.2.4 นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ กรรไกร มีด ภาละมังและตะกร้า

2.2.5 เดซิเคเตอร์ (desiccator) ภาชนะดูดความชื้น

2.2.6 ตู้อบหาความชื้น ยี่ห้อ MEMMERT



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน

2.3 วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 5 ส่วน

2.3.1 การเตรียมใบบวบ

นำใบบวบมาล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ตัดให้เหลือส่วนก้านและใบ นำไปใส่ถาดขนาด 41.5x4.7x2 cm³ จำนวน 1000 g เกลี่ยให้ทั่วถาด

2.3.2 การอบแห้ง

นำใบบวบส่วนหนึ่งไปหาความชื้นเริ่มต้นโดยชั่งน้ำหนักใบบวบถ้วยละ 6 g จำนวน 3 ถ้วย อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 600 % dry basis (มาตรฐานแห้ง) ซึ่งหาได้ด้วยวิธี AOAC (1995) นำถาดใบบวบที่เตรียมไว้เข้าตู้อบ เตรียมการจดบันทึกค่าต่าง ๆ จับเวลาโดยแบ่งเวลาการบันทึกค่าตั้งแต่ 0 นาที 5 นาที 6 ครั้ง และหลังจากนั้นบันทึกค่าทุก 10 นาที จนกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของใบบวบมีค่าใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้คำนวณไว้ของแต่ละการทดลอง โดยแบ่งสภาวะการทดลองดังนี้

สภาวะที่ 1 อบแห้งใบบวบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

สภาวะที่ 2 อบแห้งใบบวบโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50°C 60°C และ 70°C ที่กำลัง 500 W

สภาวะที่ 3 อบแห้งใบบวบโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50°C 60°C และ 70°C ที่กำลัง 1000 W

สภาวะที่ 4 อบแห้งใบบวบโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50°C 60°C และ 70°C ที่กำลัง 1500 W

2.3.3 การหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้น

การคำนวณหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของใบบวบ สามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้ อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR)

$$MR = \frac{M_t}{M_{in}} \quad (2)$$

เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น

M_t คือ ความชื้นที่ขณะใดๆ, % dry-basis

M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้น, % dry-basis

2.3.4 การคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ SEC (MJ/kg water evap.) ที่ใช้ในการอบแห้งใบบวบ นำข้อมูลที่ได้จากทดลองคือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย และปริมาณการใช้พลังงานตลอดกระบวนการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งใบบวบตามสมการข้างต้น

$$SEC = \frac{3.6E_p}{m_{in} - m_f}$$

เมื่อ m_{in} คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง (กิโลกรัม),

m_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)

E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

2.3.5 การทดสอบคุณภาพของใบบวบ

พิจารณาจากสมบัติทางกายภาพของใบบวบโดยใช้ประสาทสัมผัส สัมผัส สักกลิ่น รสชาติ ลักษณะรูปร่าง เปรียบเทียบกับใบบวบที่ตากแห้งโดยธรรมชาติ โดยใช้โดยใช้แบบทดสอบการยอมรับในการบริโภคของใบบวบ

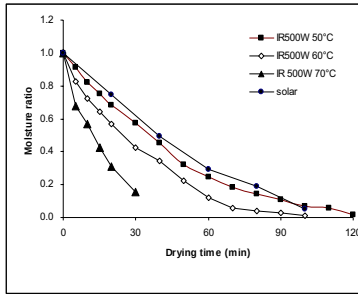
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 จลนพลศาสตร์การอบแห้งใบบวบ

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

1.อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°C 60°C และ 70°C ใช้รังสีอินฟราเรด 500W มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2

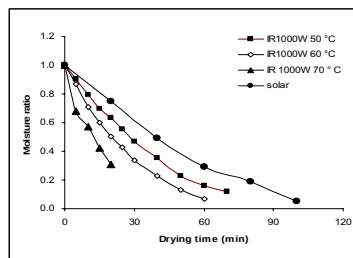
ในภาพที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบวบกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500W สามอุณหภูมิ พบว่า ใบบวบที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 80 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 100 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 50°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 120 นาที



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W

2.อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C 60°C และ 70°C ใช้รังสีอินฟราเรด 1000W มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3

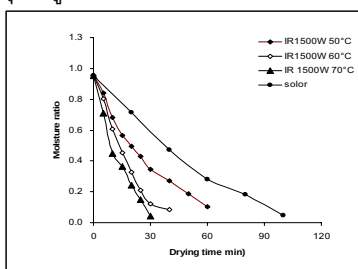
ในภาพที่ 3 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1000W สามอุณหภูมิ พบว่าใบบัวบกที่อบแห้งด้วย อุณหภูมิ 70°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 30 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 60 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 50°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 110 นาที



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1000 W

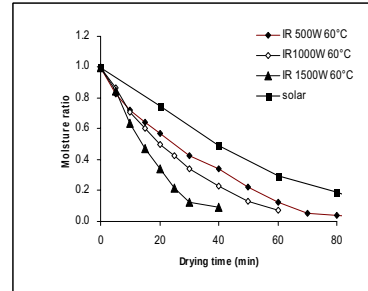
3.อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C, 60°C และ 70°C ใช้รังสีอินฟราเรด 1500W มีแนวโน้มของการลดลงของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4

ในภาพที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1500W สามอุณหภูมิ พบว่าใบบัวบกที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70°C มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 30 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยเป็นลำดับที่สองคือ 50 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 50°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากที่สุดคือ 60 นาที



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1500 W

ในภาพที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500W 1000W 1500W ที่อุณหภูมิ 60°C พบว่า ใบบัวบกที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1500W มีการใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด และที่อุณหภูมิ 50°C 70°C มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

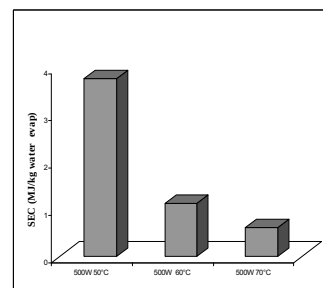


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นของใบบัวบกกับเวลาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500 W 1000 W 1500 W ที่อุณหภูมิ 60°C

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

3.2.1 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

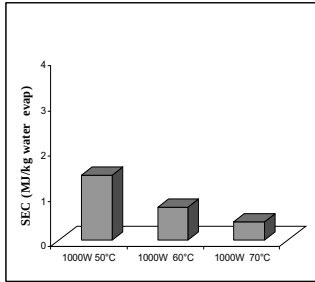
ในภาพที่ 6 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 500W สามอุณหภูมิ พบว่าใบบัวบกที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 0.61 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด และที่อุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 1.13 MJ/kg water evap. และ 3.77 MJ/kg water evap. ตามลำดับ



รูปที่ 6 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด 500W

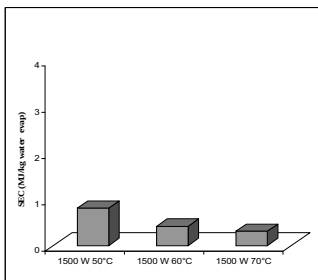
ในภาพที่ 7 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1000W สามอุณหภูมิ พบว่าใบบัวบกที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 0.42 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด และที่อุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความ

สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 0.74 MJ/kg water evap. และ 1.44 MJ/kg water evap.



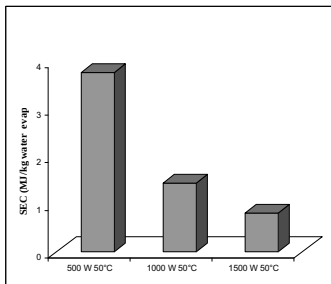
รูปที่ 7 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบก ด้วยรังสีอินฟราเรด 1000W

ในภาพที่ 8 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดขนาด 1500W สามอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 0.31 MJ/kg water evap. ซึ่งเป็นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด และที่อุณหภูมิ 60°C และ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ 0.42 MJ/kg water evap. และ 0.81 MJ/kg water evap.



รูปที่ 8 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบก ด้วยรังสีอินฟราเรด 1500W

ในภาพที่ 9 ใบบัวบก ด้วยรังสีอินฟราเรด 500W 1000W 1500W ที่อุณหภูมิ 50°C พบว่าที่รังสีอินฟราเรด 1500W อุณหภูมิ 50°C มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดและที่อุณหภูมิ 60°C 70°C มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน



รูปที่ 9 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งใบบัวบก ด้วยรังสีอินฟราเรด 500W 1000W 1500W ที่อุณหภูมิ 50°C

4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาใบบัวบก

พิจารณาจากสมบัติทางกายภาพของชาใบบัวบกโดยใช้ประสาทสัมผัส สังเกต สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะรูปร่าง เปรียบเทียบกับใบบัวบกที่ตากแห้งโดยธรรมชาติ โดยใช้แบบทดสอบการยอมรับในการบริโภคชาใบบัวบก

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาใบบัวบกที่สภาวะต่างๆ

สภาวะในการอบแห้ง	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	รูปลักษณะ	การยอมรับโดยรวม
การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (43°C)					
-	6.72	6.87	7.61	5.41	7.19
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 500 W					
50°C	8.12	8.53	7.23	5.76	7.56
60°C	7.23	7.16	7.37	5.16	7.12
70°C	7.29	7.24	7.31	5.19	7.31
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1000 W					
50°C	7.46	6.25	7.44	5.37	7.42
60°C	7.69	6.17	7.26	5.21	7.29
70°C	7.48	6.32	7.37	5.40	7.34
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1500 W					
50°C	7.23	6.74	7.92	5.31	7.51
60°C	7.45	6.12	7.18	5.62	7.14
70°C	6.81	5.98	7.82	5.74	7.21

หมายเหตุ 1 ไม่ชอบมากที่สุด 2 ไม่ชอบมาก

3 ไม่ชอบปานกลาง 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 5 เฉยๆ 6 ชอบน้อย 7 ชอบปานกลาง 8 ชอบมาก 9 ชอบมากที่สุด

4. สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองวิจัยอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลังมาก ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลังน้อย ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน
2. ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดที่มีกำลังสูงมีการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยกว่าการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลังต่ำ ซึ่งมีค่าความแตกต่างถึง 78.51%
3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบการบริโภคชาใบบัวบก พบว่า ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.8 – 7.5) และเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้ง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์(7.1) ทุกสภาวะมีแนวโน้มการยอมรับที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งจะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลง ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ช้า เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งเป็นการช่วยถนอมคุณภาพในด้านของสี รสชาติ ของชาใบบัวบก ได้ดีกว่าสำหรับกลิ่น พบว่า การเลือกใช้รังสีอินฟราเรด 500 W ทุกอุณหภูมิให้กลิ่นดีกว่าสภาวะอื่นๆ ทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล รศ.ดร.ยุพธนา ฐิระวณิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลาให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ นางสาวจุฑารัตน์ ทะสระระ และน้องนักศึกษาที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ครุวิจัย รุ่น 3 ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครูอาจารย์ ที่รัก และเคารพ ผู้ให้โอกาสทางการศึกษาที่มีค่าอันยิ่งใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- นภกร โยธากัด¹ สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล² ยุพธนา ฐิระวณิชกุล³
- ³. 2552. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในการอบแห้งข้าวหนึ่งโดยใช้พลังงานลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก. ²
- ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112.
- สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดธัญพืชและอาหารบางประเภท. 2535. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists (15th ed). Washington D.C., USA.
- Tirawanichakul, S., Na Phattalung, W. and Tirawanichakul, Y., 2008. Drying Strategy of Shrimp using Hot Air Convection and Hybrid Infrared Radiation/Hot Air Convection, Walailak J. Sci&Tech. 5(1):77-100.
- Tirawanichakul, Y., Prachayawarakon, S., Tungtrakul, P., Chaiwatpongskon, W. and Soponronnarit, S. 2003. Experiments on In-store paddy drying under tropical climate: simulation and product quality. Drying Technology-An International Journal. 21(6): 1049-1064.

เครื่องมือวัดความเร็วลมโดยใช้มอเตอร์

Anemometer from motor

เจริญรัตน์ เจ๊ะหมัด

โรงเรียนบ้านตะโละสะมีแล ต.แหลมโพธิ์ อ.ยะหริ่ง จ.ปัตตานี 94150

*E-mail : himbudee3@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบแกนตั้ง ใช้ใบพัดแบบลูกถ้วยชนิด 3 ใบ โดยมอเตอร์ ในการศึกษานี้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความต่างศักย์ไฟฟ้า ความเร็วรอบกับความต่างศักย์ไฟฟ้า ความเร็วรอบกับความเร็วลม ความเร็วลมกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบ ผลการทดลองพบว่า เครื่องมือวัดความเร็วลมเริ่มทำงานที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมกับความต่างศักย์ไฟฟ้า ความเร็วรอบกับความต่างศักย์ไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กันแบบโพลิโนเมียลกำลังสาม ความเร็วรอบกับความเร็วลม มีความสัมพันธ์กับแบบเชิงเส้น ความเร็วลมกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบ มีค่าเฉลี่ย 0.41

คำสำคัญ: เครื่องวัดความเร็วลม กังหันลมแกนตั้ง มอเตอร์

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น การผลิตพลังงานทดแทนจากพลังงานลมเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทุกคนให้ความสนใจมาก การที่จะพัฒนาพลังงานลมเพื่อใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีปริมาณลมของแต่ละพื้นที่ว่ามีปริมาณลมเหมาะสมหรือไม่ จึงต้องมีเครื่องมือวัดความเร็วลมเป็นลำดับแรก

โรงเรียนบ้านตะโละสะมีแล เป็นสถานศึกษาตั้งอยู่ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ซึ่งมีพื้นที่เป็นชายฝั่งทะเลติดกับอ่าวไทย และมีลักษณะภูมิศาสตร์เป็นแหลมคือแหลมตาชี จึงมีปริมาณลมจำนวนมากในแต่ละปี และจากที่ได้มีการรายงานของกรมทรัพยากรธรณีร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ว่าเป็นบริเวณพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตพลังงานทดแทนจากลม

จากความสำคัญดังกล่าว การศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลม เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการที่จะรู้ปริมาณลมในแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้ในการเป็นข้อมูลศึกษาการผลิตกังหันลมต่อไป

2. ทฤษฎีและหลักการ

การศึกษาทฤษฎีพลังงานลม กังหันลม หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความเร็วลม

ความเร็วลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม อธิบายดังในรูปของสมการ

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

เมื่อ P = ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม

V = ความเร็วลม

ρ = ค่าความหนาแน่นของอากาศ

หลักการออกแบบใบพัดเครื่องมือวัดความเร็วลม

เนื่องจากมอเตอร์ที่นำมาสร้างเป็นเครื่องมือวัดความเร็วลมในการวิจัยนี้เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก จึงมีข้อจำกัดในเรื่องพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หลักการออกแบบใบพัดของเครื่องมือวัดความเร็วลมจึงพยายามทำให้แกนมอเตอร์หมุนให้ได้เร็วที่สุดในที่ระดับความเร็วลมใด ๆ เพื่อให้มอเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มากที่สุดตามหลักการของไดนาโม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบใบพัดได้แก่

1. แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่สามารถวัดได้โดยตรงจากการผลิตของมอเตอร์ก็คือ แรงดันไฟฟ้า หากแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากจะมีความสะดวกต่อการวัด แต่หากแรงดันมีค่าน้อย ๆ ก็จำเป็นต้องมีการขยายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่ามากพอที่จะวัดได้โดยการใช้วงจรไอซี

2. รูปร่างของใบพัด อาจเป็นรูปถ้วยหรือเป็นแบบแผ่น ใบพัดแบบถ้วยใช้สำหรับออกแบบกังหันที่มีแกนหมุนในแนวตั้ง ส่วนใบพัดแบบแผ่นใช้ออกแบบสำหรับการหมุนในแนวนอน

3. ความยาวของก้านใบพัด เป็นปัจจัยที่ส่งผลตรงต่อทอร์กของใบพัด

ทอร์กส่งผลต่อความเร็วเริ่มต้นในการหมุนของใบพัดและความเร็วในการหมุน ดังสมการ

$$\text{ทอร์ก} = \text{ความยาวก้านใบพัด} \times \text{แรง} \text{-----} (1)$$

เมื่อทอร์กมีค่ามากใบพัดจะเริ่มหมุนได้ที่ความเร็วลมต่ำ ๆ อย่างไรก็ตามหากก้านใบพัดมีความยาวมาก ๆ จะส่งผลต่อความเร็วรอบของใบพัดซึ่งจะลดลงเมื่อเทียบกับกังหันที่ก้านใบพัดสั้นกว่า ทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย

4. ขนาดพื้นที่หน้าตัดของใบพัด ขนาดพื้นที่ของใบพัดส่งผลต่อแรงในการหมุนของใบพัด พื้นที่ใบพัดมากทำให้มีแรงในการหมุนมาก

$$\text{แรง} = \text{ความดัน} \times \text{พื้นที่} \text{-----} (2)$$

อย่างไรก็ตามหากพื้นที่มากเกินไปก็จะทำให้น้ำหนักของวัสดุที่ใช้มากตามไปด้วย นั่นคือความเร็วในการหมุนจะลดลง

5. น้ำหนักของใบพัด น้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทำใบพัดมีผลต่อความเร็วในการหมุนเพราะน้ำหนักมากความเร็วในการหมุนจะลดลง ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา

แรง = มวล x ความเร่ง -----> (3)

6. ความเร็วลมเริ่มต้นต่อการหมุนของใบพัด
ความเร็วลมเริ่มต้นที่ทำให้ใบพัดหมุนจะเป็นตัวบอกว่าเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้นมีความไวต่อการวัดเป็นเท่าใด

7. Tip speed ratio (tsr)

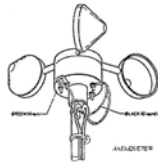
tsr คืออัตราส่วนความเร็วปลายใบต่อความเร็วลมที่พัดผ่านใบพัด

$$tsr = \text{ความเร็วที่ปลายใบพัดหมุน} / \text{ความเร็วลม} \text{----->}$$

(4)

ดังนั้นแล้ว tsr คือตัวกำหนดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จะได้จากหมุนของมอเตอร์ ถ้าออกแบบให้ tsr มีค่ามาก ๆ จะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่ามากตามไปด้วย

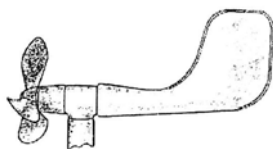
เครื่องวัดความเร็วลม เรียกว่า แอนนิโมมิเตอร์ (Anemometer) แบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบบลูกถ้วย (Cup Anemometer) ประกอบด้วย ลูกถ้วยรูปครึ่งทรงกลม 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่กับเพลานั่น



รูปที่ 1 แอนนิโมมิเตอร์แบบลูกถ้วย

ความกดที่แตกต่างกันจากด้านหนึ่งของลูกถ้วยใบหนึ่งไปยังลูกถ้วยอีกใบหนึ่ง เป็นเหตุให้ลูกถ้วยหมุนรอบๆ เพลานั่นอัตราที่ลูกถ้วยหมุนจะเป็นสัดส่วนตรงต่อความเร็วลม การหมุนของลูกถ้วยปกติจะถูกเปลี่ยนกลับเป็นความเร็วลมผ่านระบบเกียร์และสามารถอ่านความเร็วลมได้จากหน้าปัด หรือส่งไปยังเครื่องบันทึกเวลา

ส่วนเครื่องวัดที่วัดได้ทั้งความเร็วลม และทิศทางลม เรียกว่า แอโรเวน (Aero vane) โดยรวมแอนนิโมมิเตอร์และศรลมเข้าด้วยกัน เครื่องมือนี้ใช้ใบพัด 3 ใบวัดความเร็วลม ใบพัดหมุนเป็นอัตราส่วนกับความเร็วลม ด้วยรูปร่างของเครื่องมือที่มีรูปทรงอากาศพลศาสตร์ดี และมีหางเสืออยู่ในแนวตั้งช่วยให้ใบพัดหันเข้าหาลม (รูปที่ 2) ศรลมจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ บอกทิศทางลม และช่วยให้แกนของใบพัดชี้เข้าหาทิศทางลม ทั้งแอนนิโมมิเตอร์และศรลม เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือที่ทำการบินบันทึก



รูปที่ 2 แอโรเวน

เครื่องวัดลมที่กล่าวมานี้เป็นการวัดลมที่พื้นดิน และบอกทิศทาง หรือความเร็วลมในตำแหน่งที่โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางอื่นๆ ก็มีอิทธิพลต่อลม เช่น อาคาร ต้นไม้ และอื่นๆ ความเร็วลมจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้น

เครื่องมือที่ใช้วัดลมควรตั้งอยู่ในที่โล่งที่ลมไหลได้สะดวก และควรอยู่สูงกว่าหลังคาอาคาร แต่ในทางปฏิบัติแอนนิโมมิเตอร์จะถูกติดตั้งวางไว้ในระดับความสูงต่างๆ ไม่แน่นอน ทำให้การวัดลมขาดความแม่นยำไปพอสมควร

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ ได้แก่ มอเตอร์ แผ่นอะคริก หัวแร้ง สกรูตัวจิ๋ว สว่านไฟฟ้า ซีลอร์ดจักรยาน ท่อน้ำไทย ช้อนตักสาร เครื่องมือวัดความเร็วลมมาตรฐาน เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดรอบการหมุน

3.2 การสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลม

นำอุปกรณ์ทั้งหมดประกอบเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3



(ก)

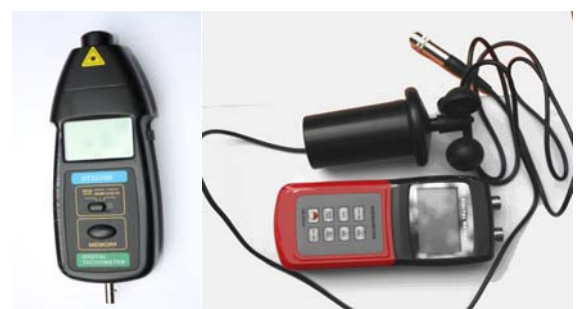
(ข)

รูปที่ 3 เครื่องวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้น

3.3 เทียบมาตรฐานกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

วัสดุอุปกรณ์

1. พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร.
2. อะนิโมมิเตอร์ยี่ห้อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Digital Tachometer รุ่น DT22368
4. มัลติมิเตอร์ มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ MITSUMI โมเดล YX-360TRe-b-s
5. สมุดบันทึกข้อมูล
6. กล้องถ่ายภาพ



รูปที่ 4 ช่าย เครื่องวัดความเร็วรอบ และช่าย อะนิโมมิเตอร์



รูปที่ 5 มัลติมิเตอร์

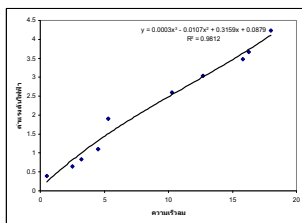


รูปที่ 6 พัดลม

วิธีการทดสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดความเร็วลม

เปิดพัดลมแล้วทำการวัดความเร็วลมด้วยอะนิโมมิเตอร์ในแต่ละระยะห่างจากพัดลม ในขณะที่เดียวกันก็ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งวัดความเร็วรอบการหมุนของใบพัด บันทึกข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel นำเสนอในรูปของกราฟการกระจายข้อมูล จากนั้นจึงสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลม สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับความเร็วลม และหาค่าความเร็วปลายใบ และหาค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบกับความเร็วลม (TSR)

4. ผลการทดลอง



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลม

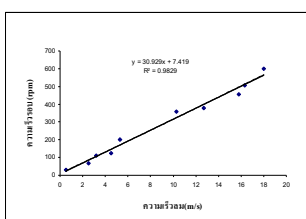
จากรูปที่ 7 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับแรงดันไฟฟ้า จะได้ความสัมพันธ์แบบพหุนามยกกำลัง 3 และได้ค่าสมการแนวโน้มดังนี้

$$y = 0.0003x^3 - 0.0107x^2 + 0.3159x + 0.0879$$

เมื่อ x แทนความเร็วลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

y แทนแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์

และได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9812



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบ

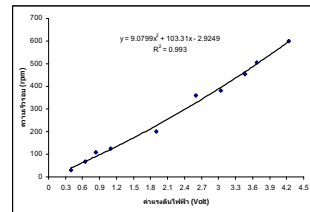
จากรูปที่ 8 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบ จะได้ความสัมพันธ์แบบพหุนามยกกำลัง 2 และได้ค่าสมการแนวโน้มดังนี้

$$y = 30.929x + 7.419$$

เมื่อ x แทนความเร็วลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

y แทนความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น rpm

และได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9829



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบ

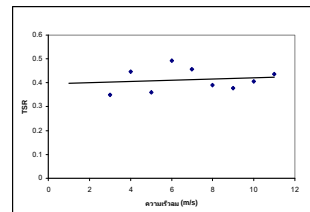
จากรูปที่ 9 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบ จะได้ความสัมพันธ์แบบพหุนามยกกำลัง 2 และได้ค่าสมการแนวโน้มดังนี้

$$y = 9.0799x^2 + 103.31x - 2.9249$$

เมื่อ x แทนแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์

y แทนความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น rpm

และได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.993



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบ

จากรูปที่ 10 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบ มีค่าเท่ากับ 0.41

5. สรุป และอภิปรายผล

1. ความเร็วลมเริ่มต้นมีค่าได้เท่ากับ 0.5 m/s

2. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับแรงดันไฟฟ้า จะได้ความสัมพันธ์แบบพหุนามยกกำลัง 3 ดังสมการต่อไปนี้ $y = 0.0003x^3 - 0.0107x^2 + 0.3159x + 0.0879$

3. ค่า TSR เท่ากับ 0.41

6. ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนสำคัญที่สุดที่ต้องใส่ใจมาก ๆ ในการสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมก็คือ การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือโดยขณะเวลาใด ๆ ที่สอบเทียบจะต้องออกแบบให้เครื่องวัดความเร็วที่สร้างขึ้นและอะนิโมมิเตอร์ที่ใช้เทียบมาตรฐานอยู่ในตำแหน่งที่ความเร็วลมเดียวกัน และเนื่องจากใช้พัดลมที่ขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม. เป็นแหล่งจ่ายลมเพื่อสอบเทียบทำให้ กระแสลมที่ระดับความเร็วเดียวกันตามแนวระดับมีความแคบมาก จึงแก้ปัญหาโดยให้แกนหมุนเครื่องวัดความเร็วลมและอะนิโม มิเตอร์ตั้งอยู่ในระดับเดียวกันและวางให้อยู่ชิดกันที่สุด

2. เนื่องจากไม่ทราบสเปคของมอเตอร์หัวอ่านเครื่อง เล่นวีซีดี จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณทอร์กเพื่อออกแบบความยาว แกนใบพัดและขนาดของกระเปาะรวมทั้งน้ำหนักได้ล่วงหน้า การ ออกแบบใบพัดจึงต้องสุ่มความยาวของแกน ฉะนั้นถ้าสามารถ ทราบสเปคของมอเตอร์จากผู้ผลิตก็จะส่งผลดีต่อการออกแบบ ใบพัด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จาก โครงการวิจัยพลังงาน สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสำนักงาน กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้อ อุปกรณ์ และสถานที่ จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- [1]กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวง พลังงาน. **พลังงานลม**. ออนไลน์ .
<http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=97>.
(30 มีนาคม 2553).
- [2]ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2545. **วิธีการเขียนทางวิทยาศาสตร์**. นครราชสีมา : สมบูรณ์การพิมพ์.
- [3]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **วัด ความเร็วลมได้อย่างไร**. ออนไลน์
http://www.ipst.ac.th/Activity_PrimarySci/science-p/sci-p44.html. (30 มีนาคม 2553).
- [4]สมาน เสงงาม. 2541. **กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับชนบท**. สงขลา.มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(อัดสำเนา)

เครื่องมือวัดความเร็วลมจากมอเตอร์หัวอ่านซีดี

Anemometer from CD player Motor

ยุทธศาสตร์ ฮาดดา

โรงเรียนบ้านดงโคกเกาะแซ สพท. หนองคาย เขต 3

E-mail : yuttasarth@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการทำเครื่องมือวัดความเร็วลมจากมอเตอร์หัวอ่านซีดี จากนั้นจึงทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดความเร็วลมที่ได้กับอะนิโมมิเตอร์มาตรฐาน ยี่ห้อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C และเครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Digital Tachometer รุ่น DT22368 และ มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ MITSUMI โมเดล YX-360TRe-b-s วัดค่าแรงดันไฟฟ้าเป็น DCV ที่ระดับ 0.5V สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าบนสเกลได้ตั้งแต่ 0-50 และใช้ลมเป่าจากพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้นกับความเร็วลมเป็น $y = 0.214x + 0.6531$ และได้ค่า $R^2 = 0.9944$ ความเร็วลมต่ำที่สุดเครื่องมือวัดได้คือ 1.5 เมตรต่อวินาที 25 รอบต่อวินาที และเทียบมาตรฐานความเร็วลมไว้สูงสุดที่ 10 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/วินาที และได้ค่า tsr เท่ากับ 0.33

1.บทนำ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมจากมอเตอร์หัวอ่านซีดี เพราะสามารถหาได้ง่ายและราคาถูก มีความสะดวกต่อการประกอบเป็นเครื่องมือวัดความเร็วลม ด้วยหลักการการทำงานของมอเตอร์มีความคล้ายกันกับเจนเนอเรเตอร์ต่างกันตรงที่มอเตอร์เป็นการทำงานย้อนกลับของเจนเนอเรเตอร์นั่นเอง ดังนั้นเพียงออกแบบใบพัดให้ติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ได้ ทำให้ออเตอร์หมุนเมื่อมีลมพัดก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่พัดกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ผลิตได้ในขณะเวลาใด ๆ ก็จะสามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้ หลังจากนั้นก็นำเครื่องมือวัดความเร็วลมสร้างขึ้นได้นั้นไปสอบเทียบมาตรฐานกับอะนิโมมิเตอร์มาตรฐาน

2.ทฤษฎีและหลักการ

1. การวัดความเร็วลม

ลม คือการเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วที่ทำให้เกิดพลังงาน ในการวัดความเร็วลมเป็นการกระทำย้อนกลับจากการทราบพลังงานที่ลมสร้างขึ้นซึ่งใบพัดกังหันมอเตอร์รับเอาไว้ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพร้อมกันในขณะเวลาใด ๆ ก็จึงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้ ดังสมการ

$$\text{พลังงานจากลม} = 0.5 \times \rho \times A \times v^3$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ

v คือ ความเร็วลม

A คือ ความหนาแน่นของอากาศ

พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากลมหาได้จากสมการ

$$\text{พลังงานที่ได้จากกังหันลมที่สร้างขึ้น} = \eta_o \cdot c_p (0.5 \times \rho \times A \times v^3)$$

เมื่อ η_o คือ สัมประสิทธิ์ของเจนเนอเรเตอร์

c_p คือ สัมประสิทธิ์กำลังงาน

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ

v คือ ความเร็วลม

A คือ ความหนาแน่นของอากาศ

เมื่อคิดในทอมพลังงานไฟฟ้า

$$\text{พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม} = \text{พลังงานที่ได้จากกังหันลม}$$

ดังนั้น

$$VI = \eta_o \cdot c_p (0.5 \times \rho \times A \times v^3)$$

เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้า

I คือ กระแสไฟฟ้า

จากสมการดังกล่าวข้างต้นเราจึงสามารถทำการออกแบบกังหันลมได้ตามต้องการ

2. หลักการออกแบบใบพัดเครื่องมือวัดความเร็วลม

เนื่องจากมอเตอร์ที่นำมาสร้างเป็นเครื่องมือวัดความเร็วลมในการวิจัยนี้เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก จึงมีข้อจำกัดในเรื่องพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หลักการออกแบบใบพัดของเครื่องมือวัดความเร็วลมจึงพยายามทำให้แกนมอเตอร์หมุนให้ได้เร็วที่สุดในที่ระดับความเร็วลมใด ๆ เพื่อให้มอเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มากที่สุดตามหลักการของไดนาโม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบใบพัดได้แก่

2.1 แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่สามารถวัดได้โดยตรงจากการผลิตของมอเตอร์ก็คือแรงดันไฟฟ้า หากแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากจะมีความสะดวกต่อการวัด แต่หากแรงดันมีค่าน้อยๆ ก็จำเป็นต้องมีการขยายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่ามากพอที่จะวัดได้โดยการใช้อุปกรณ์

2.2 รูปร่างของใบพัด อาจเป็นรูปถ้วยหรือเป็นแบบแผ่น ใบพัดแบบถ้วยใช้สำหรับออกแบบกังหันที่มีแกนหมุนในแนวตั้ง ส่วนใบพัดแบบแผ่นใช้ออกแบบสำหรับการหมุนในแนวนอน

2.3 ความยาวของก้านใบพัด เป็นปัจจัยที่ส่งผลตรงต่อทอร์กของใบพัด

ทอร์กส่งผลต่อความเร็วเริ่มต้นในการหมุนของใบพัดและความเร็วในการหมุน ดังสมการ

$$\text{ทอร์ก} = \text{ความยาวก้านใบพัด} \times \text{แรง} \rightarrow (1)$$

เมื่อทอร์กมีค่ามากใบพัดจะเริ่มหมุนได้ด้วยความเร็วลมต่ำ ๆ อย่างไรก็ตามหากก้านใบพัดมีความยาวมาก ๆ จะส่งผลต่อความเร็วรอบของใบพัดซึ่งจะลดลงเมื่อเทียบกับกังหันที่ก้านใบพัดสั้นกว่า ทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย

2.4 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของใบพัด ขนาดพื้นที่ของใบพัดส่งผลต่อแรงในการหมุนของใบพัด พื้นที่ใบพัดมากทำให้มีแรงในการหมุนมาก

$$\text{แรง} = \text{ความดัน} \times \text{พื้นที่} \rightarrow (2)$$

อย่างไรก็ตามหากพื้นที่มากเกินไปจะทำให้หน้าหนักของวัสดุที่ใช้มากตามไปด้วย นั่นคือความเร็วในการหมุนจะลดลง

2.5 น้ำหนักของใบพัด น้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทำใบพัดมีผลต่อความเร็วในการหมุนเพราะน้ำหนักมากความเร็วในการหมุนจะลดลง ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{ความเร่ง} \rightarrow (3)$$

2.6 ความเร็วลมเริ่มต้นต่อการหมุนของใบพัด

ความเร็วลมเริ่มต้นที่ทำให้ใบพัดหมุนจะเป็นตัวบอกว่าเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้นมีความไวต่อการวัดเป็นเท่าใด

2.7 Tip speed ratio (tsr)

tsr คืออัตราส่วนความเร็วปลายใบต่อความเร็วลมที่พัดผ่านใบพัด

$$\text{tsr} = \frac{\text{ความเร็วที่ปลายใบพัดหมุน}}{\text{ความเร็วลม}} \rightarrow (4)$$

ดังนั้นแล้ว tsr คือตัวกำหนดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จะได้จากหมุนของมอเตอร์ ถ้าออกแบบให้ tsr มีค่ามาก ๆ จะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่ามากตามไปด้วย

3. หลักการทำงานของมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์

โดยทั่วไปมอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กแล้วทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ ดังนั้นในทางกลับกันเมื่อทำให้มอเตอร์หมุนก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับเจนเนอเรเตอร์ซึ่งวัดได้ด้วยมิเตอร์ไฟฟ้า หลักการนี้เมื่ออาศัยแรงจากลมช่วยพัดใบพัดซึ่งติดอยู่กับแกนของมอเตอร์ก็จะได้พลังงานไฟฟ้าออกมา เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็สามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้เอง

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเรื่องการวิเคราะห์การถดถอยสหสัมพันธ์ ซึ่งอาศัยวิธีทางทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่าระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังนั้นเมื่อทราบระดับแรงดันไฟฟ้าก็จะสามารถคำนวณย้อนกลับไปเป็นความเร็วลมได้

5. การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดความเร็วลม

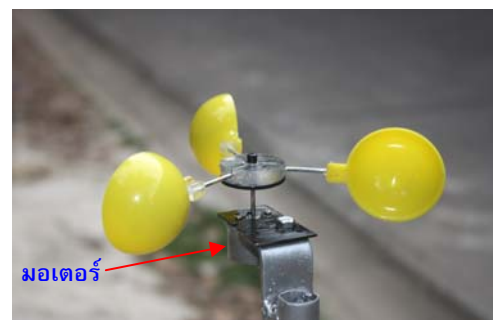
การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดความเร็วลมมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการออกแบบเครื่องมือวัดความเร็วลม เพราะเครื่องมือวัดความเร็วลมจะให้การได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับสอบเทียบ หรืออาจกล่าวได้ว่าการสอบเทียบก็คือการสร้างสเกลให้กับเครื่องมือที่เราสร้างขึ้นนั่นเอง

3.วัสดุอุปกรณ์และวิธีสร้างเครื่องมือวัด

วัสดุอุปกรณ์

1. มอเตอร์หัวอ่านซีดีพร้อมแผ่นจานล็อกซีดี
2. แผ่นอะคริลิกหนา 0.5 ซม. ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม.
3. ลวดซีจียาว 4.5 ซม. 3 เส้น
4. ขั้วต่อสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร
5. ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 เซนติเมตร ยาว 1 เมตร
6. ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.7 ซม. และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.5 ซม. ยาว 45 ซม. 1 ท่อน
7. สายไฟขนาดเล็กมีเปลือกหุ้มยาว 150 ซม. จำนวน 2 เส้น
8. มัลติมิเตอร์แบบเข็ม
9. แผ่นเหล็กขนาดกว้างxยาวxหนา เท่ากับ 25 x 60 x 3 มม.
10. แผ่นเหล็กขนาดกว้างxยาวxหนา เท่ากับ 25 x 45 x 2 มม.
11. น็อตตัวผู้พร้อมตัวเมียเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม.
12. น็อตตัวผู้พร้อมน็อตตัวเมียเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม.
13. กาวตราช้าง
14. สว่านไฟฟ้า

ประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ 1 กระเปาะวัดความเร็วลม

ส่วนฐานตั้งก็นำเหล็กมาเชื่อมกันให้ได้ดังรูป



ก.



ข.

รูปที่ 2 ฐานตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลม ก. และชุดเครื่องมือวัดความเร็วลม ข.

เมื่อประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกันจะได้ชุดเครื่องวัดความเร็วลมดังรูปที่ 2 ข.



รูปที่ 3 ซ้าย เครื่องวัดความเร็วรอบ และขวา อะนิโมมิเตอร์



รูปที่ 4 มัลติมิเตอร์



รูปที่ 5 พัดลม

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดความเร็วลม
วัสดุอุปกรณ์

1. พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร.
2. อะนิโมมิเตอร์ยี่ห้อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C ค่าความผิดพลาด $\pm(2\% 0.1 \text{ m/s})$
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Digital Tachometer รุ่น DT22368
4. มัลติมิเตอร์ มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ MITSUMI โมเดล YX-360TRe-b-s
5. สมุดบันทึกข้อมูล
6. กล้องถ่ายภาพ

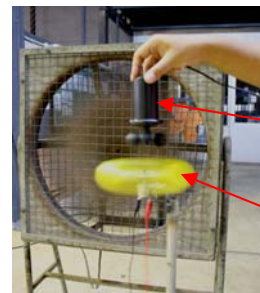
วิธีสอบเทียบมาตรฐาน

เปิดพัดลมแล้วทำการวัดความเร็วลมด้วยอะนิโมมิเตอร์ในแต่ละระยะห่าง(เป็นระยะสมมติเพื่อให้ความเร็วลมต่างกันเท่านั้น) จากพัดลม ในขณะที่เดียวกันก็ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งวัด

ความเร็วรอบการหมุนของใบพัด บันทึกความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จำนวน 8 ระยะ แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel นำเสนอในรูปของกราฟการกระจายข้อมูล จากนั้นจึงสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลม สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับความเร็วลม และหาค่าความเร็วปลายใบ และหาอัตราส่วนความเร็วปลายใบกับความเร็วลม (TSR)



รูปที่ 6 การสอบเทียบมาตรฐาน



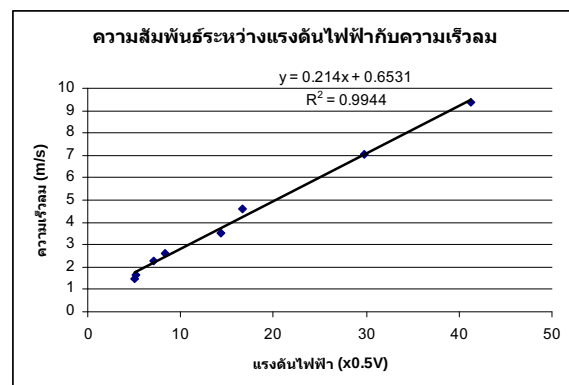
อะนิโมมิเตอร์

เครื่องมือวัดความเร็วลม

รูปที่ 7 ตำแหน่งของอะนิโมมิเตอร์จะอยู่ข้างบนเครื่องมือวัดความเร็วลม

4. ผลการสอบเทียบมาตรฐาน

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ได้สมการความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง



กราฟที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าในหน่วย 0.5V กับความเร็วลมในหน่วย m/s

จากกราฟที่ 1 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลมในโปรแกรม Excel จะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และได้ค่าสมการแนวโน้มดังนี้

$$y = 0.214X + 0.6531$$

เมื่อ y แทนความเร็วลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

x แทนแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (0.5V)

และได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9944

การแปลงหน่วยจากแรงดันไฟฟ้าเป็นความเร็วลม

การนำสมการความสัมพันธ์นี้ไปใช้งานก็สามารถอ่านค่าบนสเกลของมัลติมิเตอร์ได้เลย โดยหมุนปุ่มเลือกรูปแบบการวัดไปที่ DCV และเลือกกระดับการวัดเป็น 0.5V อ่านค่าที่ได้บนสเกล 0 – 50 ค่าที่อ่านได้บนหน้าปัดมิเตอร์คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า x นั้นเอง

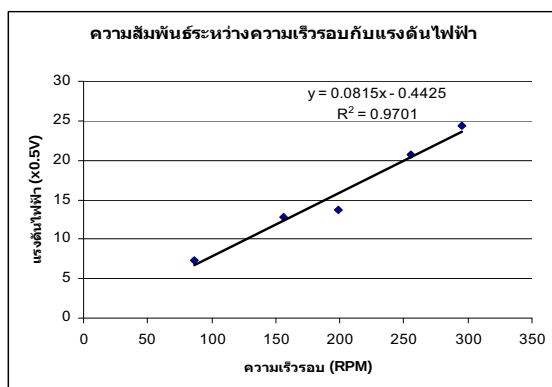


รูปที่ 8 สเกลบนหน้าปัดมัลติมิเตอร์

จากรูปสเกลบนหน้าปัดอ่านค่าได้เท่ากับ 5 ซึ่งก็คือค่า x ของสมการความสัมพันธ์นั้นเอง จากนั้นก็นำค่า x = 5 นี้แทนใส่ลงในสมการความสัมพันธ์ $y = 0.214X + 0.6531$ ก็จะได้ความเร็วลมเป็น 1.72 m/s

สมรรถนะเครื่องวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงดันไฟฟ้าได้สมการความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงดังกราฟที่ 2



กราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบในหน่วย รอบต่อนาที กับแรงดันไฟฟ้าในหน่วย 0.5V

พบว่าความเร็วลมเริ่มต้นเครื่องวัดความเร็วลมสามารถอ่านได้มีค่าเท่ากับ 1.5 เมตร/วินาที ที่ความเร็วรอบเป็น 25 รอบต่อนาทีและความเร็วสูงสุดที่เทียบมาตรฐานไว้คือ 10 เมตร/วินาทีที่ความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที และอ่านค่าสเกล

แรงดันไฟฟ้าบนหน้าปัดเป็น 44 ในหน่วย 0.5V กล่าวคือในสเกล 0.5V และช่วงอ่านค่าบนสเกลเป็น 0-50 เป็นสเกลที่เพียงพอต่อการวัดค่าความเร็วลมทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามหากความเร็วลมมากกว่า 10 m/s จะต้องปรับหน่วยที่วัดเป็น DCV ที่ระดับ 2.5V แทน

ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบต่อความเร็วลม (tsr) เท่ากับ 0.33 ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าไม่มากนัก

5. สรุปคุณลักษณะของเครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้น

1. ความเร็วลมเริ่มต้นมีวัดค่าได้เท่ากับ 1.5 m/s
2. อุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมเมื่อจะทำการวัดความเร็วลมคือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม ปรับหน่วยวัดไปที่ DCV ที่ระดับการวัด 0.5V
3. ช่วงสเกลหน้าปัดมัลติมิเตอร์ตั้งแต่ 0-50
4. วัดค่าลมได้ตั้งแต่ 1.5 – 12 m/s
5. ค่า tsr เท่ากับ 0.33

6. ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนสำคัญที่สุดที่จะต้องใส่ใจมากๆ ในการสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมก็คือ การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือ โดยระยะเวลาใดๆ ที่สอบเทียบจะต้องออกแบบให้เครื่องมือวัดความเร็วที่สร้างขึ้นและอะนิโมมิเตอร์ที่ใช้เทียบมาตรฐานอยู่ในตำแหน่งที่ความเร็วลมเดียวกัน และเนื่องจากใช้พัดลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม. เป็นแหล่งจ่ายลมเพื่อสอบเทียบทำให้กระแสลมที่ระดับความเร็วเดียวกันตามแนวระดับมีความแคบมาก จึงแก้ปัญหาโดยจัดตำแหน่งเครื่องมือวัดความเร็วลมและอะนิโมมิเตอร์ซ้อนกันแนวตั้ง ให้แกนหมุนตรงกัน และใบพัดอยู่ชิดกัน

2. เนื่องจากไม่ทราบสเปคของมอเตอร์หัวอ่านเครื่องเล่นวีซีดี จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณทอร์กเพื่อออกแบบความยาวแกนใบพัดและขนาดของกระเปาะรวมทั้งน้ำหนักได้ล่วงหน้า การออกแบบใบพัดจึงต้องสุ่มความยาวของแกน ฉะนั้นถ้าสามารถทราบสเปคของมอเตอร์จากผู้ผลิตก็จะส่งผลดีต่อการออกแบบใบพัด

3. การได้ค่า tsr มีค่าต่ำ ๆ แสดงว่าการออกแบบใบพัดยังไม่ถูกต้อง อาจเกิดจากใบพัดมีน้ำหนักมากเกินไป หรือใบพัดมีพื้นที่รับลมน้อยเกินไป หรือแกนใบพัดยาวเกินไป การปรับปรุงค่าต่าง ๆ ดังกล่าวจะสามารถเพิ่มค่า tsr ให้มากขึ้นได้

4. เพื่อให้เครื่องมือวัดความเร็วลมที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นต้องนำไปสอบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยา อีกครั้งหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ฐานันตร์ศักดิ์ เทพญา และดร.กิตตินันท์ มลิวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบคุณคุณสันติชัย เย็นทั่วพี่เลี้ยงกลุ่มพลังงานลมที่ให้ความช่วยเหลือด้านในต่าง ๆ ขอขอบคุณเพื่อนครูวิจัยที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยา

เขตหาดใหญ่ สถานฝึกทำวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้โอกาสและทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ช่าง ทมทิตชงค์, พลินจิต ทมทิตชงค์, ประกิตเผ่า ทมทิตชงค์ และประกิตพันธุ์ ทมทิตชงค์. ตะลุยคลังข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย วิชาฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไฮเอดพับลิชชิ่ง , ม.ป.ป.
- [2] สมาน เสนงาม. กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับชนบท. สงขลา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(อัดสำเนา). 2541.
- [3] วิชัย สุรเชิดเกียรติ. สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊ก. 2543.
- [4] American Wind Energy Association. How can I Calculate the Amount of Power Available at a Given Wind Speed. 16 April 2010. Available from : URL : <http://www.awea.org/fag/Windpower.html>.
- [5] Renewable Energy UK. Calculation of Wind Power. 16 April 2010. Available from : URL : <http://www.reuk.co.uk/calculation-of-Wind-Power.htm>.
- [6] Wikipedia. Drag (Physics). 12 April 2010. Available from : URL : [http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_\(Physics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_(Physics)).
- [7] Wikipedia. Electricalgenerator. 12 April 2010. Available from : URL : <http://en.wikipedia.org/wiki/Electricalgenerator>.
- [8] Wikipedia. Wind Power. 12 April 2010. Available from : URL : http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_Power.

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว

Biodiesel Production from Degummed and Deacidified Crude Palm Oil

กุลศิริราณี ศักดิ์ฐานนท์*และสุนันทา สุวรรณะ

*Email : kulsiranee@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยศึกษาปัจจัยของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ ทำปฏิกิริยาที่ อุณหภูมิ 60°C ใช้เมทานอล 23%โดยปริมาตร ผลผลิตโดยใช้ถังปฏิกรณ์ขนาด 5 ลิตร ความเร็วรอบ 560 รอบ/นาที โดยแปรค่าตัวแปรอิสระคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4, 5 และ 6 กรัม / ลิตรของน้ำมัน และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4, 5 และ 6 กรัม / ลิตรของน้ำมัน ในระหว่างการทำปฏิกิริยาจะทำการดึงตัวอย่างผลผลิตที่ระยะเวลา 15 – 105 นาที ออกมาเพื่อทำการตรวจวัดค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่อยู่ในผลผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม/ลิตรของน้ำมันที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาดังแต่ 45 นาที อุณหภูมิ 60°C สามารถผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่มีความบริสุทธิ์ 99.16%

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, เมทิลเอสเทอร์, , น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว,ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

Abstract

The purpose of this work was to study biodiesel production from Degummed and Deacidified Crude Palm Oil by transesterification reaction using sodium hydroxide and potassium hydroxide as the catalyst at temperature 60°C. Methanol was fixed at 23 % by volume. Five liters installed with a 500 watts electric heater and temperature controller. The speed of the stirrer was controlled at 560 RPM. Sodium Hydroxide rate was 4, 5 and 6 g/ liter of oil.Potassium Hydroxide rate was 4, 5 and 6 g/ liter of oil .The products of the reaction at various time at 15-105 minute intervals were sampled to determine methyl ester percent. The results of analysis showed that sodium hydroxide 5 g/ liter of oil. The reaction time was 45 minutes and the solution was reacted at 60°C.

The maximum of methyl ester in the final produce was 99.16 %.

Keywords: Biodiesel, Methyl esters, Degumming and Deacid of Crude Palm Oil, Transesterification

1. บทนำ

ในปัจจุบันราคาน้ำมันได้สูงขึ้น น้ำมันดีเซลหมุนเร็วเป็นน้ำมันที่ใช้มากในการขนส่งสินค้า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมาทดแทนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศสามารถประหยัดเงินตรา การนำเข้าน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปได้ รวมทั้งการสร้างอาชีพและรายได้ให้กับผู้เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกร พ่อค้า ร้านค้าปลีก และประชาชน น้ำมันไบโอดีเซล จึงจัดเป็นพลังงานหมุนเวียน(Renewable) ที่ได้รับความสนใจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล [1] สำหรับประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2545 ซึ่งได้แก่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โครงการศึกษาและสาธิตการผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน การพัฒนาระบบผลิตไบโอดีเซลติดตั้งบนรถบรรทุก โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์(ม.อ.) น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบหลักในประเทศในการผลิตไบโอดีเซลเพราะมีศักยภาพในการผลิตสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ซึ่งได้ถูกกำหนดในยุทธศาสตร์การพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล เมื่อวันที่ 18 มกราคม 2548 โดยตั้งเป้าหมายในปี 2555 สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ถึง 8.5 ล้านลิตรต่อวัน [2]

ในการศึกษานี้ได้นำเสนอ การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร โดยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (transesterification reaction) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ แปรค่าตัวเร่งปฏิกิริยา 4, 5 และ 6 กรัม/ลิตรของน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60°C

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุอุปกรณ์/สารเคมี

น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว โซเดียมไฮดรอกไซด์ (99% commercial grade) , โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์(98% commercial grade) ,เมทานอล(23%), ฟีนอลฟทาไลน์, ไอโซโพรพานอลและ ถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์

TLC/FID (Thin Layer Chromatography /Flame Ionization Detector ROD DRYER TK-8 Mitubishi Kagaku Latron,inc.ประเทศญี่ปุ่น รุ่น MK-6S ใช้วิเคราะห์หาปริมาณร้อยละของเมทิลเอสเทอร์, mini

pour/cloud point tester TANAKA รุ่น MPC-102A ใช้วิเคราะห์หาจุดไหลเทและจุดขุ่นมัวของน้ำมันไบโอดีเซล, Karl Fisher Coulometer METTLER TOLEDO รุ่น DL39 ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำ, hydrometer BRAND รุ่น Lot B 80, auto titration METTLER TOLEDO รุ่น T50 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด, เครื่องชั่งน้ำหนัก Shimadzu รุ่น Libror EB-3200H ค่าความละเอียด ± 0.1 g, เครื่องวัดอุณหภูมิ thermometer Fluke รุ่น 51, เครื่องวัดความเร็วรอบและ stirring hotplate FAVORIT รุ่น HS0707V2

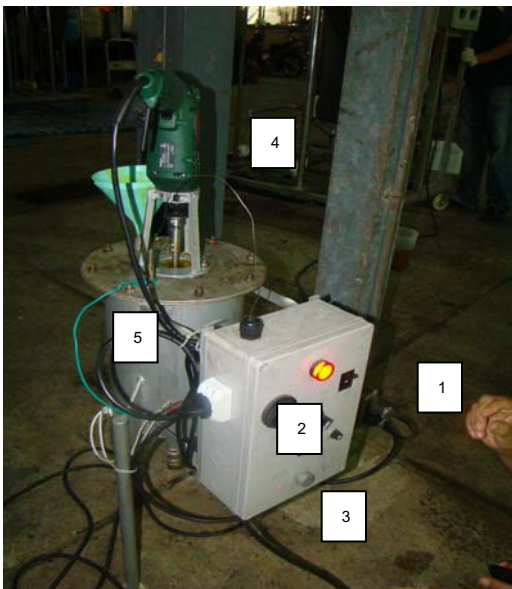
2.3 วิธีทำการวิจัย

2.3.1 ตัวแปรที่ทำการวิจัย

ตัวแปรอิสระ คือ NaOH และ KOH

ตัวแปรตาม คือ ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณเมทานอล อุณหภูมิ ชนิดของน้ำมัน และ ความเร็วรอบของมอเตอร์



รูปที่ 1 ถึงปริมาตร 5 ลิตร

- (1: สวิตช์ควบคุมการเปิดปิด
- 2 : ปุ่มควบคุมอุณหภูมิ
- 3 : ปุ่มควบคุมความเร็วรอบ
- 4 : มอเตอร์กวน
- 5 : ถึงปริมาตร)

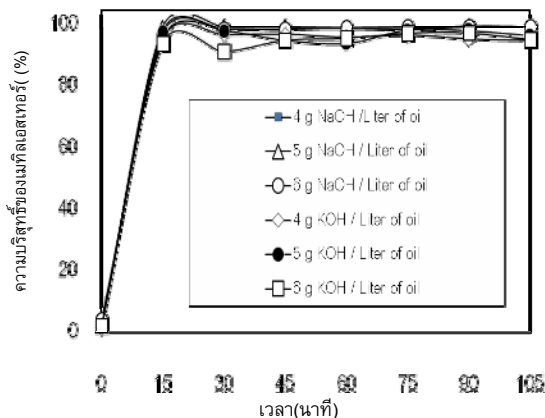
3. ขั้นตอนการทดลอง

นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว มาจำนวน 5 ลิตร ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ แล้วอุ่นพร้อมกวนให้น้ำมันเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 60°C เตรียมสารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ โดยใช้ปริมาณเมทานอล 23% โดยปริมาตร และแปรค่าตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 4, 5

และ 6 กรัม/ลิตรของน้ำมัน และเตรียมสารละลายโปแตสเซียมเมทอกไซด์ โดยใช้ปริมาณของเมทานอล 23% โดยปริมาตร และแปรค่า KOH 4, 5 และ 6 กรัม/ลิตรของน้ำมัน แล้วค่อยๆ เทสารลงในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร โดยใช้เวลา 105 นาที เก็บตัวอย่างทุก 15 นาที (ตัวอย่างที่เก็บนำเข้าสู่เย็นทันที) นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ทุกตัวมาล้างเพื่อหาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ หาจุดขุ่นมัว จุดไหลเท หาปริมาณน้ำ หาความหนาแน่น และค่าความเป็นกรด

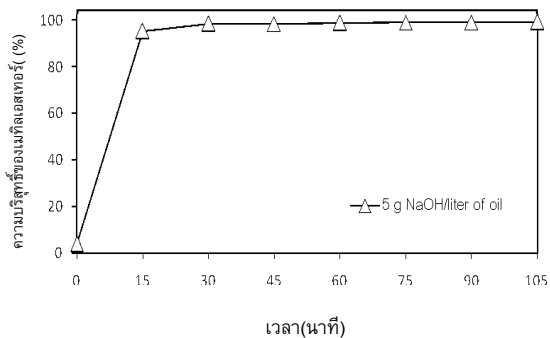
4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 4, 5 และ 6 กรัม/ลิตรของน้ำมันและ KOH 4, 5 และ 6 กรัม/ลิตรของน้ำมัน ผลการทดลองดังกราฟที่แสดง



รูปที่ 2 กราฟแสดงความบริสุทธิ์เมื่อแปรค่าตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ

จากผลการทดลองตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล คือ NaOH 5 กรัม / ลิตรของน้ำมัน ผลการทดลองดังกราฟที่แสดง



รูปที่ 3 กราฟแสดงความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของ NaOH 5 กรัม / ลิตรของน้ำมัน

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์จะค่อย ๆ คงที่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 45 นาทีเป็นต้นไป ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์จะใช้เวลาที่ 45 นาทีเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ตัวเร่ง NaOH 5 กรัม / น้ำมันโดยปริมาตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร พ.ศ. 2549 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของไบโอดีเซล

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้	ค่ามาตรฐาน [http://www.tists.or.th]
ความหนาแน่น (kg/m ³)	863	860 – 900
ปริมาณน้ำในน้ำมัน (%v/v)	0.22	ไม่เกิน 0.2
ค่าความเป็นกรด (mgKOH/g)	0.69	ไม่เกิน 0.8
จุดชนุมัว (°C)	12	-3 – 12
จุดไหลเท (°C)	11	-15 – 10

5. สรุป และอภิปรายผล

ตัวเร่งปฏิกิริยา โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม/ลิตรของน้ำมัน ปริมาณเมทานอล 23% โดยปริมาตร อุณหภูมิที่ 60°C เวลาที่ 45 นาที ในการทำปฏิกิริยาโดยใช้ถึงปฏิกิริยา 5 ลิตร วิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับ 99.16 % นอกจากนั้นจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลกับมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ.2549 พบว่าความหนาแน่น จุดชนุมัว และค่าความเป็นกรดผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนปริมาณน้ำในน้ำมันและจุดไหลเทยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจะต้องนำไปปรับปรุง

6. ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนนำผลผลิตมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในน้ำมันต้องนำน้ำมันมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาเข้าเครื่องวิเคราะห์

2. ถึงปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองเมื่อเปิดทำงานตัวถังไม่ควรขยับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ รศ.กำพล ประทีปชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษา คุณสุรัชย์ จันทร์ศรี และคุณกฤษ สมนึก นักศึกษาปริญญาเอก ที่ให้การสนับสนุนในการทำโครงการวิจัยนี้ และท้ายสุดขอขอบคุณโรงเรียนอนุบาลวัดพระพุทธรบาท สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสระบุรี เขต 1 จ.สระบุรี โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลาเขต 2 จ. สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์เวลาราชการในการทำวิจัยภายใต้โครงการครุวิจัย มา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อนุรักษ์ ปิตรีกษ์สกุล. 2548. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ผ่านกระบวนการที่ใช้แล้ว. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ. 61 หน้า
- [2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. 2553. ไบโอดีเซล. เอกสารอัดสำเนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.สงขลา
- [3] กรมธุรกิจพลังงาน. 2550. กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน. สืบค้นจาก <http://www.tists.or.th> [27 เม.ย. 2553]
- [4] กำพล ประทีปชัยกุลและคณะ. **Meth ester production from high free fatty acid mixed crude palm oil.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา2550.
- [5] ชาคิต ทองอุไร และคณะ. 2552. การผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมัน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา
- [6] วัฒนา บัวภูมิ. 2550. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ผ่านกระบวนการใช้แล้ว. 166 หน้า

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

Biodiesel Production from Deguming and Deacid of Crude Palm Oil By Ultrasonic Wave

ชนะศึก โพธิ์นอก

โรงเรียนจตุรวิทย์วิทยาการ อำเภอจตุรัส จังหวัดชัยภูมิ 36130

E-mail : lae_1111@hotmail.com

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลนับว่าเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้จากแหล่งชีวมวลที่มีมากมายและยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้การกวนผสมและให้ความด้วยฮีทเตอร์จะต้องใช้อุณหภูมิและพลังงานสูงเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำคลื่นอัลตราโซนิกมาใช้ในการทำปฏิกิริยา เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกช่วยลดเวลาและลดพลังงานในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวแบบหมุนวนโดยตัวแปรอิสระคือตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณของเมทานอล เวลาภายในเครื่องปฏิกรณ์ พบว่า ได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ เท่ากับ 91.52 % ที่อุณหภูมิ 40 °C, เมทานอล 23% โดยปริมาตร, ตัวเร่งปฏิกิริยา 7 g NaOH/liter of oil และใช้เวลาภายในเครื่องปฏิกรณ์อยู่ในช่วง 16-20 นาที

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน คลื่นอัลตราโซนิก

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ประเทศไทยประสบกับปัญหาทางด้านพลังงานซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญ โดยเฉพาะพลังงานที่เป็นเชื้อเพลิงปิโตรเลียมซึ่งต้องมีการนำเข้ามูลค่าหลายหมื่นล้านบาท ต่อปีและจากการที่ราคาน้ำมันมีการปรับตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะนี้ทำให้ปัญหาทวีความรุนแรงมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ภาครัฐหันมาส่งเสริมเกี่ยวกับการแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานที่ผลิตได้เองภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าพลังงานได้ในส่วนหนึ่งและพบว่าพลังงานทดแทนที่ได้รับความนิยมในขณะนี้คือไบโอดีเซล ซึ่งนับว่าเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้จากแหล่งชีวมวลที่มีมากมายและยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไบโอดีเซลผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้การปั่นกวนธรรมดาด้วยความร้อนซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัดคือใช้อุณหภูมิและพลังงานที่ค่อนข้างสูง

ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งสำหรับการผลิตไบโอดีเซลให้ได้ปริมาณ

เมทิลเอสเทอร์ตามที่ต้องการโดยใช้อุณหภูมิและพลังงานต่ำสำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์ สารเคมี และอุปกรณ์ ในกระบวนการผลิต

น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวซึ่งมีค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านลดกรดและกำจัดยางเหนียว ประมาณร้อยละ 0.28 โดยน้ำหนัก ,โซเดียมไฮดรอกไซด์ (99% commercial grade), โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (95% commercial grade), เมทานอล (98% commercial grade), Peristaltic pump Watson Marlow 520U, Ultrasonic Generator AK-200 HT, เครื่องปฏิกรณ์อัลตราโซนิก

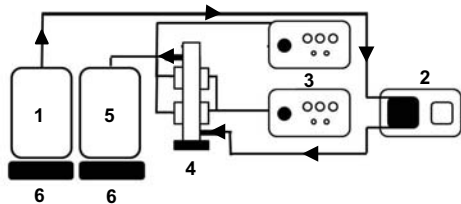
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ LIBROR รุ่น EB – 3200H เพื่อชั่งน้ำหนักสาร, เครื่อง TLC/FID (Thin Layer Chromatography/ Flame Ionization Detector ยี่ห้อ Mitsubishi Kagaku Iatron, inc. ประเทศญี่ปุ่น รุ่น MK – 6s เพื่อวัดร้อยละปริมาณความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมัน, mini pour/cloud point tester ยี่ห้อ TANAKA รุ่น MPC – 102A วัดค่าจุดขุ่นมัวและจุดไหลเท, Karl Fisher Coulometer ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น DL39 วัดปริมาณน้ำในน้ำมัน, stirring hotplate ยี่ห้อ FAVORIT รุ่น HS0707V2 และ ไฮโดรมิเตอร์ ยี่ห้อ BRAND รุ่น Lot B 80 เพื่อวัดความหนาแน่น

2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

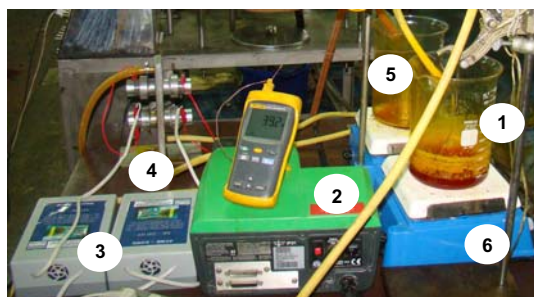
การหาปริมาณร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์จากเครื่องTLC/FID (Haxane : Diethyl ether : Formic acid อัตราส่วน 50:20:0.3 โดยปริมาตร, Haxane : Benzene อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร), การไทเทรตเพื่อหากรดไขมันอิสระ (ฟีนอล์ฟทาลีน, ไอโซโพรพานอล, 0.1 M NaOH, 0.1 M KOH)

เครื่องผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานเครื่องผลิตไบโอดีเซล

ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (1: บีกเกอร์ 2 ลิตร, 2: Peristaltic pump, 3 : เครื่องกำเนิดคลื่น อัลตราโซนิก, 4 : เครื่องปฏิกรณ์อัลตราโซนิก, 5:บีกเกอร์ 2 ลิตร , 6 : ซีฟเตอร์)



รูปที่ 2 ชุดการทดลองกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

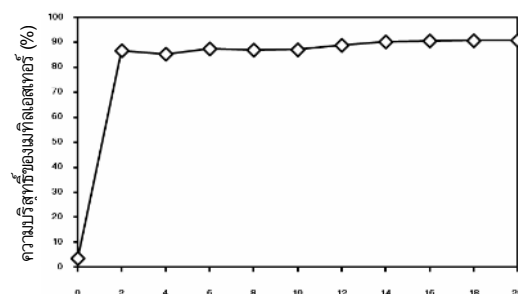
2.4 ขั้นตอนการทดลอง

นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกลั่นและกำจัดยางเหนียวจำนวน 1 ลิตรใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร อุ่นพร้อมกวนให้น้ำมันเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 40 °C ผสมเมทานอลปริมาณ 23% โดยปริมาตร และใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 g NaOH/liter of oil จากนั้นปั๊มด้วย Peristaltic pump ให้สารผสมผ่านเครื่องอัลตราโซนิกด้วยอัตราการไหล 56 มล/นาที่ แล้วเปิดเครื่องอัลตราโซนิกที่ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์/หัว มีทรานสดิวเซอร์ทั้งหมด 4 หัว แต่ละรอบผ่านเครื่องปฏิกรณ์เป็นเวลา 2 นาที แล้วเก็บตัวอย่างตั้งแต่รอบที่ 1-15 นำผลผลิตล้างด้วยน้ำอุ่นจำนวน 3 ครั้ง จะได้ไบโอดีเซลแล้วนำวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ (%) เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา หลังจากได้เวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาแล้วนำเวลาที่ได้มาศึกษาผลของปริมาณ เมทานอลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ (%) โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 5 g NaOH/liter of oil และแปรค่าปริมาณของเมทานอลที่ 16, 23, 30 %โดยปริมาตร นำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เพื่อหาปริมาณเมทานอลที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา หลังจากได้ปริมาณเมทานอลที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาแล้วศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์(%)โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C ปริมาณของเมทานอล 23 %โดยปริมาตร และแปรค่าปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 3, 5, 7 g NaOH/liter of oil และนำไบโอดีเซลที่ได้มา

วิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ เพื่อหาปริมาณตัวเร่งที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา จากนั้นทำการทดลองซ้ำในสภาวะที่เหมาะสมอีกครั้ง และทดลองเพื่อเปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ (%) ระหว่างน้ำมันผ่านกับไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิก ในสภาวะเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง จากนั้นนำไบโอดีเซลที่ได้วิเคราะห์หาความหนาแน่น, ค่าความเป็นกรด, ปริมาณน้ำในไบโอดีเซล, จุดไหลเทและจุดขุ่นมัว

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

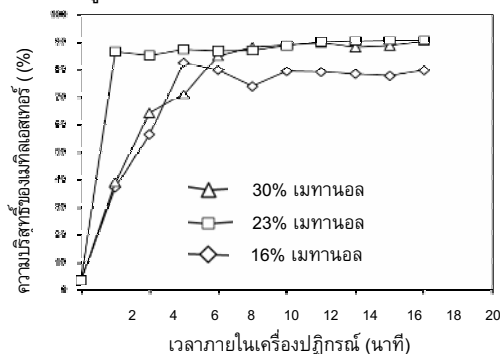
จากการศึกษาผลของเวลาต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณเมทานอล 23%โดยปริมาตร, โซเดียมไฮดรอกไซด์ +5 g NaOH/liter of oil แล้วนำน้ำมันไบโอดีเซลมาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID แสดงได้ดังรูปที่ 3



เวลาภายในเครื่องปฏิกรณ์ (นาที่)

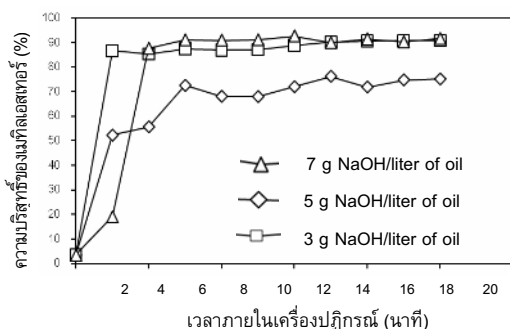
รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาภายในเครื่องปฏิกรณ์กับความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นและค่อยๆคงที่เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์อยู่ในช่วง 16-20 นาที ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตภายใต้ตัวแปรที่ศึกษาจะต้องเก็บในช่วงเวลาที่มากกว่า 16 นาที หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเมทานอลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยาที่ อุณหภูมิ 40°C ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 5 g NaOH/liter of oil และแปรค่าปริมาณของ เมทานอลที่ 16, 23, 30 %โดยปริมาตร และนำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4



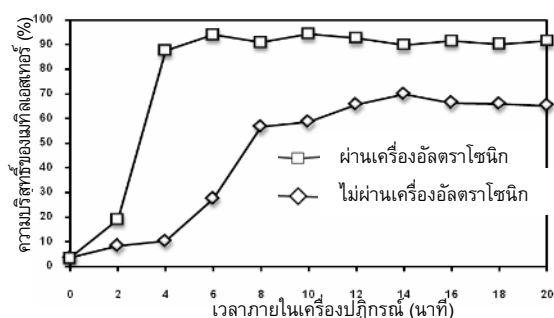
รูปที่ 4 แสดงผลของปริมาณเมทานอลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

จากรูปที่ 4 พบว่าปริมาณเมทานอลมีผลต่อร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยเมื่อใช้ปริมาณเมทานอล 23 %โดยปริมาตร จะได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 90.77 หลังจากนั้นได้ศึกษาผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา (NaOH) ต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์โดยการทำให้ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณของเมทานอล 23 %โดยปริมาตร แปรค่าปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 3, 5, 7 g NaOH/liter of oil และนำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

จากรูปที่ 5 พบว่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามีผลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 7 g NaOH/liter of oil จะได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 91.52 และได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ระหว่างนำน้ำมันผ่านกับไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิก ที่สภาวะเงื่อนไข อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณของเมทานอล 23 %โดยปริมาตร, ตัวเร่งปฏิกิริยา 7 g NaOH/liter of oil ได้ผลดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผ่านและไม่ผ่านเครื่องปฏิกรณ์

จากรูปที่ 6 พบว่าการทำให้ปฏิกิริยาแบบหมุนวนผ่านเครื่องอัลตราโซนิกจะมีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าการทำปฏิกิริยาโดยไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกประมาณ 25.19% โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นได้หาคุณสมบัติของไบโอดีเซลตามมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของไบโอดีเซล

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้	ค่ามาตรฐาน
ความหนาแน่น (kg/m^3)	862	860-900
ปริมาณน้ำในน้ำมัน (% v/v)	0.29	ไม่เกิน 0.2
ค่าความเป็นกรด (mgKOH/g)	0.69	ไม่เกิน 0.8
จุดขุ่นมัว ($^{\circ}\text{C}$)	15	-3 - 12
จุดไหลเท ($^{\circ}\text{C}$)	9	-15 - 10

จากตารางที่ 1 พบว่าความหนาแน่น จุดไหลเท ค่าความเป็นกรดรวมในไบโอดีเซลผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนจุดขุ่นมัวและปริมาณน้ำในน้ำมันยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะต้องนำไปปรับปรุงต่อไป

4. สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์มีผลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์โดยจะเพิ่มขึ้นและค่อยๆ คงที่เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ 16-20 นาที สภาวะที่สามารถเมทิลเอสเทอร์ได้สูงที่สุด 91.52 % คือ ปริมาณเมทานอลเท่ากับ 23 %โดยปริมาตร ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 7 g NaOH/liter of oil และจากการทำให้ปฏิกิริยาแบบหมุนวนผ่านเครื่องอัลตราโซนิกจะมีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าการทำปฏิกิริยาโดยไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกประมาณ 25.19% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้จากการหาความหนาแน่น จุดไหลเท ค่าความเป็นกรดในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 พบว่าความหนาแน่น จุดไหลเทค่าความเป็นกรดรวมผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนจุดขุ่นมัวและปริมาณน้ำในน้ำมันยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจะต้องนำไปปรับปรุงต่อไป

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ศึกษาผลของเวลาที่ของคลื่นอัลตราโซนิกต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

5.2 ศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะตลอดการทำวิจัยจาก รศ.กำพล ประทีปชัยกูร, นายกฤษ สมนึกและนายสุรัชย์ จันทร์ศรี ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ จากสถานวิจัย เทคโนโลยี พลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- [1] พุทธชาติ เมฆทอง และคณะ “การศึกษาความเป็นไปได้ใน การนำน้ำมันพืชใช้แล้วจากอุตสาหกรรมอาหาร มาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน”. การสัมมนาเผยแพร่ งานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทน สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 89-101,ปี พ.ศ 2546
- [2] อธิพล วรพันธ์, วิบูรณ์ มีธรรม, ศักรินทร์ ศรีสุรักษ์และกุลเชษฐ์ เพียรทอง “การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว และผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์”. การ ประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18,ปี พ.ศ 2547

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยคลื่นไมโครเวฟ

Biodiesel Production from Degum and Deacid of Crude Palm Oil By Microwave

นิตยา น้อยนันท์

โรงเรียนบ้านหลักด่าน อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์ 67260

E-mail : prettyya_thailand@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยคลื่นไมโครเวฟสามารถช่วยลดเวลาในการทำปฏิกิริยา ซึ่งศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ คือ ปริมาณของแอลกอฮอล์ร้อยละ 12, 16, 20, 24, 28 โดยปริมาตร, ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่าง NaOH และ KOH, ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 g, 5 g, 7 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร, เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที และกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ระดับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปริมาณเมทานอล ร้อยละ 24 โดยปริมาตร, ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH ปริมาณ 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร, เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาทีและกำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 3 (400 W) สามารถทำให้เกิดเมทิลเอสเทอร์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 97.19 โดยมวล

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์มดิบ ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ไมโครเวฟ

1. บทนำ

สืบเนื่องจากนักเรียนร้อยละ 90 ผู้ปกครองประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งทำไร่ข้าวโพดและปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก ปัจจุบันต้นทุนในการผลิตสูงมากจากราคาของน้ำมันที่สูงขึ้น อีกทั้งขายผลผลิตได้ราคาไม่สูง ส่งผลต่อคุณภาพทางการศึกษาของนักเรียน ซึ่งไม่ได้รับการส่งเสริมหรือสนับสนุนได้เต็มศักยภาพ มีผลให้โรงเรียนซึ่งเป็นผู้ให้บริการทางการศึกษาได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าว และในชุมชนมีทรัพยากรธรรมชาติ เช่น สบู่ดำ มะพร้าว น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว มีจำนวนมากและเป็นที่น่าเสียดายที่จะปล่อยให้ทรัพยากรดังกล่าวทิ้งไปโดยไม่เกิดประโยชน์และไม่คุ้มค่าใดๆ อีกทั้งในการจัดการศึกษาโดยมีหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นั้นได้จัดกิจกรรมพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โดยมีหัวใจสำคัญประการหนึ่งให้สังคม และทางสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เปิดโอกาสทางการศึกษาให้กับครูผู้สนใจทำวิจัยในการพัฒนาศักยภาพของครู และสร้างองค์ความรู้ทักษะกระบวนการทำวิจัยในเรื่องของพลังงานทดแทน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดทักษะวิจัยและสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ของนักเรียนและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในชีวิตประจำวันได้ และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์ สารเคมี และอุปกรณ์ ในกระบวนการผลิต

น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว ซึ่งมีค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว ประมาณร้อยละ 0.28 โดยน้ำหนัก, โซเดียมไฮดรอกไซด์ (99% commercial grade), โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (95% commercial grade), เมทานอล (98% commercial grade), ขวดทนความร้อน SCHOTT DURAN ขนาด 500 มล. และ ไมโครเวฟ ชาร์ป รุ่น R - 247 (max 800 วัตต์ 2450 Hz)

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องชั่งน้ำหนัก libror รุ่น EB - 3200H เพื่อชั่งน้ำหนักสาร, เครื่อง TLC/FID (Thin Layer Chromatography / Flame Ionization Detector) Mitsubishi Kagaku Iatron, inc. ประเทศญี่ปุ่น รุ่น MK - 6s เพื่อวัดร้อยละปริมาณความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมัน, mini pour/ cloud point tester TANAKA รุ่น MPC - 102A วัดค่าจุดขุ่นมัวและจุดไหลเท, Karl Fisher Coulometer METTLER TOLEDO รุ่น DL39 วัดปริมาณน้ำในน้ำมัน, Stirring hotplate favorit รุ่น HS0707V2 และไฮโดรมิเตอร์ BRAND รุ่น Lot B 80 เพื่อวัดความหนาแน่น

2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

การหาละเอียดความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์จากเครื่อง TLC/FID โดยใช้ Haxane, Diethyl ether, Formic acid ในอัตราส่วน 50:20:0.3 โดยปริมาตรเป็นสารตัวพา (mobile phase) ชุดที่ 1 และใช้ Haxane ผสมกับ Benzene ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรเป็นสารตัวพา (mobile phase) ชุดที่ 2, การไทเทรตเพื่อหากรดไขมันอิสระ (ฟีนอล์ฟทาเลิน ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร, ไอโซโพรพานอลความบริสุทธิ์ 99% analytical grade, 0.1M NaOH, 0.1M KOH)

2.4 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นไมโครเวฟ

นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียว มาหาค่าความเป็นกรดไขมันอิสระด้วยการไทเทรต จะได้ค่าประมาณ 0.3g NaOH ต่อน้ำมัน 1 ลิตร หลังจากนั้น นำน้ำมันใส่ในขวดทนความร้อน (SCHOTT DURAN) ปริมาณ 300 มล. เตรียมสารละลายเมทอกไซด์ (ผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรตในหน่วยกรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในหน่วยกรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตร กับเมทานอลในปริมาณที่แปรค่า) แล้วนำไปผสมกับน้ำมันในขวดทนความร้อน SCHOTT DURAN ด้วยการเขย่าแล้วเข้าเครื่องไมโครเวฟดังแสดงในรูปที่ 1 กำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 นาทีและศึกษาผล

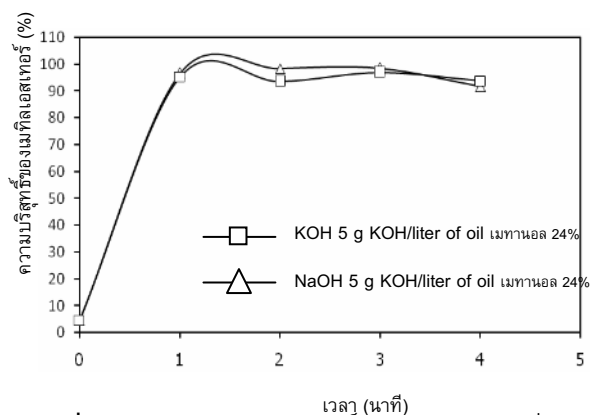
ของตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH และ KOH แล้วนำผลผลิตมาวิเคราะห์ผลจากร้อยละความบริสุทธิ์ของสารเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซล



รูปที่ 1 แสดงชุดทดลอง

3. ผลการทดลอง และอภิปรายผล

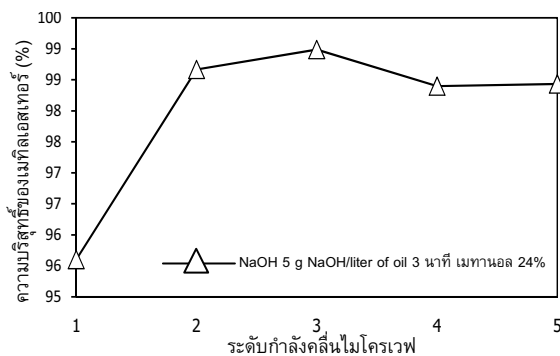
3.1 ผลจากการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ เพื่อเปรียบเทียบประเภทของตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH และ KOH ที่เวลาต่างๆ ตามเงื่อนไขเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร ในเมทานอลปริมาณร้อยละ 24 โดยปริมาตร กำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 5 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH และ KOH ที่เวลาต่างกัน

จากรูป สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบประเภทของตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่าง NaOH กับ KOH NaOH จะทำให้ได้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์มีค่าสูงกว่า KOH ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที

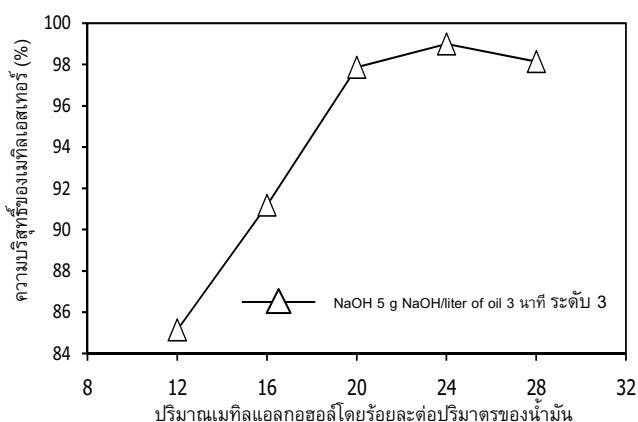
ผลจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับกำลังคลื่นไมโครเวฟ โดยเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ เมื่อกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ระดับแตกต่าง

จากรูป สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับกำลังคลื่นไมโครเวฟ ระดับ 3 จะทำให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เหมาะสม ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที เมทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมัน

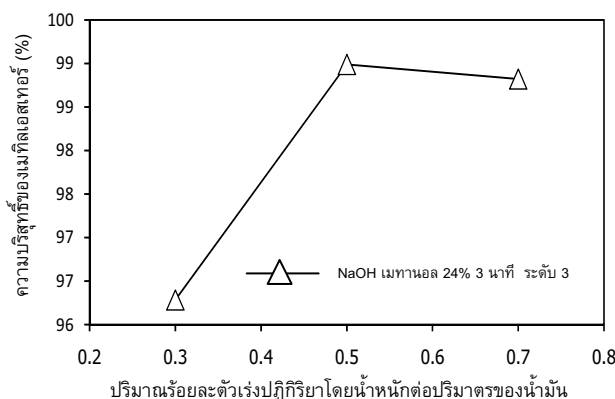
ผลจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์โดยปริมาตรของน้ำมัน โดยเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร เวลาที่ทำปฏิกิริยา 3 นาที กำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 3 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เมื่อปริมาณร้อยละเมทิลแอลกอฮอล์โดยปริมาตรของน้ำมันที่แตกต่างกัน

จากรูป สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณร้อยละเมทิลแอลกอฮอล์โดยปริมาตรของน้ำมัน ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมันที่ทำให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เหมาะสม ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที กำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 3 ดังรูปที่ 4

ผลจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโดยร้อยละน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมัน โดยเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH เมทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที กำลังคลื่นไมโครเวฟ ระดับ 3 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ เมื่อปริมาณร้อยละตัวเร่งปฏิกิริยาโดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมันที่แตกต่างกัน

จากรูป สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบร้อยละตัวเร่งปฏิกิริยาโดยน้ำหนักต่อปริมาตร NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร ที่ทำให้ปริมาณร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์เหมาะสมที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที กำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 3 ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมัน

เพื่อทำการยืนยันผลการทดลอง จึงได้นำเงื่อนไขของตัวแปรที่สามารถผลิตเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวให้มีค่าร้อยละ 97.19 โดยมีมวล คือ NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร, ปริมาณเมทานอล ร้อยละ 24 ปริมาตรของน้ำมัน, เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที และกำลังคลื่นไมโครเวฟระดับ 3 และผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากการทดลองและเปรียบเทียบกับลักษณะและมาตรฐานของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร(ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 [1]

คุณสมบัติของไบโอดีเซล	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้
ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์	ไม่ต่ำกว่า 96.5	ร้อยละ 97.19
ความหนาแน่น (kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า 860 และ ไม่สูงกว่า 900	864
ปริมาณน้ำในน้ำมัน (% v/v)	ไม่เกิน 0.2	2.36
จุดขุ่นมัว (°C)	-3 -12	11
จุดไหลเท (°C)	-15-10	9

และร้อยละผลได้ (yield) 72.33

4. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของแอลกอฮอล์, ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา, ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา, เวลาและกำลังคลื่นไมโครเวฟในการทำปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องไมโครเวฟมีผลต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ สามารถผลิตเมทิลเอสเทอร์ให้มีค่าร้อยละ 97.19 โดยมีมวล คือ NaOH 5 g ต่อน้ำมัน 1 ลิตร, ปริมาณเมทานอล ร้อยละ 24 โดยปริมาตรของน้ำมัน, เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที และกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ระดับ 3 (400 วัตต์) นอกจากนี้จากการหาความหนาแน่น จุดขุ่นมัว จุดไหลเท

ปริมาณน้ำในน้ำมัน ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร(ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 พบว่าความหนาแน่น จุดขุ่นมัว จุดไหลเทผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนปริมาณน้ำในน้ำมันยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจะต้องนำไปปรับปรุงต่อไป

5. ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาผลการผลิตเมทิลเอสเทอร์โดยแปรค่าตามปริมาณของแอลกอฮอล์, ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา, ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา, เวลาและกำลังคลื่นไมโครเวฟในการทำปฏิกิริยาจากเครื่องไมโครเวฟที่แตกต่างกัน
2. ผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันชนิดอื่น เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ด้วยไมโครเวฟ โดยกระบวนการปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิเฟเคชัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะตลอดการทำวิจัยจาก รศ. กำพล กระจุกมิตร, นายกฤษ สมนึก และนายสุรัช จันทรีศรีตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่จากสถานีวิทยุ เทคโน โลยี พ ลั ง ง า น ค ณ ะ วิ ศ ว ก ร ร ม ศ า ส ต ร ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

1. กรมธุรกิจพลังงาน. 2549. กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549. หน้า 9. (ออนไลน์) สืบค้นจาก <http://www.dede.go.th> . 27 เมษายน 2553
2. วีระชัย เลิศสภาพรสสุข, รัตนชัย ไพรินทร์และคณิต ฤกษ์นังกูร. การใช้รังสีไมโครเวฟเร่งการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องและผลกระทบของการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าขนาด 100 kW : วารสารวิจัยและพัฒนาจร. ปีที่ 29 ฉบับที่ 4 , 2549.
3. Suppalakpanya K et al. K. Production of Ethyl Ester from Esterified Crude Palm Oil by Microwave with Dry Washing by Bleaching Earth . Appl Energy (2010), doi:10.1016/j. apenergy.2009.12.006
4. J. Hernando, P. Leton, M.P. Matia, J'L' Novella , J. Novella, J. Alvarez – Builla. Biodiesel and FAME Synthesis Assisted by Microwaves : Homogeneous Batch and Flow Process. www.sciencedirect.com :Fuel 86 (2007) 1641 – 1644.
5. Jon Van Gerpen. Biodiesel Processing and Production. www.elsevier.com/locate/fuproc:Fuel Processing Technology 86(2005)1097 – 1107.

ผลของขนาดอนุภาคต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารอินทรีย์

Effect of particles on the Biogas Production From Organic Foodwaste

กิตติชัย ปัญญารมย์*, ทิพย์สุดา วงศ์กาไสยและธีรวัฒน์ บุรวิเศษ

*E-mail:kittichaipan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บด ที่ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระดับ 5% โดยใช้การหมักแบบกะหรือการเติมวัสดุหมักครั้งเดียวในขวดหมักแบบไร้อากาศขนาด 2 L ปริมาตรใช้งานจริง 1.4 L ภายใต้อุณหภูมิห้อง (28 ± 4 °C) จากการศึกษาพบว่าก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 5,032.50 และ 3,001.50 mL ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการหมักเป็นเวลา 12 วัน

ผลการศึกษาบ่งชี้ให้เห็นว่าศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษอาหารบดและไม่บดเท่ากับ 71.89 mL/g dry weight และ 42.87 mL/g dry weight ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าเศษอาหารอินทรีย์บดมีความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าเศษอาหารอินทรีย์ไม่บด

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, เศษอาหารอินทรีย์, การหมักแบบไร้อากาศ

1. บทนำ

อาหารเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนต้องรับประทานเพื่อให้สามารถดำรงชีวิต ในการรับประทานอาหารแต่ละครั้งจะทำให้เกิดเศษอาหาร หากการกำจัดเศษอาหารไม่ดีพอจะทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่สกปรกและมีกลิ่นเหม็น แต่ถ้ามีการนำเศษอาหารมาจัดการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ นับว่าเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทนที่จะเป็นประโยชน์อย่างคุ้มค่าและประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่กำลังจะขาดแคลนไปได้อีกทางหนึ่งด้วย เป็นการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ดีและได้ประโยชน์ในด้านพลังงานทดแทน รวมทั้งภาคตะกอนที่ปล่อยทิ้งจากการหมักสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้อีกด้วย

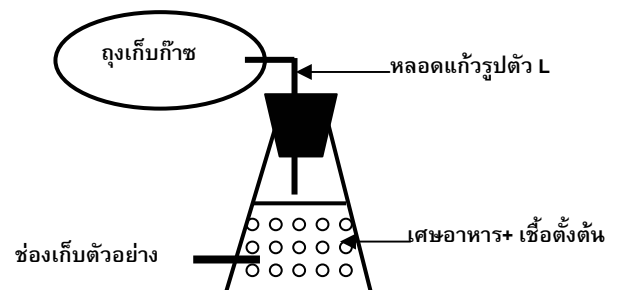
ในสภาพปัจจุบันโรงเรียน ชุมชน และสถานประกอบการมีการปล่อยของเสียโดยเฉพาะเศษอาหารอินทรีย์ที่เหลือจากการบริโภคในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก เศษอาหารอินทรีย์มีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของขนาดอนุภาคเศษอาหารอินทรีย์ต่อการผลิตเกิดก๊าซชีวภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

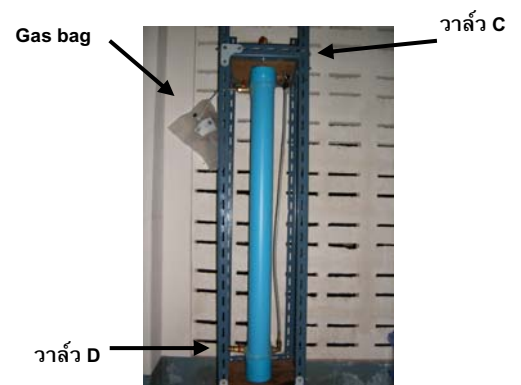
วัสดุที่ใช้สำหรับหมัก คือ เศษอาหารอินทรีย์ นำมาจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนน้ำหนักคงที่ เพื่อหาค่าความชื้นของเศษอาหารอินทรีย์ ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 69.06% จากนั้นนำมา

คำนวณค่าน้ำหนักของเศษอาหารอินทรีย์ โดยมีปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ 5% สำหรับคุณลักษณะของวัสดุหมักดังแสดงในตารางที่ 1

ระบบหมักแบบกะ (Batch) ใช้ขวดรูปชมพู่ปริมาตร 2 L มีปริมาตรใช้งานจริง 1.4 L ปิดปากขวดด้วยจุกยางพันทับด้วยพาราฟิน จากนั้นเชื่อมต่อกับถุงเก็บก๊าซชีวภาพ สำหรับช่องด้านล่างขวดใช้เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับอุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ ทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.62 cm สูง 100 cm ทำงานโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ และใช้สายยางเชื่อมต่อระหว่างถุงเก็บก๊าซชีวภาพกับวาล์ว C ทางด้านบนของท่อพีวีซี จากนั้นเปิดวาล์ว C และ D เพื่อให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านสายยางและดันน้ำในท่อออกมาทางวาล์ว D ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นวัดปริมาตรน้ำที่ไหลออกมาและบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1 ระบบหมักแบบไร้อากาศ



รูปที่ 2 เครื่องวัดปริมาณก๊าซโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ

การทดลองครั้งนี้เป็นการหมักหรือเติมวัสดุหมักครั้งเดียว (Batch) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองได้แก่ เศษอาหารอินทรีย์บด เศษอาหารอินทรีย์ไม่บด และเชื้อตั้งต้น (ชุดควบคุม) เริ่มหมักโดยเติมเศษอาหารอินทรีย์บด 24.40 g และเศษอาหารอินทรีย์ไม่บด 24.62 g และเชื้อตั้งต้นลงในขวดหมัก 20% ของปริมาตรใช้งานจริง สำหรับขวดควบคุมเติมเชื้อตั้งต้นเพียงอย่างเดียว ทำการหมักภายใต้อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 4^\circ\text{C}$) เป็นเวลา 12 วัน โดยเขย่าขวดวันละ 1 ครั้ง จากนั้นวิเคราะห์ค่า pH จากชุดควบคุม เพื่อจะได้ปรับค่า pH ในขวดหมักให้มีค่า pH ประมาณ 7 ด้วย NaHCO_3 ความเข้มข้น 2 N พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่างรวม (Alkalinity) กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids; VFA) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solid; VS) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS) และวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของเศษอาหารอินทรีย์

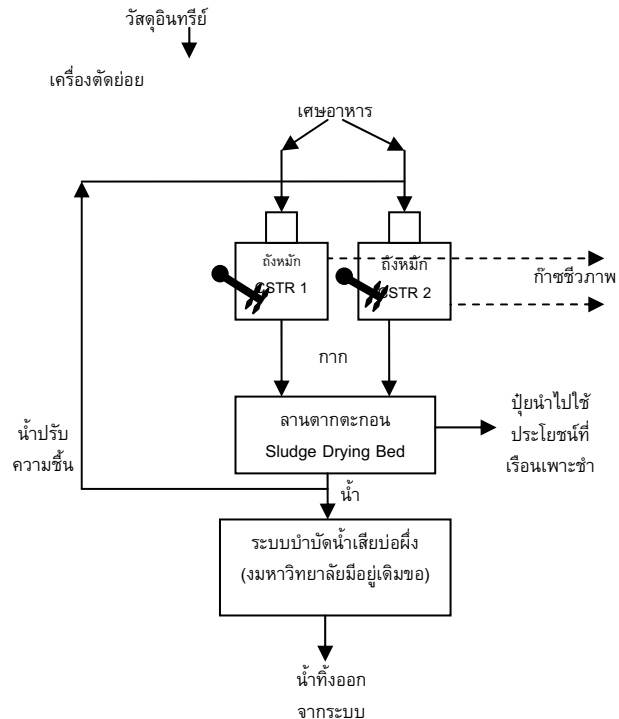
พารามิเตอร์	เศษอาหารอินทรีย์ (mg/g wet)	หัวเชื้อจุลินทรีย์ (g/L)
TS	375.38	9.15
VS	355.00	6.8

ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพทำงานโดยการเติมเศษอาหารและวัสดุอินทรีย์ลงในถังหมัก CSTR 1 เป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นหยุดเติมในถังหมัก CSTR 1 แล้วเริ่มเติมเศษอาหารและวัสดุอินทรีย์ลงในถังหมัก CSTR 2 เป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นถ่ายกากตะกอนจากถังหมัก CSTR 1 และถังหมัก CSTR 2 ตามปริมาตรที่กำหนดไว้เมื่อครบระยะการกักเก็บ 30 วัน เพื่อลำเลียงไปยังลานตากตะกอน ในขณะที่มีการถ่ายกากตะกอนจะมีการกว่นผสมด้วยใบกว่นเป็นระยะตลอดเวลา เพื่อให้กากตะกอนเหลวมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ทำเช่นนั้นสลับกันไป จากนั้นนำกากตะกอนที่ตากแห้งแล้วไปทำเป็นวัสดุบำรุงดิน (รูปที่ 3) สำหรับก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะผ่านก๊าซมิเตอร์เพื่อตรวจวัดก๊าซชีวภาพ และถูกส่งไปเก็บในถุงเก็บก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการหุงต้มต่อไป

3. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาคุณลักษณะของวัสดุหมักที่ TS 5% ณ วันเริ่มต้นจนถึงวันสิ้นสุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 และผลจากการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บดที่ TS 5% พบว่า ค่า pH เริ่มต้นหมักเท่ากับ 3.77 และ 3.94 ตามลำดับ เนื่องจากเกิดกรดอินทรีย์สะสมในระบบปริมาณมากจึงเติม NaHCO_3 2 N ลงในขวดหมักเพื่อให้ pH มีค่าอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบไร้อากาศ (Metcalf and Eddy, 2004) จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่า pH ตั้งแต่วันที่ 5 จนถึงวันสุดท้ายของการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บดมีค่า pH ก่อนช่วงคงที่ เฉลี่ยเท่ากับ 6.48 และ 6.39 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า VFA/Alkalinity หลังเดินระบบของการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บดพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.32 และ 0.26 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำกว่า 0.4 (สันทัด ศิริอนันต์

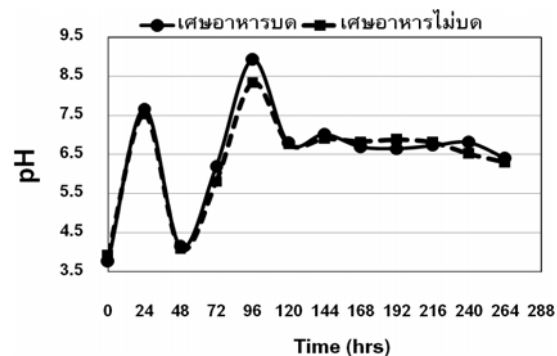
ไพบุลย์, 2549) โดยค่าอัตราส่วนดังกล่าวเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงกำลังบำบัดของระบบ



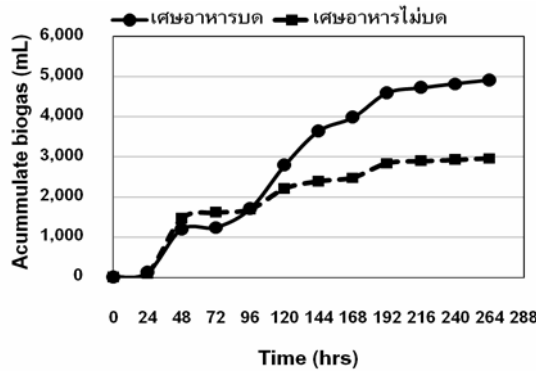
รูปที่ 3 ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวัสดุก่อนเดินระบบ ที่ TS 5%

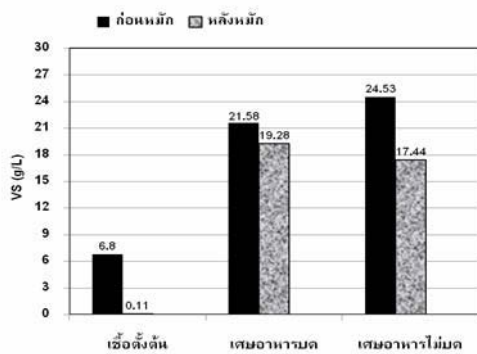
พารามิเตอร์	วัสดุหมัก		
	เชื้อตั้งต้น	เชื้อตั้งต้น + เศษอาหาร (บด)	เชื้อตั้งต้น + เศษอาหาร (ไม่บด)
pH	6.75	3.77	3.94
TS (g/L)	9.15	24.4	24.62
VS (g/L)	6.8	21.58	24.53



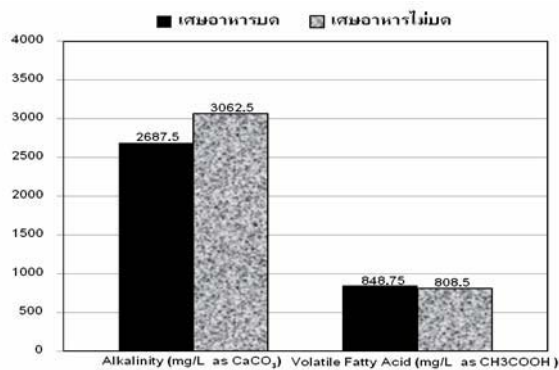
รูปที่ 4 ค่า pH จากการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บด



รูปที่ 5 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมตลอดการทดลอง



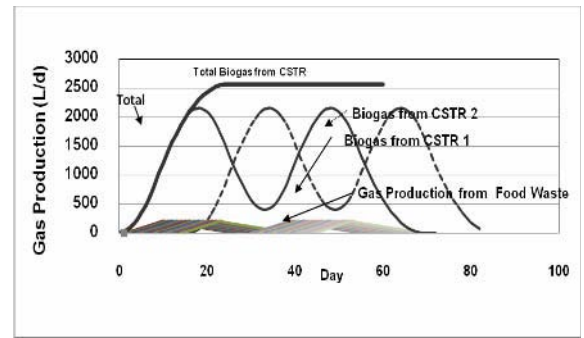
รูปที่ 6 ค่า VS ก่อนและหลังเดินระบบหมัก



รูปที่ 7 ค่า Alkalinity และ Volatile Fatty Acid ระหว่างเดินระบบหมัก

ผลของก๊าซชีวภาพสะสมจากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บดมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมตลอดระยะการหมัก 12 วัน เท่ากับ 5,032.50 และ 3,001.50 mL และมี Biogas yield เท่ากับ 2.188 และ 0.423 mL Biogas/mg VS_{removed} ตามลำดับ จะพบว่าเศษอาหารอินทรีย์บดส่งผลให้เกิดก๊าซชีวภาพสูงกว่าเศษอาหารอินทรีย์ไม่บดเนื่องจากขนาดอนุภาคของเศษอาหารอินทรีย์บดมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างพื้นที่หน้าตัดของเศษอาหารกับจุลินทรีย์ในระบบทำปฏิกิริยากันได้ดี ส่งผลให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากกว่าการหมักเศษอาหารอินทรีย์ไม่บด และประสิทธิภาพการกำจัด VS จากการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บดเท่ากับ 10.66% และ 28.90% ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่า VS นั้น ขวดหมักที่ใช้ทดลองมีขนาดเล็กและปากขวดแคบทำให้ขณะที่ดูดตัวอย่างขึ้นมาด้วยปิเปตจะมีส่วน

ที่เป็นของเหลวมากกว่าวัสดุที่เป็นของแข็ง จึงไม่ได้ตัวอย่างที่ดีที่สุดเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดในขวดหมัก



รูปที่ 7 ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพประเมินด้วยแบบจำลองสามเหลี่ยม

ผลการหมักเศษอาหารอินทรีย์ของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการเติมปริมาณเศษอาหารอินทรีย์ลงในถัง CSTR1 เป็นเวลา 15 วัน พบว่า เศษอาหารอินทรีย์มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้จนถึงวันที่ 29 โดยมีการปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดในวันที่ 18 (อนุวัตดี พรหมเมศร์, 2553) และจากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นลดลงหลังจากวันที่ 18 ของการหมัก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเติมเศษอาหารอีกครั้ง เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวันพบว่าเศษอาหารอินทรีย์มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 100.60 mL/kg

4. สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษอาหารอินทรีย์บดและไม่บด พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมของเศษอาหารอินทรีย์บดสูงกว่าและเศษอาหารอินทรีย์ไม่บด คือ 5,032.50 และ 3,001.50 mL ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการหมัก 12 วัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากขนาดอนุภาคของวัสดุหมัก

ผลการศึกษาบ่งชี้ให้เห็นว่าศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษอาหารบดและไม่บดเท่ากับ 71.89 mL/g dry weight และ 42.87 mL/g dry weight ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าเศษอาหารอินทรีย์บดมีความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าเศษอาหารอินทรีย์ไม่บด

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำความรู้ที่ได้ไปสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างง่าย ที่สามารถนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม
2. เพื่อนำไปพัฒนาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่ปริมาณความเข้มข้นของของแข็ง
3. พัฒนาระบบการเรียนรู้การสอนและสามารถสร้างองค์ความรู้ที่ต้องการศึกษาได้โดยใช้กระบวนการวิจัยโดยการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน (ก๊าซชีวภาพ) การจัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้นักเรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริง เพื่อให้ให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงซึ่งได้เรียนรู้จากปัญหาและรู้จักวิธีการแก้ปัญหา รู้จักการทำงานอย่างมีระบบ รู้จักการวางแผนในการทำงาน ฝึกการคิดวิเคราะห์ ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่นและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิควิธีการหลายรูปแบบมา

ผสมผสานกันระหว่างกระบวนการกลุ่ม การสอนการคิด การสอนแก้ปัญหา การสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิด เพื่อมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง จากความสนใจจากความอยากรู้อยากเรียนของนักเรียน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียน เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับแหล่งเรียนรู้เบื้องต้น จนผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเองโดยมี หลักการสำคัญของกิจกรรมโครงการก๊าซชีวภาพดังนี้

1. เน้นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนเป็นผู้วางแผนในการศึกษาค้นคว้าเอง
3. ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
4. นำเสนอโครงการเอง
5. มีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางวัดผลและ

ประเมินผล โดยนำความรู้และทฤษฎีที่ได้จากการการฝึกอบรมนำไปจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเริ่มต้นกับโครงการวิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม) โดยกำหนดหัวข้อ และประเด็นในการทำโครงการวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้เรื่องการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุที่มีในท้องถิ่นเป็นฐาน เช่น การเลือกวัสดุหมักให้มีความเหมาะสม กับออกแบบถังหมัก การคำนวณหาปริมาณก๊าซ เป็นต้น โดยให้ผู้เรียนใช้ความรู้และประสบการณ์ เลือกทำโครงการตามเหมาะสมและความสนใจจากสภาพปัญหา ในบริบทของตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผศ.ดร. สุเมธ ไชยประพัทธ์ อาจารย์พี่เลี้ยงที่ให้คำปรึกษา นางสาวอิตรา รังงาม ผู้ช่วยวิจัย นางสาวจิราพร ศิริวัฒน์ นักศึกษาปริญญาโท

เอกสารอ้างอิง

- สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549. ระบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้การออกแบบ การควบคุม และการแก้ปัญหา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศรีอนันต์. กรุงเทพฯ.
- Metcalfe and Eddy. (2004). **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. (4 th Edition). New York : McGrew-Hill.
- อนุวัติ พรหมเมศรี. 2553. รายงานเรื่อง ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับใช้งานในระดับครัวเรือน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง

Potential of Biogas Production from waste vegetables and fruits

วรรณกร กุลศรี*, อัจฉริยา นารีนวงศ์และสุวิตร วงศ์ใหญ่

*E-mail: vankunsri14@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระดับ 5% โดยใช้การหมักแบบเปียกหรือการเติมวัสดุหมักครั้งเดียวในขวดหมักแบบไร้อากาศขนาด 1 L ปริมาตรใช้งานจริง 0.5 L ระยะเวลาหมัก 10 วัน การหมักแบบแห้งระยะเวลาหมัก 9 วัน และการหมักแบบต่อเนื่องระยะเวลาหมัก 7 วัน จากการศึกษาพบว่า การทดลองหมักแบบเปียกมีประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง มีค่าเท่ากับ 60.27 % และ 68.28 % ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 1,439 mL และ 1,170 mL ตามลำดับ ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 57.56 mL/g และ 46.8 mL/g ตามลำดับ สรุปว่าเศษผักผลไม้มีความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าเปลือกกล้วยเล็บมือนาง การทดลองแบบแห้งมีประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเปลือกกล้วยเล็บมือนาง เท่ากับ 41.14% ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 2,099 mL และการหมักแบบต่อเนื่องมีก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 158,200 mL

คำสำคัญ ก๊าซชีวภาพ, เปลือกกล้วย, เศษผักผลไม้

1. บทนำ

ประเทศไทยมีความตื่นตัวในการหาแหล่งพลังงานทางเลือกและพลังงานหมุนเวียน เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือประโยชน์อย่างอื่นแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานที่สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมอย่างมาก จากแผนอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2551-2554 กระทรวงพลังงานได้เร่งผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาด ซึ่งในปัจจุบันระบบการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับครัวเรือนในประเทศไทยเริ่มแพร่หลายมากขึ้นและสามารถทำได้โดยง่าย ทั้งนี้เพราะก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ให้ความร้อน หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้เป็นก๊าซหุงต้มตามครัวเรือนได้

เศษผักผลไม้ที่เหลือทิ้งจากตลาดจำหน่ายสินค้าทางการเกษตรและเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักก๊าซชีวภาพได้ หากเราปล่อยให้วัสดุเหลือใช้

เหล่านี้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติแล้ว นอกจากทำให้เสียงบประมาณในการกำจัด ขยะเหลือใช้ดังกล่าวยังส่งกลิ่นเหม็นรบกวน สร้างความรำคาญแก่ชุมชนและส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก หากมีการนำเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเล็บมือนางมาผลิตก๊าซชีวภาพจะเป็นการลดปัญหาดังกล่าวได้

ด้วยเหตุผลข้างต้น การวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง โดยมีปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระดับ (TS) 5% เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการประยุกต์ใช้จริงต่อไป

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. เตรียมวัสดุหมัก

วัสดุที่ใช้สำหรับหมัก คือ เปลือกกล้วยเล็บมือนาง 35.92 g เศษผักผลไม้ 275.63 g (เปลือกแตงโม, เปลือกส้มแปรรูป, เปลือกมะละกอ, เศษผักคะน้า, เศษผักกวางตุ้ง) และเชื้อเริ่มต้น 100 mL (มูลสุกร) สำหรับเศษผักผลไม้ นำมาจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำวัสดุหมักมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนน้ำหนัคงที่ เพื่อนำไปหาค่าความชื้น และคำนวณหาค่าน้ำหนักวัสดุหมัก โดยมีปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ 5% และวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุหมักเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง

พารามิเตอร์	เศษผักผลไม้	เปลือกกล้วยเล็บมือนาง
Moisture Content (%)	90.93	30.40
pH	5.38	6.25
TS (mg/g wet)	93.77	165.10
VS (mg/g wet)	85.25	136.03

2. ระบบหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digester)

แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ

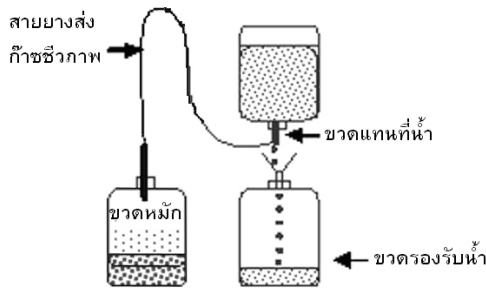
2.1 ระบบหมักแบบเปียก

2.2 ระบบถังหมักแบบต่อเนื่อง

2.3 ระบบหมักแบบแห้ง

2.1 ระบบหมักแบบเปียก

ระบบหมักแบบเปียก ใช้ขวดแก้วปริมาตร 1 L มีปริมาตรใช้งาน 0.5 L ปิดปากขวดด้วยจุกยาง พันทับด้วยพาราฟิน (รูปที่ 1) วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นด้วยหลักการแทนที่น้ำ โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากขวดหมักจะผ่านสายส่งก๊าซไปยังขวดแทนที่น้ำ ทำให้น้ำไหลออกจากขวดลงสู่ขวดรองรับน้ำ แล้วจึงนำน้ำจากขวดรองรับน้ำไปหาปริมาตร



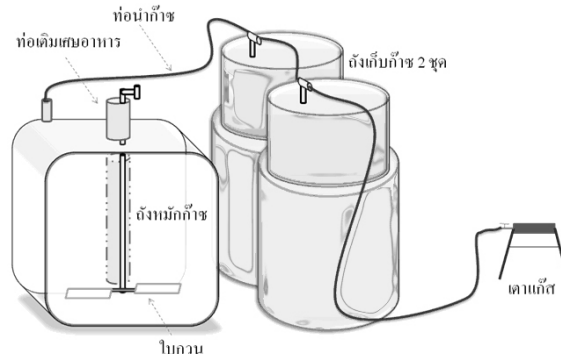
รูปที่ 1 ระบบหมักแบบเปียก

ซึ่งวัสดุหมักโดยใช้กากหมักเปียกของเศษผักผลไม้ 275.63 g เปลือกกล้วยเล็บมือนางใช้ น้ำหนักเปียก 35.92 g และเติมเชื้อตั้งต้นในขวดหมัก 10% ของปริมาตรการใช้งาน จากนั้นเติมน้ำจนมีปริมาตร 0.5 L และมีชุดควบคุม คือ มูลสุกร 100 mL ผสมกับน้ำจนได้ปริมาตร 0.5 L ทำการหมักภายใต้ อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 4^\circ\text{C}$) เป็นเวลา 10 วัน โดยเขย่าขวดวันละ 1 ครั้ง วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน และวิเคราะห์ค่า pH จากชุดควบคุม เพื่อปรับค่า pH ในระบบการทดลองให้มีค่าประมาณ 6.8-7.2 ด้วย NaHCO_3 ความเข้มข้น 2 N

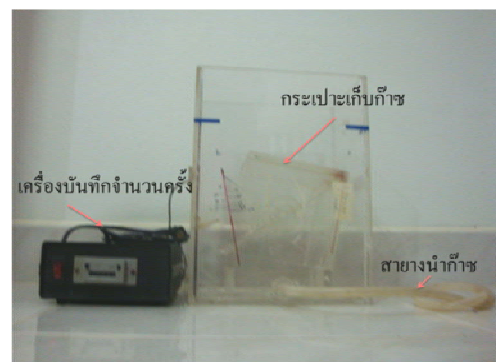
2.2 ระบบถังหมักแบบต่อเนื่อง

ถังหมักมีลักษณะเป็นถังพลาสติกสีขาวขุ่น มีท่อสำหรับเติมสารอินทรีย์ด้านข้างถังหมักติดวาล์วระบายน้ำเพื่อระบายของเหลวภายในถัง สำหรับชุดเก็บก๊าซ ต่อท่อนำก๊าซจากถังหมักเข้าสู่ถังเก็บก๊าซ 2 ชุด โดยเจาะรูบริเวณก้นถังขนาด 150 L เพื่อรับก๊าซจากท่อนำก๊าซ คว่ำถังลงในถังน้ำขนาด 200 L ที่บรรจุน้ำไว้เต็มถัง เมื่อก๊าซเกิดขึ้นจะดันถังเก็บก๊าซให้ลอยขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพโดยการอ่านค่าจากเครื่องก๊าซมิเตอร์ (รูปที่ 3) และคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นดังสมการ

ค่าอ่านค่าจากมิเตอร์ $\times$ ปริมาตรกระเปาะ (ml) = ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ml)



รูปที่ 2 แบบจำลองระบบหมักไร้อากาศแบบต่อเนื่อง

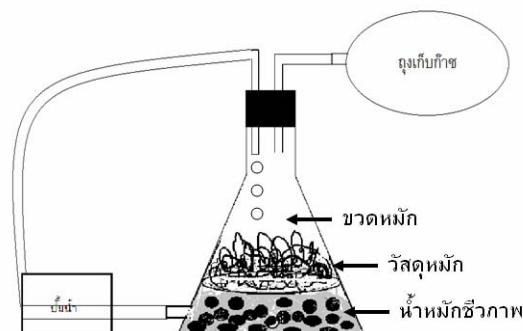


รูปที่ 3 อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณก๊าซระบบหมักแบบต่อเนื่อง

การเดินระบบหมักแบบต่อเนื่อง จะทำการเติมเปลือกกล้วยเล็บมือนางทุกวัน วันละ 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

2.3 ระบบหมักแบบแห้ง

ระบบหมักแบบเปียก (Batch) ใช้ขวดรูปชมพู่ปริมาตร 2 L มีปริมาตรใช้งาน 1.4 L ปิดปากขวดด้วยจุกยาง พันทับด้วยพาราฟิน จากนั้นเชื่อมต่อขวดหมักกับถุงเก็บชีวภาพ สำหรับช่องด้านล่างขวดใช้เก็บตัวอย่าง (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ระบบหมักแบบแห้ง

ซึ่งวัสดุหมักโดยใช้น้ำหนักเปียกของเปลือกกล้วยเล็บมือนางใช้น้ำหนักเปียก 100.57 g และเติมเชื้อตั้งต้นในขวดหมัก 20% ของปริมาตรการใช้งาน จากนั้นเติมน้ำจนมีปริมาตร 1.4 L และมีชุดควบคุม คือ มูลสุกร 100 mL ผสมกับน้ำจนได้ปริมาตร 1.4 L ทำการหมักภายใต้อุณหภูมิห้อง ($28\pm4^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 9 วัน โดยเขย่าขวดวันละ 1 ครั้ง วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน และวิเคราะห์ค่า pH จากชุดควบคุม เพื่อปรับค่า pH ในระบบการทดลองให้มีค่าประมาณ 6.8-7.2 ด้วย NaHCO_3 ความเข้มข้น 2 N

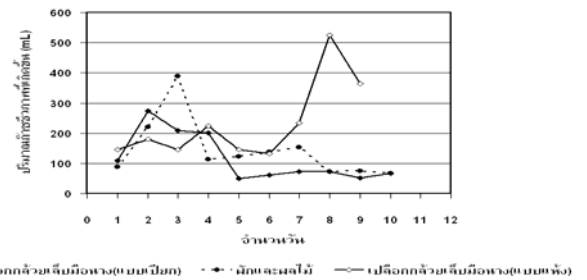
ในการทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลองนั้น วิเคราะห์พารามิเตอร์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่างรวม (Alkalinity) กรดอินทรีย์ไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids; VFA) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solid; VS) และของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS)

3. ผลการทดลอง

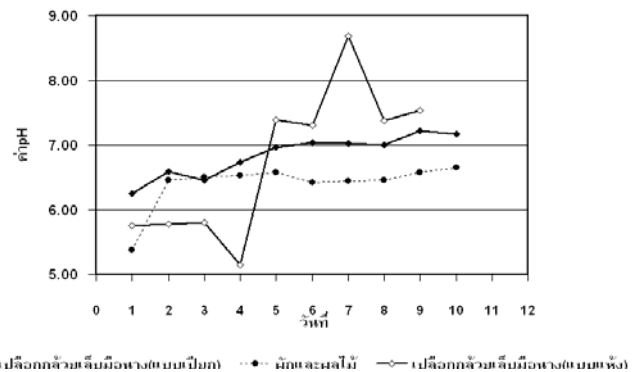
ผลการศึกษาหาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง ดังตารางที่ 2 การหมักแบบเปียกมีค่า Alkalinity เท่ากับ 7,250 และ 5,188 mg/L as CaCO_3 ตามลำดับ ค่า VFA เท่ากับ 1,010 และ 341 mg/L as CH_3COOH ตามลำดับ และ ค่า VFA/Alkalinity ของชุดทดลองเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง มีค่าเท่ากับ 0.14 และ 0.07 ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักแบบเปียกและแบบแห้ง แสดงดังรูปที่ 5 ค่า pH ของชุดทดลองดังรูปที่ 6 ขณะที่ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมดังรูปที่ 7 การหมักแบบต่อเนื่องมีปริมาณก๊าซชีวภาพต่อวันและสะสม ดังรูปที่ 8 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพ/ กรัม ในการหมักเปลือกกล้วยเล็บมือนาง ด้วยระบบหมักรูปแบบต่างๆ ดังรูปที่ 9 และผลการหาคะสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas production potential) จากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนางมีค่าเท่ากับ 57.56 mL/g และ 46.8 mL/g ตามลำดับ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของวัสดุหมักในการทดลองหมักแบบเปียกและแบบแห้ง

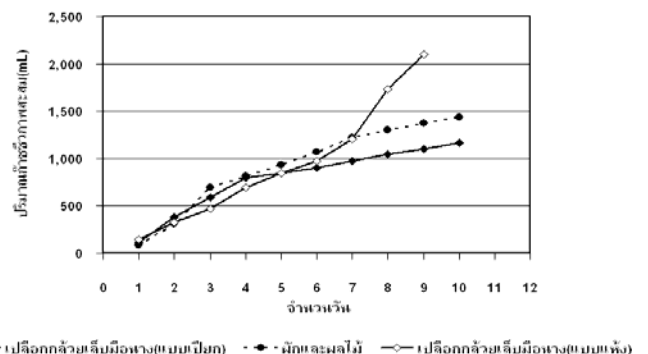
ประเภทของการหมัก	วัสดุหมัก	TS (g/L)		VS (g/L)		ประสิทธิภาพการกำจัด(%)	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	TS	VS
การหมักแบบเปียก	เศษผักผลไม้	37.57	14.40	30.58	12.15	61.67	60.27
	เปลือกกล้วยเล็บมือนาง	13.81	12.90	10.72	3.40	6.59	68.28
การหมักแบบแห้ง	เปลือกกล้วยเล็บมือนาง	30.40	19.59	21.05	12.39	35.36	41.14



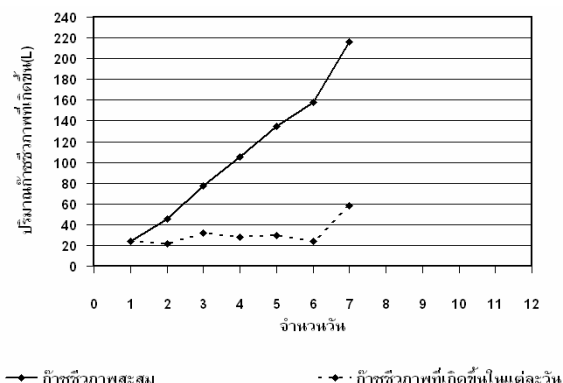
รูปที่ 5 ปริมาณก๊าซชีวภาพของการหมักแบบเปียกและแบบแห้ง ณ วันต่างๆ



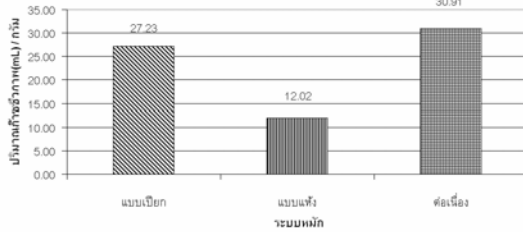
รูปที่ 6 ค่า pH ของระบบในวัสดุหมักแบบเปียกและแบบแห้ง



รูปที่ 7 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมของระบบการหมักแบบเปียกและแบบแห้ง



รูปที่ 8 ปริมาณก๊าซชีวภาพต่อวันและสะสมของระบบการหมักแบบถังใหญ่



รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพ/ กรัม ในการหมัก
เปลือกกล้วยเล็บมือนางด้วยระบบหมักต่าง ๆ
ภายใน 7 วัน

4. สรุปและอภิปรายผล

ในการทดลอง พบว่าค่า pH เริ่มต้นของเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยมีค่าเท่ากับ 5.38 และ 6.25 ตามลำดับ จากนั้นตั้งแต่วันที่ 2 ได้มีการควบคุมค่า pH ของทุกชุดการทดลองในระบบหมักให้อยู่ในช่วง 6.5 -7.5 เพื่อให้เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดและสร้างมีเทน สังเกตได้จากค่า VFA/Alkalinity จากการหมักจากเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยมีค่าเท่ากับ 0.14 และ 0.07 น้อยกว่า 0.4 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในคำแนะนำในการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2546) และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละวันของเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนางจะมีค่ามากที่สุดในช่วง 2-3 วันแรกของการหมักทั้งนี้เพราะเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส และกระบวนการสร้างกรดขึ้นในช่วงนี้ โดยเปลือกกล้วยจะมีอัตราการผลิตสูงที่สุดในวันที่ 3 และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 และยังพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงวันที่ 4 เริ่มคั่งที่ทั้งนี้เพราะเกิดกระบวนการสร้างมีเทนขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพสะสมในช่วงเวลา 10 วัน พบว่า วัสดุที่มีปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดคือเศษผักผลไม้เท่ากับ 1,439 mL รองลงมาคือเปลือกกล้วยเล็บมือนางเท่ากับ 1,170 mL เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ที่สะสมอยู่เทียบกับค่าที่เหมาะสมในช่วง 50-500 mg/L as CH_3COOH (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) พบว่าระบบของเศษผักผลไม้มีค่ามากถึง 1,010 mg/L as CH_3COOH ทั้งนี้ปัจจัยส่วนหนึ่งเนื่องจากเศษผักผลไม้ประกอบด้วยเปลือกสับปะรดซึ่งมีสภาพเป็นกรดมาก แต่ค่า Alkalinity ก็มากเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 7,250 mg/L as CaCO_3 ทำให้ระบบยังคงมี Buffer Capacity เพียงพอที่สามารถทำให้แบคทีเรียผลิตก๊าซชีวภาพได้ และวัสดุที่มีศักยภาพมากที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพของการทดลองนี้ได้แก่ เศษผักผลไม้

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการหมักเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 3 รูปแบบ คือ การหมักแบบเปียก การหมักแบบแห้ง และการหมักแบบต่อเนื่อง โดยใช้ระยะเวลาการหมักเท่ากันคือ 7 วัน(ดังรูปที่ 9) พบว่าก๊าซชีวภาพสะสมต่อกรัมของวัสดุหมักที่เดิมของการหมักแบบต่อเนื่องให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดต่อกรัมสูงที่สุด ดังนั้นการหมักแบบต่อเนื่องน่าจะมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมากที่สุด ทั้งนี้เพราะในการหมักแบบเปียกใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบนานและต้องควบคุมระบบ

(pH) อย่างใกล้ชิด สำหรับการหมักแบบแห้งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการหมุนเวียนน้ำในระบบเพื่อเพิ่มความชื้นและประสิทธิภาพการสลายสารอินทรีย์ (Chynoweth, 1992) ตลอดจนระบบหมักแบบต่อเนื่องยังสามารถเติมวัสดุหมักได้เรื่อยๆ และเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมของการหมักแบบต่อเนื่อง พบว่าเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากถึง 0.1582 m^3 ซึ่งหากนำไปเปรียบเทียบกับการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.237 kW-hr(ศูนย์ประสานงานโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2551)

5. การประยุกต์ใช้ในโรงเรียน

จากองค์ความรู้ที่ได้รับในการฝึกทำวิจัยเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพครั้งนี้ ครูสามารถนำเอาความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเรียนการสอนแบบโครงการ โดยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มหาเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีในชุมชนที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ มาทดลองหาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหล่านั้น โดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในโรงเรียนและอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในชุมชนมาช่วยในการทดลอง เช่น ใช้การตากแห้งในการระเหยน้ำเพื่อหาความชื้นของวัสดุเปียก ใช้ภาชนะปิดที่มีดัดแปลงแทนถังหมัก ใช้กระดาษลิตมัสเพื่อตรวจสอบสภาพความเป็นกรด – เบส ของระบบ ใช้ปูนขาวหรือซีเมนต์ในการปรับ pH ของระบบ กรณีที่ระบบมีความเป็นกรดสูง เป็นต้น โดยคาดหวังว่านักเรียนจะได้รับความรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงครั้งนี้ และนำความรู้ที่ได้รับนี้ไปถ่ายทอดให้กับชุมชนอีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัย ขอขอบคุณสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา น.ส.อัครา รักราม และน.ส.จิราพร ศิริวัฒน์ นักศึกษาปริญญาโทที่เป็นพี่เลี้ยงในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. 2549. (20 April) หลักการจัดหาพลังงานเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า. (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่ <http://www.energy.go.th>
- [2] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2543. วิศวกรรมกรรมการจัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ:สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรังสิต.
- [3] มันสิน ตันกุลเวศม์. 2546. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ : ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] ศูนย์ประสานงานโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.)เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaibogas.net/> เมื่อ 18 ธันวาคม 2552
- [5] Chynoweth D.P. 1992, " Sequential Batch Anaerobic Composting of organic fraction of municipal solid waste," Water Science and Technology, Vol.25, No.7, pp.327-339

การผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้ใบยางพาราร่วมกับมูลโคและมูลสุกร

Biogas Production from Rubber Leaves Co-digestion with Cattle Manure and Pig Manure

ไพศาล วงศ์กระโษะ

โรงเรียนหนองสูงสามัคคีวิทยา อ.หนองสูง จ.มุกดาหาร 49160

E-mail : born2belouis@Gmail.com, born2belouis@pil.in.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการหมักร่วมระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพารากับมูลสุกรที่ส่วนผสมต่างๆ เพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพ โดยหมักในขวดน้ำเกลือแบบไร้อากาศขนาด 1 ลิตร ปริมาตรใช้งานจริง 0.8 ลิตร ภายใต้อุณหภูมิห้อง (29 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 วัน ทำการป้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเดิมครั้งเดียว โดยชุดการทดลองที่ 1 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลโค 40 กรัมต่อมูลโค 10% 30% และ 50% โดยน้ำหนัก และชุดการทดลองที่ 2 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลสุกร ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลสุกร 10% 30% และ 50% โดยปริมาตร ทำการเก็บแก๊สโดยใช้ลูกโป่งและวัดปริมาตรแก๊สทุก 2 วันโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างใบยางพารากับมูลโค และระหว่างใบยางพารากับสุกรที่ 10% ผลิตแก๊สได้สูงสุด รองลงมา คือ 30% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนเกิดแก๊สสูงสุด (10%) พบว่า การหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค ผลิตแก๊สได้สูงกว่าใบยางพาราร่วมกับมูลสุกร เท่ากับ 1664.333 mL และ 1322.33 mL ตามลำดับ

คำสำคัญ: แก๊สชีวภาพ; ใบยางพารา; มูลโค; มูลสุกร

1. บทนำ

เชื้อเพลิงที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อประกอบอาหารส่วนใหญ่ก็คือ แก๊สหุงต้ม หรือแก๊สแอลพีจี เป็นแก๊สที่ได้จากธรรมชาติเป็นผลผลิตจากปิโตรเคมี ซึ่งปัจจุบันเริ่มขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้น ถึงแม้ประเทศไทยจะมีแหล่งผลิตแก๊สธรรมชาติ แต่ก็ยังมีไม่มาก ทุกวันนี้ต้องสั่งซื้อแก๊สธรรมชาติจากต่างประเทศเข้ามาใช้กัน สภากรรมการเช่นนี้ แก๊สชีวภาพน่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทางหนึ่ง ที่เราน่าจะเริ่มนำมาใช้กันอย่างจริงจัง เพราะสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มแทนแก๊สแอลพีจีได้ อีกทั้งจากข้อมูลของกรมปศุสัตว์พบว่า ปัจจุบัน ประเทศไทยมีปริมาณโค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ และขังรวมกันไม่น้อยกว่า 214 ล้านตัว (วงศก วรศ้อย, 2548) มูลของสัตว์ทั้ง 6 ชนิดนี้เป็นประเภทที่มีศักยภาพเพียงพอที่สามารถนำไปผลิตแก๊สชีวภาพได้ ซึ่งศักยภาพที่ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ประเมินพบว่า ในปี 2543 ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานจากมูลสัตว์ถึง 11,750 ล้านล้านจูล ตัวเลขในเชิงพลังงานนี้เทียบเท่ากับพลังงานความร้อนที่ได้จากน้ำมันดิบถึง 278 ล้านตัน

หรือ เทียบเท่าน้ำมันดีเซลหมื่นล้านบาท คิดเป็นเกือบครึ่งหนึ่งของน้ำมันดีเซลที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศในปีเดียวกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโค มูลสุกร ร่วมกับใบยางพารา ซึ่งยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ในประเทศไทยที่สำคัญ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย และเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยสถิติพื้นที่ในการปลูกยางพาราจากอดีตจนกระทั่งถึงปีพ.ศ. 2550 เป็นจำนวน 2,143,206 ไร่ และสถิติการปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นจากปี 2549 ถึงร้อยละ 71.83 (สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร, 2552) ซึ่งมีปริมาณใบยางพาราเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยมากเกษตรกรสวนยางจะปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโค มูลสุกร ร่วมกับใบยางพาราเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลจากการวิจัยที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชุมชนท้องถิ่น และสามารถเป็นสื่อต่อการเรียนรู้ของโรงเรียนร่วมกับชุมชนที่ดีด้วย

2. วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาลักษณะของวัสดุที่หมัก

1) เก็บตัวอย่างวัสดุที่หมัก ได้แก่ มูลโคและมูลสุกรสด โดยลอกออกจากพื้นเอาเฉพาะมูลก่อนการล้างคอกจากโรงเรียนเลี้ยงสุกร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และใบยางพารา ซึ่งเก็บจากบริเวณสวนยางพารามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยเลือกเอาเฉพาะใบที่แห้ง นำมาบดด้วยมือ วัดค่าอุณหภูมิ ค่าพีเอช ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS: Total solid) ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS: Total suspended solids)

2.2 ระบบการหมักแบบไร้อากาศจำลองในห้องปฏิบัติการ

1) การหมักมูลโค (C) ร่วมกับใบยางพารา (R) ที่อัตราส่วนต่างๆ ทดลองโดยการหมักใบยางพารา โดยใช้อัตราส่วน น้ำหนักใบยางพารา 40 กรัมต่อมูลโค 4 กรัม (10%) 12 กรัม (30%) และ 20 กรัม (50%) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ชุดที่ 1 ผสมใบยางพารากับมูลโค ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 4 กรัม (10%)

ชุดที่ 2 ผสมใบยางพารากับมูลโค ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 12 กรัม (30%)

ชุดที่ 3 ผสมไบอยางพาราต่อมูลโค ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 20 กรัม (50%)

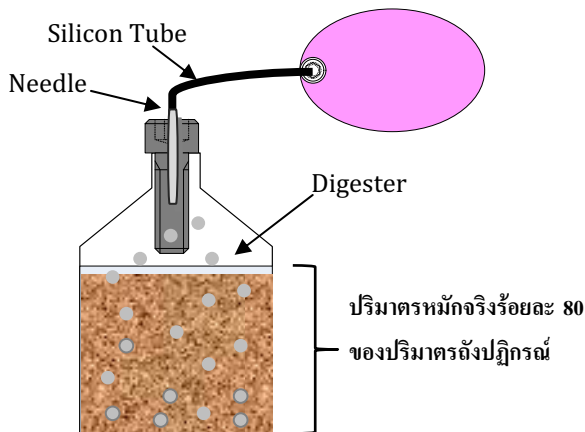
2) การหมักมูลสุกร (P) ร่วมกับไบอยางพารา (R) ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ทดลองโดยการหมักไบอยางพารา โดยใช้ อัตราส่วน น้ำหนักไบอยางพารา 40 กรัม ต่อมูลสุกร 10% 30% และ 50% โดยปริมาตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ชุดที่ 1 ผสมไบอยางพาราต่อมูลสุกร ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 80 mL (10%)

ชุดที่ 2 ผสมไบอยางพาราต่อมูลสุกร ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 240 mL (30%)

ชุดที่ 3 ผสมไบอยางพาราต่อมูลสุกร ด้วยอัตราส่วน น้ำหนัก 40 กรัม ต่อ 400 mL (50%)

ทำการบ้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเติมวัสดุหมักครั้งเดียว การหมักสภาวะไร้อากาศ โดยการเติมแก๊สไนโตรเจนลงถึงหมักเป็นระยะเวลา 3 นาที ทำการหมักเป็นระยะเวลา 12 วัน ภายใต้อุณหภูมิห้อง (29 ± 3 องศาเซลเซียส) วัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) (สมฤดี ฤทธิ์ยากุล, 2551) น้ำที่ถูกแทนที่จะไหลลงสู่ขวดรองรับน้ำ ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ดังกล่าวเป็นปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นทุก 2 วัน ในระบบด้วย และวัดค่า pH ทุก 2 วัน (ภาพประกอบที่ 1 และภาพประกอบที่ 2)



ภาพประกอบที่ 1 แบบจำลองถึงปฏิกรณ์หมักไร้อากาศแบบกะ (batch) ในห้องปฏิบัติการ



ก. ขวดหมัก

ข. ลูกโป่งเก็บแก๊ส

ภาพประกอบที่ 2 ลักษณะชุดอุปกรณ์ถึงปฏิกรณ์หมักไร้อากาศแบบกะ (batch) ในห้องปฏิบัติการ

3. ผลการทดลอง และอภิปรายผล

3.1 ลักษณะของวัสดุหมัก

การทดลองนี้ใช้มูลโค (cattle manure) กับมูลสุกร (pig manure) ที่ถ่ายไม่เกิน 24 ชั่วโมง โดยลอกออกจากพื้นที่คอกก่อนการล้างคอกจากโรงเรือน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และไบอยางพารา ซึ่งเก็บจากบริเวณสวนยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยเลือกเอาเฉพาะใบที่แห้งที่บิดด้วยมือ ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติของมูลโค และมูลสุกรสดที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่า มูลโค มีค่า pH ที่ 5.23 มูลสุกรมีค่า pH ที่ 5.56 ค่า TS เท่ากับ 36.58 mg/L ค่า TSS เท่ากับ 22.12 mg/L

3.2 ผลการทดลองของระบบการหมักแบบไร้อากาศในห้องปฏิบัติการ

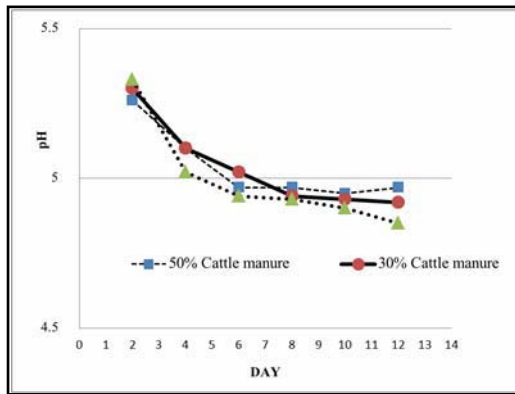
ในการทดลองนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักไบอยางพาราร่วมกับมูลโค และมูลสุกรที่อัตราส่วนผสมระดับต่างๆ โดยผสมกันในอัตราส่วนผสมในอัตราส่วนไบอยางพาราที่บิดด้วยมือ 40 g ของน้ำหนักแห้ง ร่วมกับหัวเชื้อคือมูลโค และมูลสุกรที่ 10% 30% และ 50% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการหมักแบบกะ (batch) ภายใต้ อุณหภูมิห้อง ($27.7-29.5$ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 วัน โดยวัดแก๊สที่เกิดขึ้น 2 วัน โดยอาศัยหลักการแทนที่น้ำ ในระหว่างการทดลองได้ทำการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิ (Temperature)

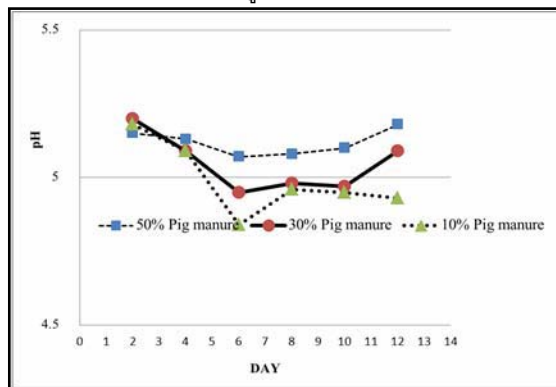
อุณหภูมิมีผลต่อจุลินทรีย์เป็นอย่างมาก โดยอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือปฏิกิริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ขึ้นกับอุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ ในการทดลองครั้งนี้ทดลองภายใต้อุณหภูมิห้อง ($27.7-29.5$ องศาเซลเซียส) เมื่อเริ่มเดินระบบ พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุหมักที่บ้อนเข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่างช่วง $29.0-30.5$ องศาเซลเซียส และอุณหภูมิวันสิ้นสุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง $27.0-28.7$ องศาเซลเซียส Grady et al. (1999) ได้รายงานว่าช่วงอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ยังสามารถทำงานได้ แต่ประสิทธิภาพต่ำ และคำแนะนำต่ำสุดที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ คือ $20-25$ องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่า ค่าอุณหภูมิตลอดการทดลองมีค่าสูงกว่าคำแนะนำต่ำสุด ดังนั้นอุณหภูมิจึงไม่มีผลกระทบต่อการทำงานและเติบโตของจุลินทรีย์สร้างมีเทนและไม่จำเป็นต้องบ้อนพลังงานใดๆ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิแก่ระบบ

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการศึกษาค่าพีเอชของวัสดุหมักก่อนบ้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์หมัก พบว่า ในทุกอัตราส่วนผสม มีค่าอยู่ระหว่าง $5.05-5.35$ (ภาพประกอบที่ 3 และภาพประกอบที่ 4) เมื่อเดินระบบ จะเห็นว่าค่าพีเอชของระบบลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์สร้างกรดมีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าจุลินทรีย์สร้างมีเทน และมีจำนวนสูงกว่า



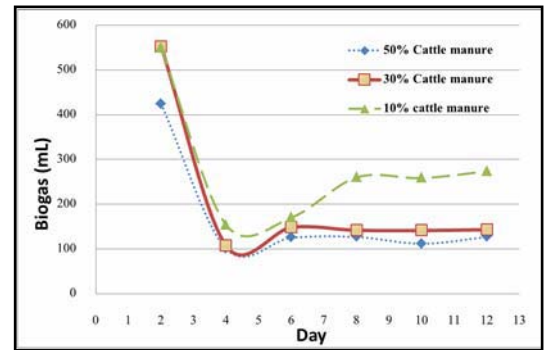
ภาพประกอบที่ 3 ระดับพีเอชจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลโค



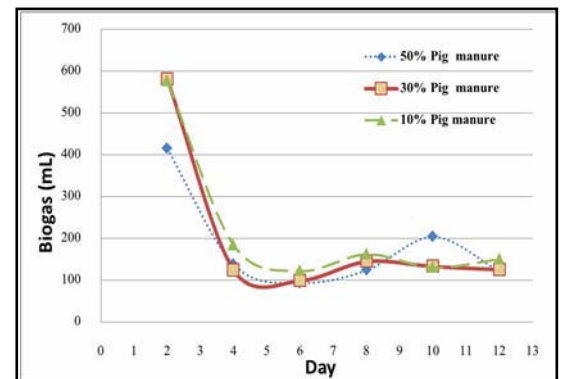
ภาพประกอบที่ 4 ระดับพีเอชจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลสุกร

3) อัตราการผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogas production)

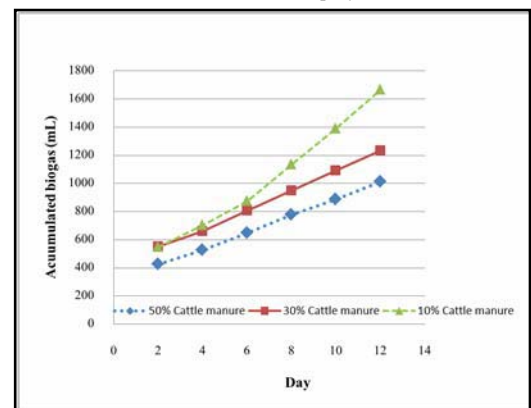
จากการทดลองได้ทำการวัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ โดยปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการเกิดแก๊ส เมื่อเดินระบบ พบว่า แก๊สชีวภาพในช่วง 2 วันแรกเกิดขึ้นสูงสุด (ภาพประกอบที่ 5 และภาพประกอบที่ 6) และจะลดลงต่ำสุดในช่วงวันที่ 4 และ 5 จากนั้นแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในทุกอัตราส่วนผสมต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้สารอาหารที่ย่อยง่ายก่อนในวันแรกๆ จึงทำให้ได้แก๊สชีวภาพอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นจะเหลือสารอินทรีย์ที่ย่อยยาก อีกทั้งค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 5.0 เป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตแก๊สชีวภาพของจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม (ภาพประกอบที่ 7 และภาพประกอบที่ 8) โดยที่อัตราส่วนผสมที่ให้แก๊สชีวภาพสูงสุด คือ อัตราส่วนผสมระหว่างไຍางพารากับมูลโค 10% (10% Cattle manure) ให้แก๊สชีวภาพสะสม เท่ากับ 1391 mL และอัตราส่วนผสมระหว่างไຍางพารากับมูลสุกร 10% (10% Pig manure) ให้แก๊สชีวภาพสะสม เท่ากับ 1172.33 mL อัตราส่วนมูลโค และมูลสุกร 30% ให้แก๊สชีวภาพลดลงมาและที่อัตราส่วนผสมมูลโค และมูลสุกรที่ระดับ 50% แก๊สชีวภาพเกิดขึ้นน้อยที่สุด



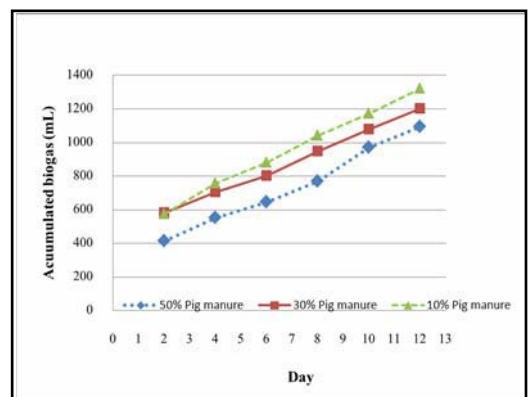
ภาพประกอบที่ 5 ปริมาณแก๊สชีวภาพจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลโค



ภาพประกอบที่ 6 ปริมาณแก๊สชีวภาพจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลสุกร



ภาพประกอบที่ 7 ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลโค



ภาพประกอบที่ 8 ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมจากการหมักระหว่างไຍางพาราร่วมกับมูลสุกร

4. สรุปผลการวิจัย

อัตราส่วนผสมของการหมักระหว่างไบยางพารากับมูลโค และไบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่ทำให้เกิดแก๊สสูงสุด คือ อัตราส่วนผสม 10% รองลงมา คือ 30% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของการหมักระหว่างไบยางพารากับมูลโค และไบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนเกิดแก๊สสูงสุด (10%) พบว่า การหมักระหว่างไบยางพารากับมูลโค ผลิตแก๊สได้สูงกว่าไบยางพาราร่วมกับมูลสุกร เท่ากับ 1664.333 mL และ 1322.33 mL ตามลำดับ

5. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับค่าพีเอชของระบบให้เป็นกลางก่อนการหมักและรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางเสมอ เพื่อให้จุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนทำงานได้ดีที่สุด
2. ควรมีการศึกษาการหมักไร้อากาศที่มีการป้อนแบบต่อเนื่อง เช่น 1 วัน หรือ 2 วัน เป็นต้น
3. ควรมีการหมักเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่น เช่น ฟางข้าว ไบไม้ชนิดอื่น เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สกว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสง และว่าที่ ดร. อธิราชย์ เรืองรงค์ นักศึกษาปริญญาเอกและน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรมทุกคนที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะ ตลอดจนดูแลช่วยเหลือทุกๆ อย่าง จนงานวิจัยสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. สืบค้นจาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=174> วันที่ 5 เมษายน 2553
- [2] สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร. สืบค้นจาก <http://www.rubberthai.com/> วันที่ 6 เมษายน 2553
- [3] วงกต วงศ์ภักย์. 2548. การผลิตก๊าซชีวภาพ. (อัดสำเนา)
- [4] สมฤดี ฤทธิ์ยากุล. 2551. ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและผลพลอยได้จากการหมักมูลสุกรร่วมกับสาหร่ายหนามจากทะเลสาบสงขลา, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [5] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. จากมูลสัตว์สู่พลังงานสิ่งปฏิกูลอันมีคุณค่า. ม.ป.พ. (อัดสำเนา)
- [6] Ferrer, I. Gamiz, M. Almeida, M. Ruiz, A. 2008. Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). Waste Management. 29 : 168-173

- [7] Grady, C.P., Daigger, G.T. and Lim, H.C. 1999. Biotechnology Wastewater Treatment. New York : Margel Dekker, Inc.
- [8] Torres-Castillo, R. Llabres-Luengo, P. Mata-Alvarez, J. 1995. Temperature effect on anaerobic digestion straw in a one phase system at different inoculum concentration, Agriculture Ecosystems & Environment. 54 : 55-56

การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษผักร่วมกับมูลสุกร

Study the ratio of information appropriate to produce biogas from fermented vegetable waste with swine feces.

รุ่งนภา เนินหาด
โรงเรียนดัดดรุณี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
*E-mail : rung3033@gmail.com

บทคัดย่อ

การหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรในขวดน้ำเกลือปริมาตร 1 ลิตร ในสภาพไร้อากาศ อุณหภูมิ 29 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ทำการป้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเติม วัสดุหมักครั้งเดียวใช้เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกรร้อยละ 10 , 20 , 30 , 40 และ 50 โดยปริมาตร ทำการเก็บแก๊สโดยใช้ ลูกโป่งเก็บแก๊สทุก 3 วัน แล้ววัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) พบว่าปริมาตรแก๊สที่ได้จากการหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 50 ได้ปริมาตรแก๊สชีวภาพสูงสุด ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมที่ได้สูงสุดเท่ากับ 1,248 มิลลิลิตร

คำสำคัญ: แก๊สชีวภาพ, มูลสุกร

1. บทนำ

ขยะทั่วไปจากครัวเรือน โดยเฉลี่ยเป็นขยะสดหรือขยะเปียกที่มาจากเศษผักและผลไม้ เป็นสัดส่วนอยู่มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นขยะจำพวกกระดาษ แก้ว โลหะ พลาสติก ฯ ด้วยสัดส่วนที่ขยะสดมีอยู่มากนั่นเอง จึงได้มีความพยายามที่จะหาวิธีการจัดการในลักษณะของการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำขยะสดนี้ไปหมักด้วยระบบไร้ออกซิเจน เพื่อให้ได้แก๊สชีวภาพสำหรับการหุงต้มซึ่งปัจจุบันเริ่มขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้น ถึงแม้ประเทศไทยจะมีแหล่งผลิตแก๊สธรรมชาติ แต่ก็ยังมีไม่มาก ทุกวันนี้ต้องสั่งซื้อแก๊สธรรมชาติจากต่างประเทศเข้ามาใช้กัน สภาวะการณ์เช่นนี้ แก๊สชีวภาพน่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทางหนึ่ง ที่เราน่าจะเริ่มนำมาใช้กันอย่างจริงจัง เพราะสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มแทนแก๊สแอลพีจีได้

จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์พบว่าในปี พ.ศ.2543 ประเทศไทยมีปริมาณโค กระบือ สุกร เป็ด ไก่และช้างรวมกันกว่า 214 ล้านตัว มูลของสัตว์ทั้ง 6 ชนิด (วงกต วงศ์อภัย, 2548) นี้เป็นประเภทที่มีศักยภาพเพียงพอที่สามารถนำไปผลิตแก๊สชีวภาพได้

จากการประเมินของธีรพล จินดาวงศ์ (2544) พบว่า มูลสุกรมีค่าความสกปรกในรูปของ BOD 100-136 g/head/d เทียบเท่ากับค่าความสกปรกที่เกิดจากคน 2-3 คน (40-50 g/capital/d) และสารอาหารพืชพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่สูงในมูลสุกร ยิ่งก่อให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายของพิษน้ำ และสาหร่ายอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ของเสียจากฟาร์มสุกรยังส่งกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันและ

แพร่กระจายของเชื้อโรค ปัจจุบันรัฐบาลไทยได้ให้การสนับสนุนโครงการที่ใช้เทคโนโลยีการหมักไร้อากาศ (anaerobic digestion) ในฟาร์มสุกร (สำนักข่าวไทย, 2551 ; ประทิน กุลละวณิชย์และคณะ, 2550) เนื่องจากสามารถบำบัดสารอินทรีย์กำจัดมลพิษ และสามารถควบคุมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในฟาร์มสุกร ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนพลังงานน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ส่วนกากตะกอนที่เหลือจากการหมัก สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุบำรุงดินได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมน้ำมูลสุกร

เก็บตัวอย่างน้ำมูลสุกรสดจากฟาร์ม ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยลอกออกจากพื้นเอาเฉพาะมูลก่อนการล้างคอกจากโรงเรือนเลี้ยงสุกร วัดค่าอุณหภูมิ ค่าพีเอช ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด; TS (Total solid) ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด; TSS (Total suspended solids) ผลการวิเคราะห์สมบัติของมูลสุกรสด พบว่า มูลสุกรมีค่า pH ที่ 5.56 ค่า TS (Total solid) เท่ากับ 36.58 mg/L ค่า TSS (Total suspended solids) มีค่าเท่ากับ 22.12 mg/L

2.2 การเตรียมเศษผัก

ซื้อเศษผักจากตลาดสด นำมาสับเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร บรรจุใส่ขวดน้ำเกลือขวดละ 200 กรัม

2.3 การเตรียมขวดน้ำเกลือ

นำขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร ซึ่งเป็นขวดแก้วใส มาล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง

2.4 การหมัก

การหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรในขวดน้ำเกลือปริมาตร 1 ลิตร ในสภาพไร้อากาศ อุณหภูมิ 29 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ทำการป้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเติม วัสดุหมักครั้งเดียวใช้เศษผัก 200 กรัม ต่อมูลสุกร (10 % , 20 % , 30 % , 40 % และ 50 % โดยปริมาตร (800 มิลลิลิตร) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ขวดที่ 1 เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกร 10 % (80 มิลลิลิตร)

ขวดที่ 2 เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกร 20 % (160

มิลลิลิตร)

ขวดที่ 3 เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกร 30 % (240 มิลลิลิตร)

ขวดที่ 4 เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกร 40 % (320 มิลลิลิตร)

ขวดที่ 5 เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกร 50 % (400 มิลลิลิตร)



2.5 การวัดปริมาณแก๊ส

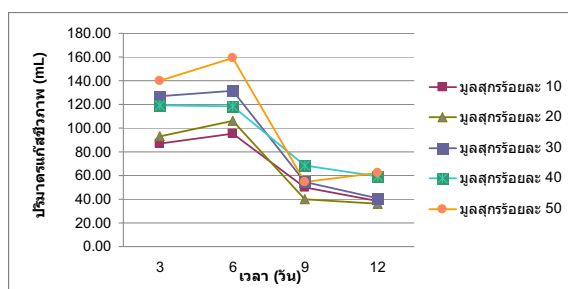
ทำการเก็บแก๊สชีวภาพที่ได้จากการหมักโดยใช้ลูกโป่งเก็บแก๊สทุก 3 วัน แล้ววัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) น้ำที่ถูกแทนที่จะไหลลงสู่ขวดรองรับน้ำ ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ตั่งกล่าวเป็นปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากนั้นเลือกเอาตัวอย่างแก๊สชีวภาพ ที่เกิดจากอัตราส่วนที่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด



3. ผลการทดลอง และอภิปรายผล

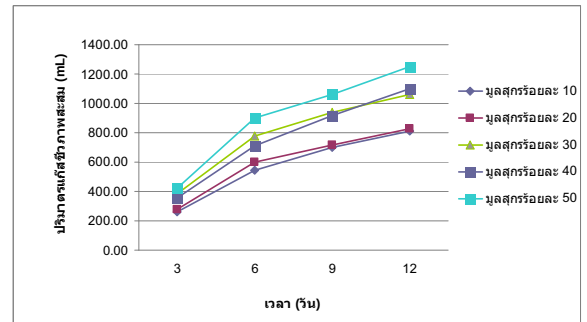
3.1 ปริมาตรแก๊สชีวภาพ

ปริมาตรแก๊สชีวภาพที่เกิดจากการหมักเศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกรร้อยละ 10 , 20 , 30 , 40 และ 50 ใน ปริมาตร 800 มิลลิลิตร พบว่าปริมาตรแก๊สมีระดับมากขึ้นจนถึงวันที่ 6 ของการหมักจากนั้นปริมาตรแก๊สก็ค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์เหลือน้อยลง (สมฤดี ฤทธิ์ยากุล) โดยเฉพาะการหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 50 ในวันที่ 6 มีการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด ประมาณ 159.33 มิลลิลิตร



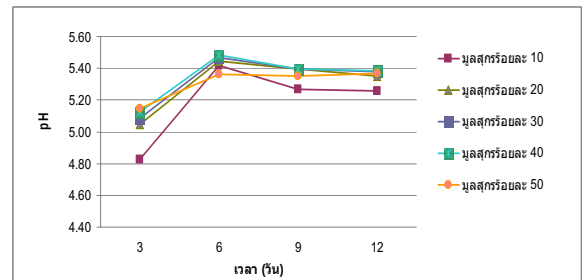
3.2 ปริมาตรแก๊สชีวภาพสะสม

การหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 50 ได้ปริมาตรแก๊สชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 1,600 มิลลิลิตร รองลงมาคือ ร้อยละ 30, 40 , 20 และ 10 ตามลำดับ โดยชุดทดลองที่ใช้เศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 30 และร้อยละ 40 มีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 20 มีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าการเพิ่มสัดส่วนมูลสุกรมากขึ้น ทำให้เกิดการสร้างแก๊สชีวภาพเนื่องจากมีสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ในปริมาณมาก



3.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างที่เกิดจากการหมักแก๊ส มี ค่า pH เฉลี่ย 5.3 โดยระยะแรกของการหมักจะอยู่ในสภาวะเป็นกรด จากนั้น ค่า pH จะค่อย ๆ สูงขึ้น โดยค่า pH ของการหมักวันที่ 3 ถึงวันที่ 12 มีค่าอยู่ในช่วง 4.82-5.47 ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีค่า pH ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสัดส่วนของมูลสุกรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH



4. สรุปผล

ปริมาตรแก๊สที่ได้จากการหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 50 ได้ปริมาตรแก๊สชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 1,248 มิลลิลิตร

5. ข้อเสนอแนะ

ควรวัดค่า pH เริ่มต้นและเพิ่มชุดควบคุม (Control) เนื่องจากการไม่ได้วัดค่า pH เริ่มต้น ทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในช่วงแรก และไม่ได้ทำการหมักมูลสุกรอย่างเดี่ยวหรือหมักเศษผักเพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่มีชุดควบคุมที่จะนำไปเปรียบเทียบผลกับชุดทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสง อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปการะ และสถานที่ จากสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ ขอขอบคุณน้องอิทธิชัย เรืองรงค์และน้อง ๆ ทุกคนในภาควิชาอุตสาหกรรมและการเกษตร ที่ดูแลเอาใจให้คำปรึกษาด้วยดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน. สืบค้นจาก

<http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=174>

วันที่ 5 เมษายน 2553

[2] ชีรพล จินตวงศ์. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ทาง

เศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบก๊าซชีวภาพ

ของฟาร์มสุกร”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์

มหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์เกษตร) สาขา

เศรษฐศาสตร์เกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] ประทีน กุลละวณิชและคณะ. 2550. “ภาพรวมเชิงสถานะภาพ และศักยภาพของเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย”, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., 30(4).

[4] วงกต วงศ์อภัย. การผลิตก๊าซชีวภาพ, 2548. (อัดสำเนา)

[5] สมฤดี ฤทธิ์ยากุล. ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพ และผล พลอยได้จากการหมักมูลสุกรร่วมกับสาหร่ายหนาม จากทะเลสาบสงขลา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.

[6] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. จากมูลสัตว์สู่พลังงานสิ่งปฏิภูลอันมี คุณค่า. ม.ป.พ. (อัดสำเนา)

ผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชผักร่วมกับส่วนผสมของมูลสุกรและมูลโค

นายชาญ แซ่ม้า

โรงเรียนบ้านตาก “ประชาวิทยาการ” อ.บ้านตาก จ.ตาก 63120

E-mail: ikibou.saema@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชผักร่วมกับมูลสัตว์เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมูลสัตว์รวมทั้งการนำพืชผักที่ถูกทิ้งให้เน่าเปื่อยและสลายตามธรรมชาติโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ จากปัญหาราคาพืชผักที่ตกต่ำ ที่มีการเพาะปลูกกันเป็นจำนวนมากในแถบอำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทน(CH_4) ที่เป็นองค์ประกอบในการให้เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีการหมักแบบไร้อากาศที่อัตราส่วนผสมของพืชผักต่อมูลสัตว์ 60:40 กรัมต่อมิลลิตร เป็นเวลา 12 วัน ซึ่งเก็บก๊าซชีวภาพทุก ๆ สามวันเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยใช้กราฟเส้น พบว่าอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุด คือ 70:30 และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5-6.5

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, มูลสุกร, มูลโค, มีเทน

1. บทนำ

สถานการณ์ด้านพลังงานในปัจจุบันถือว่ากำลังเข้าขั้นวิกฤติ เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้แก่ น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ที่มีแนวโน้มว่าจะหมดลงภายในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า (จารุวรรณ เรืองคง, 2551) เนื่องจากแหล่งพลังงานในประเทศไทยมีจำกัด จึงต้องอาศัยการนำเข้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งคิดเป็นเงินตราต่างประเทศที่ต้องสูญเสียไปปีละประมาณ 155,000 ล้านบาท (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2552) จึงเกิดแรงผลักดันให้มีการคิดค้นพลังงานทดแทน โดยสนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพและก๊าซชีวภาพ ให้มีการผลิตและใช้ในระดับชุมชนและหมู่บ้าน

ก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน(CH_4) ประมาณ 55-65% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-45% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน ไอน้ำ

ไฮโดรเจน ออกซิเจน (Kapdi *et al.*, 2005) ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ในการให้ความร้อน หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้เป็นก๊าซหุงต้มตามครัวเรือน

พืชผักตระกูลกะหล่ำ มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในเขตอำเภอพบพระ จังหวัดตาก และราคาจะตกต่ำเสมอไม่คุ้มต้นทุนในการบรรจุและขนส่งจำหน่าย จำต้องปล่อยให้เน่าเสียและถูกย่อยสลายไปตามธรรมชาติโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งจำนวนครัวเรือนในแต่ละชุมชนประมาณร้อยละ 80 ยังมีการเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะสุกรและโค ซึ่งแต่ละชุมชนไม่มีมาตรการและวิธีการในการกำจัดของเสียที่เกิดจากมูลสัตว์เหล่านี้ จึงก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการนำพืชผักมาหมักร่วมกับมูลสัตว์ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพไว้ใช้ในครัวเรือน จึงเป็นวิธีการที่ดีทางหนึ่งในการนำพืชผักมาใช้ให้เกิดประโยชน์รวมทั้งสามารถแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมูลสัตว์ และยังได้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกด้วย

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องมือการทดลอง ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมและการเกษตร

ขอขอบคุณ(ขอแนะนำเกลือน้ำตาล 1,000 มิลลิกรัม ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

มูลสุกรและมูลโคได้รับความอนุเคราะห์จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของมูลสุกร

-ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง(PH) โดยใช้พีเอชมิเตอร์ พร้อมทั้งวัด อุณหภูมิ

- ปริมาณของแข็งทั้งหมด; TS (Total solid)

อบถ้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเตาสิเคเตเตอร์ ชั่งน้ำหนักของที่ (B) ตวงตัวอย่างน้ำมูลสุกร 30-50 มิลลิกรัม ใส่ถ้วยกระเบื้อง ระเหยให้แห้งด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเตาสิเคเตเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก (A)

คำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมด

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (ml)}}$$

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด; TSS (Total suspended)

อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเตาสุญญากาศ ซึ่งจนน้ำหนักคงที่ (B) กรองตัวอย่างน้ำมูลสุกร 30-50 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องบุงเนอร์ ล้างด้วยน้ำกลั่น นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเตาสุญญากาศ แล้วชั่งน้ำหนัก (A)

คำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

$$TSS \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1,000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)}}$$

2.3 การหมัก

หมักผสมร่วมกับมูลสัตว์ในอัตราส่วน 60:40 กรัมต่อมิลลิลิตร ในสภาพไร้อากาศในขวดหมักขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้หมักปริมาณ 200 กรัมร่วมกับมูลสัตว์ 133 มิลลิลิตร ที่มีของแข็งในสารละลายทั้งหมด (TS) 36.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และของแข็งแขวนลอย (TSS) 22.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ร้อยละของอัตราส่วนมูลสุกรต่อมูลโคที่ต่างกันคือ

- ขวดที่ 1 มูลสุกรต่อมูลโค เป็น 100:0
- ขวดที่ 2 มูลสุกรต่อมูลโค เป็น 70:30
- ขวดที่ 3 มูลสุกรต่อมูลโค เป็น 50:50
- ขวดที่ 4 มูลสุกรต่อมูลโค เป็น 30:70
- ขวดที่ 5 มูลสุกรต่อมูลโค เป็น 0:100

เดินระบบการหมักและทำการเก็บก๊าซชีวภาพโดยใช้การแทนที่น้ำพร้อมทั้งวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทุกๆ 3 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 12 วัน จากนั้นวิเคราะห์และหาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น โดยการผ่านก๊าซชีวภาพที่เก็บทั้งหมดผ่านสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

3. ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของมูลสุกร

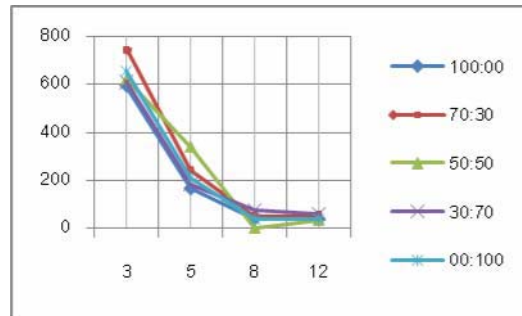
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าประมาณ 6.03

อุณหภูมิ 28.5 °C

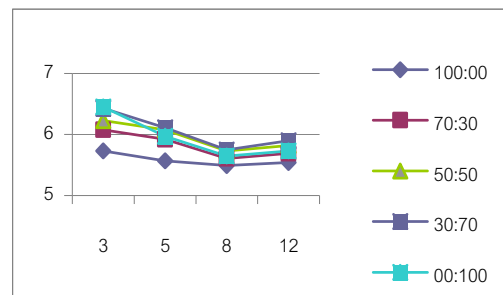
TS มีค่าเท่ากับ 36.58

TSS มีค่าเท่ากับ 22.13

กราฟที่ 1 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นตามอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโค ทุกๆสามวัน

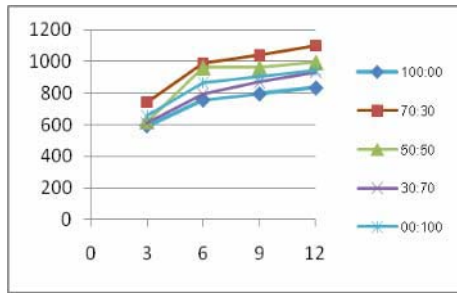


กราฟที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโค ที่วัดทุกๆสามวัน



จากกราฟที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของระบบหมักอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งเมื่อเริ่มเดินระบบหมักในช่วงสามวันแรก ดังกราฟที่ 1 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณมาก และจะลดน้อยลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง ซึ่งแนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพของทุกเส้นมีแนวโน้มที่ลดลงไปในทางเดียวกัน โดยเส้นกราฟที่มีความชันมากที่สุดและมีปริมาณก๊าซชีวภาพในช่วงสามวันแรกมากที่สุดนั้น คือเส้นกราฟของอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโค 70:30 ซึ่งแสดงถึงอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ลดลงมากที่สุด เมื่อเดินระบบหมักจนครบ 12 วันแล้วปริมาณก๊าซชีวภาพที่เก็บสะสมได้ทั้งหมดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นดังกราฟที่ 3 ซึ่ง 70:30 เป็นอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้มากที่สุด คือ 1,100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะที่อัตราส่วน 100:0 เป็นอัตราส่วนที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อยที่สุด

กราฟที่ 3 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมด ตามอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโค



4 สรุปและอภิปรายผล

การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักพืชผักร่วมกับมูลสัตว์ (มูลสุกรและมูลโค) ในอัตราส่วน 60:40 กรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อศึกษาอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ สรุปได้ว่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในทุกอัตราส่วนจะสูงในช่วงสามวันแรกและจะลดลงในช่วงหลัง ซึ่งอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ลดลง จะแปรผันตรงกับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดในช่วงแรก ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการใช้อัตราส่วนของมูลสุกรและมูลโคที่อัตราส่วนต่างๆที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณใกล้เคียงกัน และอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้มากที่สุดคือ 70:30

5 ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้อัตราส่วนของพืชผักต่อมูลสัตว์ในอัตราส่วนอื่น
2. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้งานจริง อาจใช้มูลสัตว์ที่มีความเข้มข้นตามความเหมาะสมโดยไม่ต้องวัดค่า TS และ TSS
3. การศึกษาเวลาในการเดินระบบหมักที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ
4. การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้พืชผักร่วมกับมูลสัตว์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ จากสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขอขอบคุณ ดร.ปิยรัตน์ บุญแสง และผู้ช่วยวิจัย ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] จารวรรณี เรืองคง.2551.การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ในการผลิตก๊าซชีวภาพ.วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [2] จิราพร ศิริวัฒน์. การผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรร่วมกับกลีเซอรอล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [3] สมฤดี ฤทธิ์ยากุล. 2551. ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ และผลพลอยได้จากหมักมูลสุกรร่วมกับสาหร่ายหนามจากทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น แบบกะและแบบกึ่งกะ

Biogas Production from Palm Empty Fruit Bunches Using Pig Manure as Starter Culture in Batch and Fed-Batch Digestion.

นางลาแพน หล้าคำมี

โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 25 อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ 54140

E-mail sp_fangun@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เน้นการใช้ประโยชน์จากทะลายปาล์มเปล่าเพื่อใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ เริ่มต้นการทดลองโดยทำการปรับสภาพทะลายปาล์มเปล่าด้วยสารละลายต่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนของทะลายปาล์มเปล่ากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ คือ 1 ต่อ 10 น้ำหนักต่อปริมาตรที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH = 7) จากนั้นศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ โดยการผลิตแก๊สชีวภาพแบบกะ (batch) คือการหมักทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในอัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ต่อมูลสุกร 400 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 937 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 78.08 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน สำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพแบบกึ่งกะ (fed - batch) แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดที่ 1 คือการหมักทะลายปาล์มเปล่าเริ่มต้น 25 กรัม น้ำหนักแห้ง แล้วเติมทะลายปาล์มเปล่าครั้งละ 25 กรัม ทุกๆ 3 วัน ชุดที่ 2 คือการหมักทะลายปาล์มเปล่าเริ่มต้น 40 กรัม น้ำหนักแห้ง แล้วเติมทะลายปาล์มเปล่าครั้งละ 20 กรัม ทุกๆ 3 วัน ชุดที่ 3 คือการหมักทะลายปาล์มเปล่าเริ่มต้น 45 กรัม น้ำหนักแห้ง แล้วเติมทะลายปาล์มเปล่าครั้งละ 55 กรัม ทุกๆ 3 วัน และชุดที่ 4 คือการหมักทะลายปาล์มเปล่าเริ่มต้น 70 กรัม น้ำหนักแห้ง แล้วเติมทะลายปาล์มเปล่าครั้งละ 10 กรัม ทุกๆ 3 วัน ทุกชุดการทดลองใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น 400 มิลลิลิตร เติมปริมาณทะลายปาล์มเปล่าในปริมาณต่างๆครบ 100 กรัม ทำการหมักเป็นเวลา 12 วัน พบว่าการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกึ่งกะ สามารถผลิตแก๊สได้ดีกว่าแบบกะ โดยการผลิตแบบกึ่งกะชุดที่ 4 ให้ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยและปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น โดยมีค่าแก๊สชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 105.67 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน และ ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม เท่ากับ 1268 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* จัดอยู่ในวงศ์ Areacaceae เป็นพืชสำหรับหีบเอาน้ำมันปาล์ม (ภาพที่ 1) ผลผลิตจากโรงงานหีบน้ำมันปาล์ม ซึ่งประกอบด้วยผลผลิตโดยตรง และกากปาล์มน้ำมัน ผลผลิตโดยตรงได้แก่ น้ำมัน

ปาล์ม (Palm oil) น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel oil) ส่วนกากปาล์มน้ำมันได้แก่ทะลายปาล์มเปล่า (Palm empty fruit bunches) เส้นใยปาล์ม (Palm press fiber, PPF) เนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel) (จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2548)



ภาพที่ 1 ต้นปาล์มน้ำมัน

ขนาดของปาล์มน้ำมัน คาดว่าผลผลิตที่ได้จะไม่เพียงพอ กับความต้องการและอาจจำเป็นต้องนำเข้าน้ำมันปาล์มจำนวนหนึ่ง จากต่างประเทศและหากรัฐบาลเปิดเสรีทางการค้า ตามข้อตกลงว่า ด้วยเขตการค้าเสรีอาเซียน ความต้องการการใช้น้ำมันปาล์มจะสูง กว่าผลผลิตในประเทศในปริมาณที่สูงขึ้นตามลำดับ โดยคาดว่าจะ มีการนำเข้า 150,000 – 200,000 ตันต่อปี และปริมาณนำเข้าจะ สูงขึ้น เป็นลำดับ หากราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไม่สามารถ แข่งขันกับน้ำมันปาล์มจากต่างประเทศได้ซึ่งจะทำให้เกิดผลผลิต ส่วนเกินในปริมาณที่เท่ากับปริมาณที่นำเข้า (สุปราณี นาคสุข, 2548)

การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิต น้ำมันปาล์ม เช่นทะลายปาล์มเปล่าใช้ในการคลุมโคนต้นปาล์ม จะมีประโยชน์ในการรักษาความชื้นในดิน ลดการชะล้างของหน้า ดิน และเมื่อย่อยสลายจะให้ธาตุอาหารใช้เป็นเชื้อเพลิง และใช้ในการ เพาะเห็ดฟาง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการทำซีเมนต์บอร์ด จากทะลายปาล์มน้ำมันซึ่งยังไม่ประสบผลสำเร็จ

แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อย สลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในสภาพไร้อากาศ (anaerobic digestion) สารอินทรีย์จะประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ เมื่อผ่านการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศสารอินทรีย์จะถูกย่อย สลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลงและเกิดการสร้างเป็นแก๊สมีเทน แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งแก๊สอื่นๆ บางชนิดประกอบด้วย แก๊ส มีเทน (CH₄) ร้อยละ 55-65 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ร้อยละ 30-45 และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) แก๊สไฮโดรเจน (H₂) แก๊สไนโตรเจน (N₂) และไอน้ำในปริมาณเล็กน้อย (Kapdi et al., 2005)

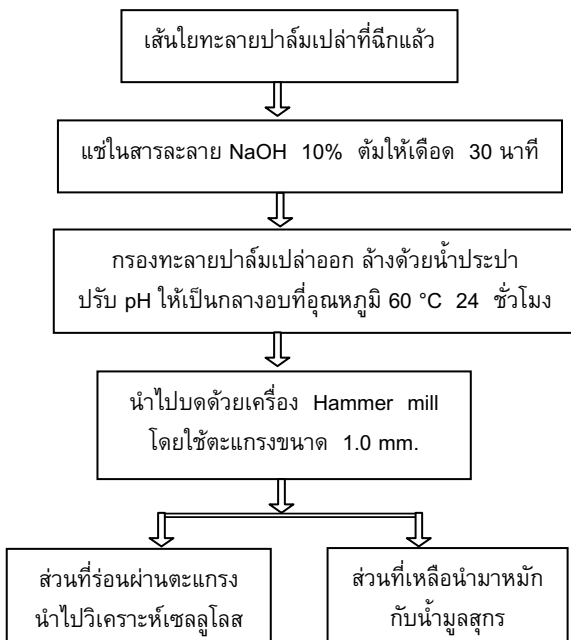
โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจาก ทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและ แบบกึ่งกะ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากทะลาย ปาล์มเปล่าและ ยังได้แก๊สชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนในการวิจัย ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแก๊ส ชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบ กะและแบบกึ่งกะ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตแก๊สชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่า โดยใช้น้ำมูล สุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะโดยมีการทำการ ทดลอง 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะของทะลายปาล์มเปล่า และน้ำมูลสุกร

1. การปรับสภาพทะลายปาล์มเปล่า



2. การศึกษาลักษณะน้ำมูลสุกร

- หาค่าความเป็นกรด – ด่าง และอุณหภูมิ

โดยใช้เครื่องมือ pH meter (ภาพที่ 2)

- หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid ; TS) วิธีการ นำถ้วยกระเบื้องอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้ เย็นในเตาอบแห้ง ชั่งถ้วยกระเบื้องด้วยน้ำหนักคงที่ (B) ตวงน้ำ มูลสุกร 30 ml. ใส่ในถ้วยกระเบื้อง ระบายแห้งด้วยอ่างควบคุม อุณหภูมิ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เวลา 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 3ก) ทิ้งไว้ให้เย็นในเตาอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก (A) คำนวณหา ปริมาณของแข็งทั้งหมด จากสูตร

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 10^6}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (ml)}}$$

- หาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid ; TSS) วิธีการ อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 105 °C เวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเตาอบแห้ง ชั่งกระดาษ กรองด้วยน้ำหนักคงที่ (B) จากนั้นกรองน้ำมูลสุกรตัวอย่าง 30 –

50 ml. ด้วยเครื่องกรองบุชเนอร์ ล้างด้วยน้ำกลั่น นำกระดาษกรอง ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เวลา 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 3ข) ทิ้งไว้ให้เย็น ในเตาอบแห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนัก (A) คำนวณหาปริมาณ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด จากสูตร

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (ml)}}$$



ภาพที่ 2 การศึกษาค่า อุณหภูมิ (2ก) และpH (2ข) ของน้ำมูล สุกร



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (3ก) และปริมาณ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำมูลสุกร (3ข)

ตอนที่ 2 การหมักทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกร เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นระบบไร้อากาศแบบกะและแบบกึ่งกะ

ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำ มูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบไร้อากาศที่ระดับความเข้มข้นของ ของแข็งต่าง ๆ ด้วยระบบแบบกะ (batch) และแบบกึ่งกะ (fed- batch)

1. แบบกะ (batch) วิธีการ หมักทะลายปาล์มเปล่าโดยใช้ น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ต่อ น้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร (ชุดควบคุม) และทำการป้อน วัสดุหมักแบบกะหรือการเติมวัสดุหมักครั้งเดียว (batch) ในระบบ หมักไร้อากาศ ที่ทำมาจากขวดแก้วขนาด 1 L ปริมาตรการหมัก 0.8 L (ภาพที่ 4) ปิดปากขวดด้วยจุกยาง (septum) พันทับด้วย พาราฟิล์ม ทำการหมักภายใต้อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 °C) เป็น เวลา 12 วัน กวนผสมโดยการเขย่าขวดวันละ 1 ครั้ง แก๊ส ชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในขวดหมักจะถูกส่งผ่านสายยางไปยังลูก

บอลเก็บแก๊ส เพื่อนำไปแทนที่น้ำ (fluid displacement method) น้ำที่ถูกแทนที่ จะไหลลงสู่ขวดรองรับน้ำ ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ดังกล่าว เป็นปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

2. แบบกึ่งกะ (fed-batch) วิธีการหมักทะเลาปลาสดเป่า โดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในอัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 25 40 55 และ 70 กรัม ต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร (ชุดทดลอง 4 ชุด) ตามลำดับและทำการป้อนวัสดุหมักแบบกึ่งกะหรือการเติมวัสดุหมักหลายครั้ง (fed - batch) ในระบบหมักไร้อากาศที่เข้ามาจากขวดแก้วขนาด 1 L ปริมาตรการหมัก 0.8 L (ภาพที่ 4) ปิดปากขวดด้วยจุกยาง (septum) พันทับด้วยพาราฟิน ทำการหมักภายใต้อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}\text{C}$) โดยแบ่งการเติมออกเป็น 4 ชุด ทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน ดังนี้

- ชุดที่ 1 เริ่มต้นทะเลาปลาสดเป่าที่ 25 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร เติมหาปลาสดเป่า 25 กรัม ทุก ๆ 3 วัน จนทะเลาปลาสดเป่ามีปริมาณ 100 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้อีก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

- ชุดที่ 2 เริ่มต้นทะเลาปลาสดเป่าที่ 40 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร เติมหาปลาสดเป่า 20 กรัม ทุก ๆ 3 วัน จนทะเลาปลาสดเป่ามีปริมาณ 100 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้อีก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

- ชุดที่ 3 เริ่มต้นทะเลาปลาสดเป่าที่ 55 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร เติมหาปลาสดเป่า 15 กรัม ทุก ๆ 3 วัน จนทะเลาปลาสดเป่ามีปริมาณ 100 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้อีก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

- ชุดที่ 4 เริ่มต้นทะเลาปลาสดเป่าที่ 70 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร เติมหาปลาสดเป่า 10 กรัม ทุก ๆ 3 วัน จนทะเลาปลาสดเป่ามีปริมาณ 100 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้อีก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

กวนผสมโดยการเขย่าขวดวันละ 1 ครั้ง วัดค่า pH ทุกวัน วัดปริมาณแก๊สทุกๆ 3 วัน ก่อนเติมวัสดุหมักแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในขวดหมักจะถูกส่งผ่านสายยางไปยังลูกบอลเก็บแก๊ส เพื่อนำไปแทนที่น้ำ (fluid displacement method) น้ำที่ถูกแทนที่ จะไหลลงสู่ขวดรองรับน้ำ ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ดังกล่าว เป็นปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน



ภาพที่ 4 การเตรียมทะเลาปลาสดและขวดหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลาปลาสดเป่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น

การวัดและการวิเคราะห์

- การศึกษาลักษณะของน้ำมูลสุกรโดยวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ใช้เครื่องมือ pH meter วัดปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid ; TS) และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid ; TSS) โดยอบที่ 105°C

- การวัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น วัดทุกๆ 3 วัน โดยการแทนที่น้ำ (ภาพที่ 5)
- การวิเคราะห์ข้อมูล ในรูปของปริมาณร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 5 การวัดแก๊สชีวภาพโดยการแทนที่น้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

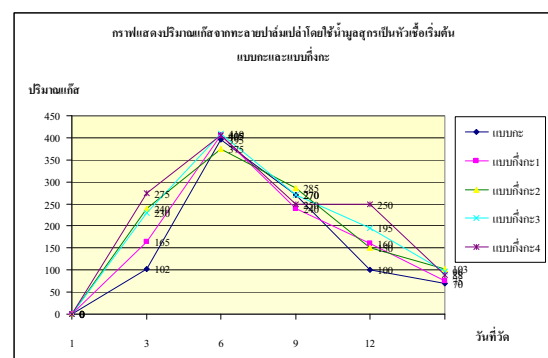
1. ผลการศึกษาลักษณะน้ำมูลสุกร โดยการวัดค่า pH อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ได้ผลดังตารางที่ 1 โดยพบว่าน้ำมูลสุกรมีลักษณะเป็นกรดเล็กน้อย (pH เท่ากับ 6.03) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 22.13 และ 36.58 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำมูลสุกร

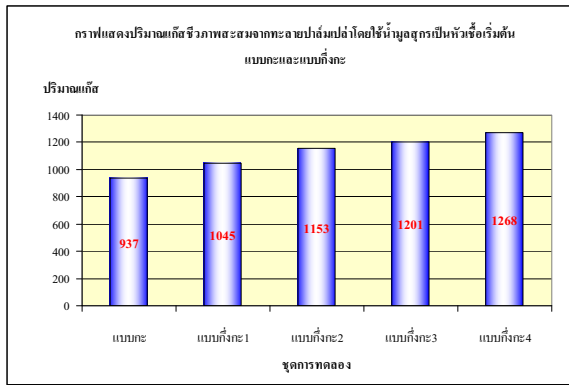
รายการศึกษา	ผลการศึกษา
1. ค่า pH	6.03
2. อุณหภูมิ	28.5°C
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid ; TS)	36.58 mg/L
4. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid ; TSS)	22.13 mg/L

2. ผลการศึกษาปริมาณแก๊สชีวภาพจากทะเลาปลาสดเป่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

จากการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักทะเลาปลาสดเป่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะแล้ววัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นทุกๆ 3 วัน ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 6 และได้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยจากทะเลาปลาสดเป่าโดยใช้ น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ



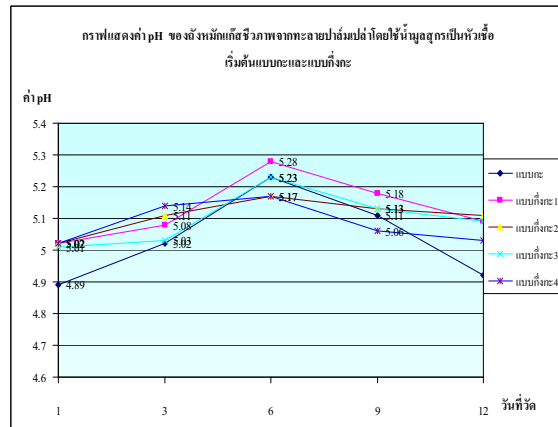
ภาพที่ 7 ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมจากทะเลาะปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

จากภาพที่ 6 การผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลาะปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ จะเห็นว่าในช่วงวันที่ 1 ถึง วันที่ 6 ของการหมักปริมาณแก๊สชีวภาพเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นวันที่ 9 ถึง วันที่ 12 ของการหมักปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นเริ่มลดลง

จากภาพที่ 6 และ 7 การผลิตแก๊สชีวภาพแบบกะ (batch) คือการหมักทะเลาะปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในอัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตรเป็นเวลา 12 วัน พบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 937 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 78.08 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน

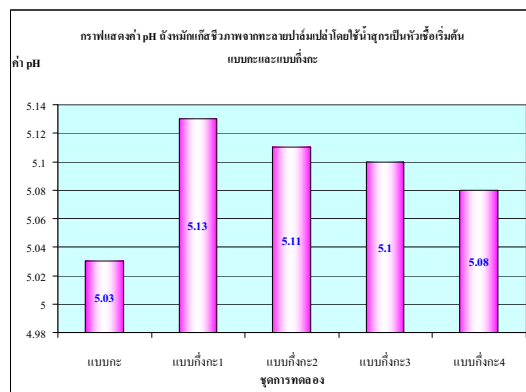
ขณะที่การผลิตแก๊สชีวภาพแบบกึ่งกะ (fed - batch) พบว่า ชุดที่ 1 ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 1045 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 87.08 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน ชุดที่ 2 ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 1153 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 96.08 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน ชุดที่ 3 ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 1201 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 100.08 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน และชุดที่ 4 ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม 1268 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 105.67 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมจากทะเลาะปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะในระยะเวลา 12 วัน จะเห็นได้ว่าปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากการหมักแบบกึ่งกะจะเกิดแก๊สชีวภาพได้ดีกว่าการหมักแบบกะ

จากการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักทะเลาะปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะแล้ววัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ทุกๆ 3 วัน ได้ค่า pH ดังภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 8 ค่า pH ของถังหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลาะปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

จากภาพที่ 8 ค่า pH ของถังหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลาะปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะในระยะเวลา 12 วัน จะเห็นได้ว่า ค่า pH ของถังหมักในวันที่ 6 ของการหมักมีค่ามากกว่า 5.1 ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทนยังสามารถเจริญได้และส่งผลให้เกิดแก๊สชีวภาพได้ดี



ภาพที่ 9 ค่า pH เฉลี่ยของถังหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลาะปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะ

จากภาพที่ 9 ค่า pH เฉลี่ยของถังหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลาะปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะในระยะเวลา 12 วัน จะเห็นได้ว่า การเติมทะเลาะปาล์มเปล่าเริ่มต้นในปริมาณที่มากส่งผลให้ค่า pH เฉลี่ยของถังหมักต่ำ โดยการเติมปริมาณทะเลาะปาล์มเปล่าเริ่มต้นเท่ากับ 100 กรัมในระบบแบบกะมีค่า pH เฉลี่ยของถังหมักต่ำที่สุด (pH เฉลี่ย = 5.03) และในการทดลองชุดที่ 1 ของระบบกึ่งกะที่มีการเติมปริมาณทะเลาะปาล์มเปล่าเริ่มต้นเท่ากับ 25 กรัมแล้วเติมทะเลาะปาล์มเปล่าครั้งละ 25 กรัมทุกๆ 3 วัน จนปริมาณทะเลาะปาล์มเปล่าครบ 100 กรัมในระบบแบบกะมีค่า pH เฉลี่ยของถังหมักสูงที่สุด (pH เฉลี่ย = 5.13)

4. สรุปผล

1. จากการวิจัย การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะพบว่า การผลิตแก๊สชีวภาพจากทะเลลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกึ่งกะสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ดีกว่าแบบกะ

2. การหมักแบบกึ่งกะที่มีการหมักทะเลลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในอัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 70 กรัมต่อน้ำมูลสุกร 400 มิลลิลิตร (70% W/V) แล้วเติมทะเลลายปาล์มเปล่าครั้งละ 10 กรัมทุกๆ 3 วัน จนปริมาณทะเลลายปาล์มเปล่าครบ 100 กรัม (ชุดที่ 4) ให้ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยและปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น โดยมีค่าแก๊สชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 105.67 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน และ ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสม เท่ากับ 1268 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. จากการทดลอง ค่า pH ของถังหมักแก๊สชีวภาพจากทะเลลายปาล์มเปล่าโดยใช้น้ำมูลสุกรเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นแบบกะและแบบกึ่งกะพบว่า ค่า pH ของถังหมักที่ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพได้ดีอยู่ในช่วง 4.5-5.5

5. ประโยชน์ของการวิจัย

1. ความรู้ เทคนิค วิธีการในการผลิตและการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ
2. ทักษะกระบวนการด้านการวิจัยและนวัตกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและได้แลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์กับเพื่อนครูที่ร่วมโครงการ
3. พัฒนาคุณภาพการสอนและเพิ่มศักยภาพการทำงานของตนเอง ผู้เรียน เพื่อนครู และโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสง อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร ขอขอบคุณพี่เลี้ยงวิจัย นายอิทธิชัย เรืองณรงค์ และนักศึกษาปริญญาโทนายจรัสพัฒน์ กาญจนรงค์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ในการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค – กระบือ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 383 - 395
- [2] ณัฐริยา วัฒนกิจจานุกูล , 2552 “สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลจากทะเลลายปาล์มเปล่าโดยใช้การย่อยสลายร่วมกับการหมัก”มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- [3] สมฤดี ฤทธิ์ยากุล, 2551. ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและผลพลอยได้จากการหมักมูลสุกรร่วมกับสาหร่าย
ห น า ม จ า ก ทะ เล ส า บ ส ง ข ล า .
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

- [4] สุปราณี นาคสุข, 2544. ปาล์มน้ำมันกับแนวทางการพัฒนา
ในอนาคต.รวมบทความรายวิชาสัมมนา 520 – 497
คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
หน้า 116 – 141
- [5] Kapdi, S.S. and Vijay, V.K. 2005. **Biogas scrubbing,compression and storage: perspective and prospectus in Indian context.** Renew Energ. 30 : 1195-1202

การขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็งจากผงถ่านที่ได้จากเศษวัสดุทางการเกษตร Forming of Solid Fuel form Agricultural Residue

รณภพ ลำภาทอง* ไสว ทองอินทร์* รุ่งคราญ วิริยง และพาณัฏค์ พุทธสะแสง

*E-mail : krujom_psu@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง โดยใช้แป้งเปียก (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง: น้ำ 1:10) เป็นตัวประสาน และเพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านจำลองสำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน วัสดุที่นำมาใช้ คือ ผงถ่านจากไม้ยางพารา จากลูกตาลโดนด โดยใช้แป้งเปียก (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : น้ำ 1:10) เป็นตัวประสาน ในการทดลองนี้ ได้จัดชุดการทดลองประกอบด้วย อัตราส่วนผสมระหว่างผงถ่านกับแป้งเปียกด้วย อัตราส่วน 1.25 : 1, 1.5 : 1, 2 : 1, 3 : 1 และ 4 : 1 นำผงถ่านผสมจำนวน 60 กรัม อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกด้วยแรงดัน 10 ตัน อัตราส่วนละ 4 ก้อน นำก้อนถ่านที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก วัดความสูง และอบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำก้อนถ่านมาหาค่าความคงทนต่อแรงกดกระทบ ได้ก้อนถ่านที่ทำค่าความคงทนต่อแรงกดกระทบแล้ว ใช้อัตราส่วนที่ได้ไปขึ้นรูปและหาประสิทธิภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแห้งต่อไป ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป ผงถ่าน : แป้งเปียก เท่ากับ 1.5 : 1 ซึ่งทนต่อแรงกดกระทบได้ 100 % มีค่าความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ย 0.72 g/cm^3 (717 g/cm^3) มีค่า bulk density ได้ 500 kg/m^3 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 660 Cal/g ออกรกได้สูงสุด 450 kg (4500 N) ค่า bulk density ได้ 500 kg/m^3 และมีค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ต้มน้ำเฉลี่ย 660 Cal/g ซึ่งไม่แตกต่างจากถ่านไม้และถ่านอัดแห้งที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป

1. บทนำ

ถ่านนับเป็นพลังงานที่ให้ความร้อนอันเป็นภูมิปัญญาที่สืบเนื่องมาจากบรรพบุรุษของเราแต่โบราณ ซึ่งแต่ก่อนนั้นคนโบราณใช้ถ่านและไม้ฟืนในการประกอบอาหาร และถ่านที่นำมาใช้นั้นสามารถเผาได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสูง ทั้งนี้การใช้ถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรยังช่วยลดการตัดไม้เพื่อผลิตถ่านอัดแห้งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากป่าธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปได้อย่างสมบูรณ์ ถ่านยังเป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาถูก หาได้ง่าย คำนวณการลงทุนกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ประกอบกับชุมชนที่โรงเรียนตั้งอยู่มีอาชีพเกษตรกรรม ทำให้มีเศษจากผลผลิตทางการเกษตรเหลือทิ้งมากมาย อาทิเช่น แกลบ ชัง ข้าวโพด ปีกไม้ยางพารา และเศษกิ่งไม้ที่เหลือจากการตัด เหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่ของพลังงานทดแทนฟืนและถ่านได้ การนำเอาเศษวัสดุทางการเกษตร เศษถ่านและผงถ่านที่ไม่ได้ขนาดมาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการอัดแห้ง ซึ่งเป็นการนำเอาเชื้อเพลิงกลับมาใช้ใหม่ และเป็นการเพิ่มคุณค่าอีกทางหนึ่ง และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชาติที่เหลือน้อยลงทุกวัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถ่านอัดแห้ง วัสดุที่นำมาใช้คือ ผงถ่านไม้ยางพารา ผงถ่านจากลูกตาลโดนด ผงถ่านจากต้นข้าวโพด โดยใช้แป้งเปียก (อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ 1 : 10) เป็นตัวประสาน และสร้างแบบจำลองเตาเผาถ่านเพื่อนำไปใช้เพื่อประกอบการจัดการเรียนการสอนต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

กิจกรรมที่ 1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปและหาค่าความคงทนต่อแรงกดกระทบของถ่านอัดแห้ง

วัสดุที่นำมาใช้คือ ผงถ่านจากไม้ยางพารา ผงถ่านจากลูกตาลโดนด โดยใช้แป้งเปียก (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : น้ำ 1:10) เป็นตัวประสาน ตาชั่ง นาฬิกาจับเวลา เวอร์เนีย เครื่องอัดไฮโดรลิก

วิธีการทดลอง

1. ในการทดลองนี้ ได้จัดชุดการทดลองประกอบด้วยอัตราส่วนผสมระหว่างผงถ่านกับแป้งเปียกด้วย อัตราส่วน 1.25 : 1, 1.5 : 1, 2 : 1, 3 : 1 และ 4 : 1 นำผงถ่านผสมจำนวน 60 กรัม อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกด้วยแรงดัน 10 ตัน อัตราส่วนละ 4 ก้อน นำก้อนถ่านที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก วัดความสูง และอบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำก้อนถ่านมาหาค่าความคงทนต่อแรงกดกระทบ โดยนำก้อนถ่านอัดแห้งตัวอย่างปล่อยให้ตกลงมาจากที่สูง 2 เมตร ดูว่าแตกหรือไม่ นำมวลส่วนเหลือจากการแตกเป็นผงมาชั่งน้ำหนัก แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักจากสูตร % การแตกหัก = $\frac{\text{มวลที่เหลือจากการแตกหัก}}{\text{มวลเดิม}}$

มวลเดิม

2. นำอัตราส่วนของถ่านที่ผ่านการหาค่าความคงทนต่อแรงกดกระทบใช้เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปและหาประสิทธิภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแห้งต่อไป

3. ขึ้นรูปถ่านเพื่อใช้เป็นถ่านตัวอย่างในการหาประสิทธิภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแห้ง

4. หาค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้น ของผงถ่าน จากไม้ยางพาราและลูกตาลโดนด โดยใช้บีกเกอร์ที่ทราบปริมาตร ตวงผงถ่านและชั่งน้ำหนัก (5 ครั้ง) นำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นคำนวณหาความหนาแน่นของผงถ่านไม้ยางพาราและลูกตาลโดนด

5. หาค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้น ของถ่านอัดแห้งโดยใช้สูตรความหนาแน่น = $\frac{\text{มวลของผงถ่าน (g)}}{\text{ปริมาตร(cm}^3\text{)}}$

$$\text{สูตรเปอร์เซ็นต์ความชื้นในชีวมวล (Mc)} = \frac{m_{H_2O} \times 100}{m_{\text{total}}}$$

6. หาค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงกด โดยนำก้อนถ่านอัดแท่งมาทดสอบหาค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงกด ซึ่งได้ทดลองหา 2 วิธีคือ

6.1 ใช้วัตถุซึ่งมีน้ำหนัก 100 kg ตามที่กำหนดมากดทับก้อนถ่าน ดูว่าแตกหรือไม่

6.2 ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดดินแบบ Unconfined Compression ทำการทดสอบก้อนถ่านตัวอย่าง โดยเอาก้อนถ่านวางบนภาชนะแล้วหมุนให้ถ่านด้านบนกดลงบนชิ้นงาน จนชิ้นงานแตกเป็นผง ทำการอ่านค่าแรงที่กด

7. หาค่า bulk density โดยนำก้อนถ่านอัดแท่งมาวางซ้อนทับในภาชนะที่เตรียมไว้ขนาด กว้าง 10 cm ยาว 10 cm สูง 10 cm ซึ่งน้ำหนักก้อนวัสดุที่ใส่ลงไปภาชนะ แล้วคำนวณหาค่า bulk density ได้จากสูตร

$$\text{bulk density} = \frac{\text{มวลก้อนวัสดุที่บรรจุ}}{\text{ปริมาตรที่บรรจุ}}$$

8. หาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง โดยนำก้อนถ่านเชื้อเพลิงแข็งมาเผาให้ร้อนแดงแล้วนำไปต้มน้ำปริมาตร 300 cm³ วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต้มหลังต้มทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 20 นาที เปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น และคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง

กิจกรรมที่ 2 ออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านจำลองสำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกิจกรรมนี้ประกอบด้วย กระป๋องสี ขนาดปริมาตร 2,000 cm³ เป็นเตาเผา ข้องอสเตนเลสขนาด 1 นิ้ว เป็นข้ออ และท่อเหล็ก 1 นิ้ว ยาว 18 cm เป็นปล่องควัน เศษไม้ ตาซัง 2 กิโลกรัม ปูนทนไฟ ไม่กระดานอัดหนา 8 มิลลิเมตร

ขั้นตอนการสร้างเตาเผาถ่านจำลอง

ออกแบบเตาเผาถ่านจำลองตรงกับแนวคิดที่ตั้งไว้ โดยการย่อส่วนจากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ลงมา 100 ส่วน จากนั้นเตรียมวัสดุอุปกรณ์การสร้างเตา เมื่อพร้อมแล้วเริ่มสร้างเตาเผาถ่านจำลองตามแบบที่สร้างไว้ นำไปทดสอบการใช้งาน หากเผาเกิดถ่านได้จริงตามทฤษฎี จึงจะทำการสรุป และอธิบายผล พร้อมจัดทำคู่มือการใช้เตาเผาถ่านจำลอง เพื่อใช้เป็นสื่อชุดการสอนร่วมกับเตาชีวมวลต่อไป

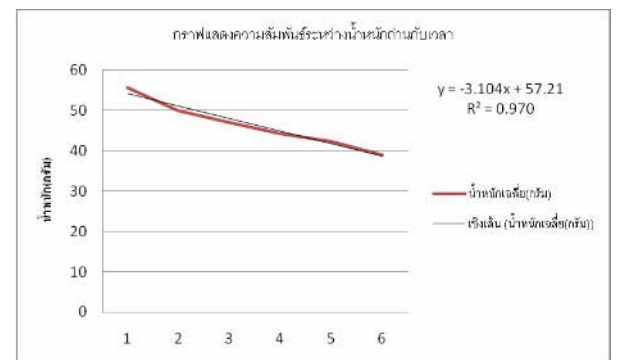
3. ผลการทดลอง และอภิปรายผล

จากกิจกรรมที่ 1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนผงถ่านกับแป้งเปียก 1.5 : 1 และสามารถหาค่าความคงทนต่อแรงดกกระทบ ได้ 100 % หลังจากนั้นได้ทำการขึ้นรูปตัวอย่างถ่านอัดแท่ง เพื่อนำไปใช้ศึกษาทดสอบหาประสิทธิภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ดังนี้

- หาค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นของผงถ่านและถ่านอัดแท่ง จากไม้ยางพาราและตาลโตนด พบว่าค่าความหนาแน่นของผงถ่านและถ่านอัดแท่งไม่ได้แตกต่างกัน โดยค่าความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ย 0.72 g/cm³ (717 kg/m³) ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของผงถ่านมีขนาดเล็กมากอยู่แล้ว เมื่อนำไปอัดจึงไม่มีผลต่อค่าของความหนาแน่น ซึ่งต่างจากการที่เราอัดเศษวัสดุทางการเกษตรชนิด

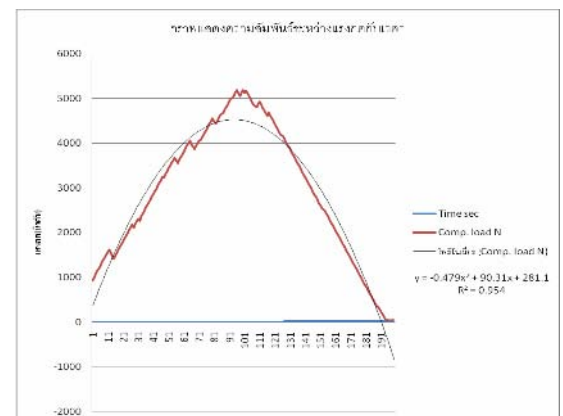
อื่น เช่น ทลายปาล์ม ซึ่งมีขนาด ช่องว่าง ก่อนและหลังอัดต่างกันมาก

- น้ำหนักของถ่านอัดแท่งเมื่ออบแห้งแล้วปริมาณความชื้นหรือน้ำหนักหายไปเฉลี่ย 24 % โดยมีการบันทึกน้ำหนักถ่านก่อนอบ และหลังอบทุกๆ 3 ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักของถ่านลดลงเรื่อยๆ จนเกือบคงที่ เมื่อเวลา ผ่านไป 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 1 หากปล่อยให้แห้งจนครบ 48 ชั่วโมง พบว่าถ่านอัดแท่งจะแห้งและแข็งมาก มีรอยแตกร้าว และยากต่อการจุดติดไฟ ซึ่งสอดคล้องกับค่าจุดอิมมิตวเส้นใยอันเป็นจุดบ่งบอกถึงการหดตัวหรือการบวมตัวของเนื้อไม้หากมีการดึงน้ำออกหรือเติมน้ำเข้าไปในเนื้อไม้ โดยทั่วไปจุดอิมมิตวเส้นใยของไม้จะอยู่ที่ประมาณ 23-27% ของมวลรวมทั้งหมด



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักถ่านที่ลดลง (กรัม) กับเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)

- การหาค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงกด โดยนำก้อนถ่านอัดแท่งมาทดสอบหาค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงกดดังนี้ คือ ใช้วัตถุซึ่งมีน้ำหนักตามที่กำหนดมากดทับ พบว่าก้อนถ่านอัดแท่งสามารถต้านทานแรงกดได้สูงสุด 100 kg ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และได้ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดดินแบบ Unconfined Compression เพื่อหาค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงกดสูงสุด พบว่าถ่านอัดแท่งสามารถทนต่อแรงกดได้สูงสุด 450 kg (4500 N) ดังแสดงในรูปที่ 2

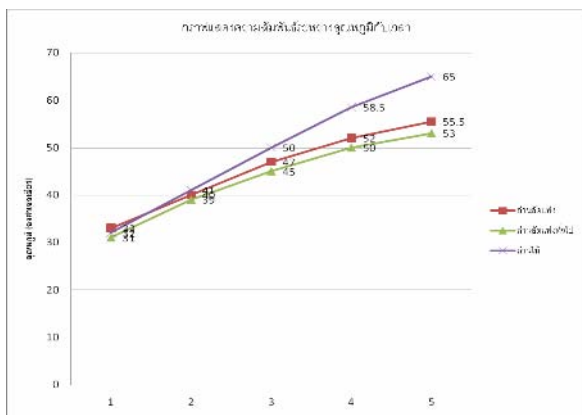


รูปที่ 2 แรงกด (นิวตัน) กับเวลา (วินาที) ที่ใช้ในการทดสอบ

- การหาค่า bulk density โดยนำก้อนถ่านอัดแท่งมา

วางซ้อนทับในภาชนะที่เตรียมไว้ขนาด กว้าง 10 cm ยาว 10 cm สูง 10 cm ซึ่งน้ำหนักก้อนวัสดุที่ใส่ลงไปภาชนะได้ 0.5 kg แล้วคำนวณหาค่า bulk density ได้ 500 kg/m³ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าของความหนาแน่นของผงถ่านก่อนอัดแท่งมีค่า 717 kg/m³ หลังจากอัดแท่งแล้ว คำนวณหาค่า bulk density ได้ 500 kg/m³ อธิบายได้ว่าช่องว่างระหว่างมวลลดลงจากตอนที่ยังเป็นวัตถุดิบ 200 kg/m³ ซึ่งพบว่าลดลงไม่มาก เนื่องจากขนาดอนุภาคดังที่กล่าวมาแล้วในเรื่องความหนาแน่น แต่เป็นแนวทางในการอธิบายได้ว่าการอัดแท่งเป็นการแก้ปัญหาการลดพื้นที่ในการขนย้ายวัตถุดิบทางการเกษตรได้โดยการอัดขึ้นรูป เช่น ฟางอัดแท่ง

- การหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง พบว่าค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ขึ้นรูปได้มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 660 Cal/g ซึ่งไม่แตกต่างจากถ่านไม้และถ่านอัดแท่งที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งอธิบายได้จากการสังเกตการเผาไหม้พบว่าถ่านไม้ช่วงเวลาที่ลุกไหม้หมดทั้งก้อนจะ ลุกไหม้ติดไฟได้เร็ว ให้พลังงานความร้อนออกมากกว่า แต่หากเราปล่อยให้ดับไป อุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลง เพราะถ่านจะมอดและไม่ติดไฟ ซึ่งต่างจากถ่านอัดแท่งซึ่งจะติดไฟทั้งก่อนเป็นเวลานานกว่า



รูปที่ 3 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) กับเวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที)

จากกิจกรรมที่ 2 ออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านจำลองสำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน

เตาเผาถ่านจำลองตามแบบที่สร้างไว้ นำไปทดสอบการใช้งานเผาถ่านได้จริงแต่ปริมาณถ่านที่เกิด เวลาในการเผา และเปิดเตาต้องมีการทดลองซ้ำๆ เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนในการเกิด เวลาที่พอเหมาะ เทียบกับเตาเผาถ่าน 200 ลิตรต่อไป จึงจะทำการสรุปและอธิบายผล พร้อมจัดทำคู่มือการใช้เตาเผาถ่านจำลอง เพื่อใช้เป็นสื่อชุดการสอนร่วมกับเตาชีวมวลต่อไปได้

4. สรุปผล

อัตราส่วนในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง โดยใช้แบ่งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่าอัตราส่วนที่ดีในการขึ้นรูปใช้ผงถ่านต่อแบ่งเปียกในอัตราส่วน 1.5 : 10 อัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกแรงดัน 10 ตัน ทำ

ให้ได้ก้อนถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งที่มีขายตามท้องตลาด และดีกว่าถ่านไม้ ต้นทุนการผลิตต่ำ เราจึงสามารถนำเอาเศษวัสดุทางการเกษตร เศษถ่านและผงถ่านที่ไม่ได้ขนาด มาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการอัดแท่ง ซึ่งเป็นการนำเอาเชื้อเพลิงกลับมาใช้ใหม่ และเป็นการเพิ่มคุณค่าอีกทางหนึ่ง อีกทั้งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาและอนุรักษ์ ทรัพยากรป่าไม้ของชาติที่เหลือน้อยลงทุกวัน

5. ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองสร้างเตาจำลองขนาดเล็กหรือสื่อจำลองใดๆ เพื่อนำไปใช้งานได้จริง ใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน และให้ผลการทดลองคงที่ น่าจะมีการคำนวณมาตรฐานที่แน่นอน และผลออกมาเป็นสื่อต้นแบบที่มีการจัดลิสต์ไว้ได้อีก
2. การทำวิจัยครั้งต่อไปอาจจะศึกษา รูปทรงและขนาดของรูของถ่านอัดแท่ง ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพและสมบัติของถ่านอย่างไร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย ประจำปี 2553 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จากสถานีวิจัยเทคโนโลยีพลังงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ขอขอบคุณ รศ.ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และ รศ.กำพล ประทีปชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การปรึกษาและชี้แนะตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณสมาชิกผู้ร่วมโครงการวิจัยทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจที่ดี

เอกสารอ้างอิง

การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

<http://charcoal.snmcenter.com>

/charcoalthai/charcoal_fun2.php. สืบค้นวันที่ 25

ธันวาคม 2552

"โครงการศึกษาทดสอบการผลิตและการใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้ ปี

2547" ปรึกษา เกียรติกระจ่าย.2529 จากวารสารเกษตรกร

ธรรมชาติฉบับที่ 6/2548

ไม้,กรุงเทพฯ ออปเชท ครีเอชั่น จำกัด, 2550

ชินภัทร ดวงงามยิ่ง และยอดนรงค์ ไชยทวิวงศ์. 2548. เครื่องอัด

ถ่านแท่ง. โครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ถ่านกัมมันต์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

<http://www.ginkosea.com/Articles/9.html>. สืบค้นวันที่ 21

ธันวาคม 2552

นคร ทิพย์วงศ์ เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล .กรุงเทพฯ:

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ,2552 การส่งเสริม

การใช้พลังงานชีวมวลของประเทศไทย, วารสารนโยบาย

พลังงาน,ฉบับที่ 55 ม.ค. – มี.ค. 2545

ประสาน สติยธิ์เรืองศักดิ์ ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และสมชาย โสภณ

รณฤทธิ์ การออกแบบสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งด้วยเทคนิค

เอ็กซ์ทรูชัน ว.สงขลานครินทร์ วทท.2549 28/2

ผลิตถ่านซังข้าวโพด ลดการตัดไม้ทำลายป่า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้

จาก library.dip.go.th/multim/edoc/09990.doc. สืบค้น

วันที่ 21 ธันวาคม 2552

สุพจน์ เดชผล.2546. การศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพของเชื้อ

เพลิงแห้งจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานน้ำตาลผสมกับขาน

อ้อย.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก

[http://charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/chevamul.ph](http://charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/chevamul.php)

p. สืบค้นวันที่ 25 ธันวาคม 2552

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ผ่านการผลิต

ที่ถุกวิธีและประโยชน์.กรุงเทพฯ 2544

การศึกษาเตาแก๊สชีวมวลสำหรับการเรียนการสอน

Study of Biomass Gas Stove for Instruction

รุ่งคราน วรียัง*, ไสว ทองอินทร์, รณภพ สำเภาทองและพานิภัค พุทธสะแสง

*E-mail : rungkran22@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษา หลักการทำงานของประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวล 2. เพื่อออกแบบและสร้างเตาแก๊สชีวมวลจำลองสำหรับเป็นสื่อการจัดการเรียนการสอน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ คือ เตาชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น เตาถ่านธรรมชาติ ไม้ฟืน ยางพารา ถ่านไม้ยางพารา และเครื่องมือวัด การทดสอบ ใช้เตาชีวมวล ที่ Reactor เป็นแบบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และสูง 45 เซนติเมตร ต้มน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตความร้อน โดยใช้ถ่านไม้และไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง การสร้างแบบจำลองเตาแก๊สชีวมวลอย่างง่าย และจัดทำเอกสารประกอบการสอนชุดทดลองเตาชีวมวล แล้วทดสอบการใช้สื่อกับครูประเมินผลสื่อการสอนโดยเพื่อนครูที่เป็นกลุ่มทดลอง ผลการศึกษาพบว่า เตาแก๊สชีวมวลมีประสิทธิภาพร้อยละ 10.00 ซึ่งสูงกว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วยเตาถ่านธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพร้อยละ 7.11 เตาแก๊สชีวมวลจำลอง สามารถใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหมือนกับเตาแก๊สชีวมวลจริง ต้มน้ำ 50 กรัมให้เดือดได้ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 6.12 ผลการประเมินสื่อ การสอนนี้มีผลการประเมินความพึงพอใจในระดับ มาก

1. บทนำ

เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงที่มาจากพืช เช่น ไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย ชี้อ้อย ชานอ้อย กากมะพร้าว ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก และเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญ

เตาแก๊สชีวมวล ใช้สำหรับการหุงต้มในครัวเรือน มีหลักการทำงาน คือ ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศ ให้เกิดความร้อนบางส่วนไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ดังที่กล่าวในการศึกษา Wood Gasified Stove (สัญญา หลุมทอง และอำพล ชื่นห้อง 2552 : บทคัดย่อ) พบว่า ช่วงเวลาที่แก๊สเริ่มออกมาจากหัวเตาประมาณ 4-6 นาที และช่วงเวลา ที่เปลวไฟติดบนหัวเตาประมาณ 20-25 นาที จากเชื้อเพลิง 2 กิโลกรัม อุณหภูมิที่เปลวไฟสามารถวัดได้ 800 – 900 องศาเซลเซียส และค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 450 กิโลแคลอรี/กก.และจากผลการสร้างเตาแก๊สปิกนิกพลังงานชีวมวล (ปิยวรรณ วิไลประสงค์ 2551 : บทคัดย่อ) กล่าวว่า เตาผลิตแก๊สที่สร้างขึ้นนั้น จากการนำไปใช้ โดยมีไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงทำให้การเผาไหม้สะอาดขึ้น ลดเขม่าและควันที่ทำให้เกิดความสกปรก

หลักการและคุณสมบัติของเตาชีวมวลที่ทำให้เกิดกระบวนการ Gasification เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สโดยการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์หรือในสภาวะที่มีอากาศจำกัด ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวล

ประกอบด้วยธาตุต่างๆ คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจน (H_2) และธาตุอื่นๆ ที่สำคัญ ดังนั้นกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีอากาศจำกัด ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นแก๊สชีวมวล แก๊สชีวมวลนี้มีองค์ประกอบหลักคือ แก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แก๊สมีเทน (CH_4) และแก๊สไฮโดรเจน (H_2) เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพแก๊สจึงขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุที่มีอยู่ในชีวมวลที่เป็นเชื้อเพลิง และเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อการเรียนจะต้องสร้างเป็นสื่อการเรียนรู้อธิบายการเกิดกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ กระบวนการ Gasification ร่วมกับการเรียนรู้อาจตำราเรียนของนักเรียนให้เกิดความเข้าใจในทฤษฎีและมีทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างชุดจำลองที่ผู้สร้างจะนำไปใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการทดลองใช้กับครูผู้สอนที่สอนในระดับชั้นต่าง ๆ เพื่อประเมินผลการสร้างสื่อชุดการสอนนี้สำหรับเป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ ศึกษารูปแบบ หลักการทำงาน หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบาย และทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวล โดยใช้ชีวมวล คือ ถ่าน ไม้ และ ไม้ฟืน และสร้างแบบจำลองเตาแก๊สชีวมวล เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการจัดการเรียนการสอนต่อไป

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวล

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย เตาชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น เตาถ่านธรรมชาติ ถ่านไม้ยางพารา ไม้ฟืน ยางพารา เทอร์โมมิเตอร์ นาฬิกาจับเวลา เครื่องวัดความเร็วลม

การทดลองหาประสิทธิภาพของเตาชีวมวล

1. หาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ 2 ชนิด ได้แก่ ถ่านไม้ยางพารา และ ไม้ฟืนยางพาราจากการเผาไหม้ด้วยเตาแก๊สชีวมวลและเตาถ่านธรรมชาติ โดยการต้มน้ำ 2 กิโลกรัม ใช้เชื้อเพลิงครั้งละ 3 กิโลกรัมสำหรับเตาชีวมวล และ 1 กิโลกรัมสำหรับเตาถ่าน จนน้ำเดือดอุณหภูมิเริ่มลด ชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลน้ำที่หายไป และมวลเชื้อเพลิงที่ใช้มาคำนวณค่าความร้อนประเมินประสิทธิภาพ

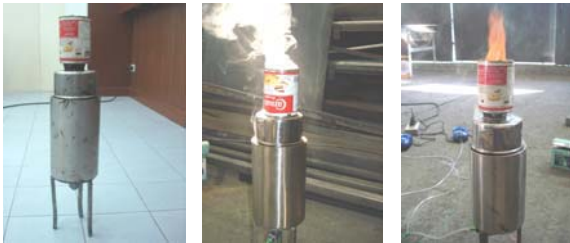
2. การประเมินประสิทธิภาพค่าความร้อนการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากเตาทั้ง 2 ชนิด แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งจากเตาชีวมวล และเตาถ่านธรรมชาติ

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาการสร้างสื่อการสอนเตาแก๊สชีวมวลอย่างง่าย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกิจกรรมนี้ประกอบด้วย เครื่องใช้สแตนเลส/โลหะที่มีรูปร่างทรงกระบอก สำหรับทำตัว และหัวเตา ตัวควบคุมการไหลของอากาศภายในเตา และเครื่องมือวัดเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ขั้นตอนการสร้างเตาชีวมวลจำลอง

ออกแบบเตาชีวมวลขนาดเล็กที่ตรงกับแนวคิดที่ตั้งไว้ จากนั้นเตรียมวัสดุ อุปกรณ์การสร้างเตา เมื่อพร้อมแล้วเริ่มสร้างเตาชีวมวลตามแบบที่ออกแบบไว้ นำไปทดสอบการใช้งาน ถ้าเกิดแก๊สจุดไฟติดได้ จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลจำลองนี้ พร้อมจัดทำเอกสารประกอบการสอนชุดทดลองเตาชีวมวล และประเมินผลการสร้างสื่อการสอนโดยเพื่อนครูที่เป็นกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ ในด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรม ด้านการประเมินผล และด้านการใช้ภาษา



รูปที่ 1 การทดลองหาประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลจำลอง

3. ผลการทดลอง

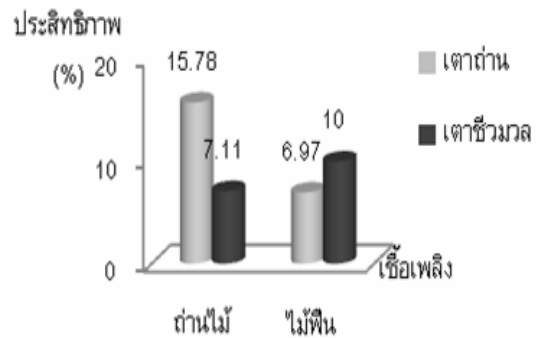
3.1 ประสิทธิภาพของเตาชีวมวลต้นแบบ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้เชื้อเพลิง 2 ชนิด ของเตาชีวมวล คือประสิทธิภาพการเผาไหม้ถ่านไม้คิดเป็นร้อยละ 7.11 อุณหภูมิเปลวไฟขณะน้ำเดือด เฉลี่ย 660 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้พื้นยางพารา คิดเป็นร้อยละ 10.00 อุณหภูมิเปลวไฟขณะน้ำเดือด 750 องศา ซึ่งจะเห็นว่าการเผาไหม้ไม้พื้นมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าถ่านไม้ ถ้าพิจารณาเวลาที่ทำให้น้ำเดือดไม้พื้นจะใช้เวลาน้อยกว่าถ่านไม้เนื่องจาก ความเร็วของปฏิกิริยาที่จะเข้าสู่สมดุลทางเคมี สูงกว่า เมื่อเกิดการเผาไหม้ถ้า Reaction Response สูง เชื้อเพลิงจะเข้าสู่สภาวะสมดุลในเวลาอันสั้น ดังนั้นไม้พื้นมีคุณสมบัติที่เหมาะสมจะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาชีวมวลมากกว่า เพราะจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ถูก รีดิซ์ เป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มาก (ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้สูงขึ้น) ภายใต้การทำงานของกระแสมที่เท่ากัน โดยหน้าที่ของกระแสมในระบบการเผาไหม้ คือ การทำให้แก๊สระบายสู่บรรยากาศภายนอก ในที่นี้ใช้กระแสมเชิงกล คือ พัดลมที่ติดตั้งอยู่กับตัวเตา การทำงานจะเป่าอากาศให้เข้าไปในเตาและดึงแก๊สเข้าไปในปล่องไฟ ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสมขึ้นเพื่อจำกัดแก๊สให้ออกไปจากหม้อน้ำ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้เชื้อเพลิง 2 ชนิด ของเตาถ่านธรรมชาติ คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ถ่านไม้คิดเป็นร้อยละ 15.78 อุณหภูมิเปลวไฟขณะน้ำเดือด เฉลี่ย 562 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้พื้นยางพารา คิดเป็นร้อยละ 6.97 อุณหภูมิเปลวไฟขณะน้ำเดือด 547 องศา ซึ่งจะเห็นว่าการเผาไหม้ถ่านไม้มีประสิทธิภาพสูงกว่าไม้พื้น เนื่องจากเตาถ่านไม้ได้

ควบคุมปริมาณอากาศขณะที่เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และลักษณะการไหลของเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้พื้นจะแรงและเร็วกว่าความร้อนจึงถูกถ่ายเทอย่างรวดเร็วแล้วหมดไปเร็ว เพราะต้องสูญเสียพลังงานความร้อนให้อากาศมาก เนื่องจากในอากาศมีก๊าซไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่กว่าร้อยละ 70 ทำให้แก๊สชีวมวลที่ผลิตโดยใช้อากาศมีไนโตรเจนผสมอยู่ถึงร้อยละ 42 มีผลทำให้ก๊าซชีวมวลมีค่าความร้อนลดลง ในขณะที่การเผาไหม้ถ่านไม้เกิดขึ้นช้า ๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นสูญเสียสู่อากาศน้อย ทำให้หม้อต้มน้ำได้รับความร้อนเต็มที่มากกว่าประมาณร้อยละ 10 การรู้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงจะช่วยให้สามารถเลือกเชื้อเพลิงได้ถูกวัตถุประสงค์ มีประสิทธิภาพ เหมาะสมต่อการนำไปใช้กับเครื่องมือ อุปกรณ์

แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิง



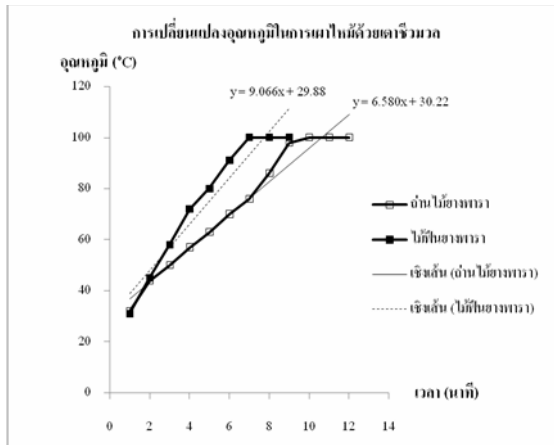
รูปที่ 2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ดังนั้นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับเตาชีวมวลควรจะเป็นชีวมวลที่ยังไม่เคยผ่านการสลายธาตุที่เป็นต้นกำเนิดแก๊สติดไฟ (ไม่ถูกเผาไหม้) เป็นแนวทางในการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับหลักการทำงานของเตาชีวมวล เพื่อให้เกิดการเลือกใช้ทรัพยากรอย่างเห็นคุณค่า และใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

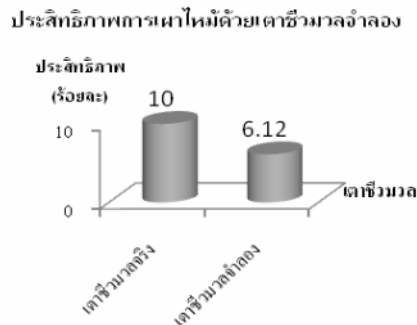
อุณหภูมิของน้ำต้มจากการเผาไหม้ของไม้พื้นเป็น 9.066 องศาเซลเซียสต่อหน้าที่ ซึ่งสูงกว่าถ่านไม้ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็น 6.58 องศาเซลเซียสต่อหน้าที่ แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากเชื้อเพลิงไม้พื้นเกิดการถ่ายโอนไปยังหม้อต้มน้ำได้ดีกว่าเชื้อเพลิงถ่านไม้ ทำให้ระบบการทำงานของเตาชีวมวลสามารถนำความร้อนจากไม้พื้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาถ่าน

3.2 ผลการสร้างสื่อการสอนชุดทดลองเตาแก๊สชีวมวล

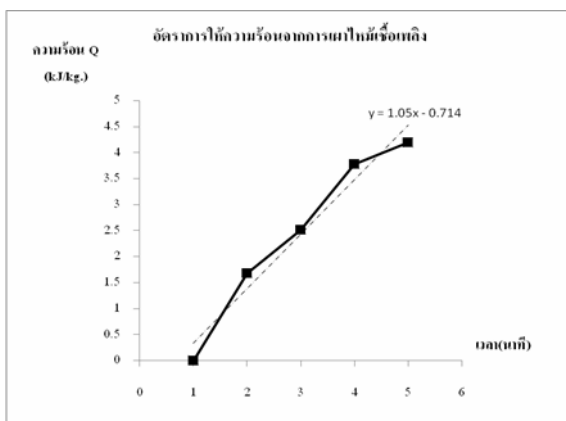
จากการทดลองหาประสิทธิภาพเตาชีวมวลจำลอง พบว่า ช่วงเวลาที่แก๊สเริ่มติดไฟ ประมาณ 5-6 นาทีหลังจากนั้นน้ำเดือดทำให้น้ำเดือดระหว่าง 5-6 นาที ผลการประเมินประสิทธิภาพจากการเผาไหม้ด้วยเตาชีวมวลจำลอง พบว่าเตาจำลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพร้อยละ 6.12 และจากการสังเกตการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้พบว่าเตาเล็กนี้สามารถอธิบายหลักการทำงานของเตาแก๊สชีวมวล การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกับของจริง ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาได้ผลดังแสดงในกราฟแท่งนี้



รูปที่ 3 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วยเตาแก๊สชีวมวล



รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลต้นแบบกับเตาแก๊สชีวมวลจำลอง



รูปที่ 5 แสดงอัตราการให้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วยเตาแก๊สชีวมวลจำลอง

จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม้ฟืน โดยการวัดค่าอุณหภูมิที่ต้มในทุกลูก ๆ นาที่จนถึงเวลาน้ำเดือด แล้วนำอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมาคำนวณค่าความร้อน

พบว่าความร้อนเพิ่มขึ้นนาทีละ 1.05 kJ/kg. ซึ่งแสดงว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้ความร้อนเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.05 kJ/kg.

เมื่อออกแบบ สร้าง พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลจำลองที่สามารถจุดติดไฟที่เกิดจากแก๊สที่หัวเตาได้

ผลการสอบถามความพึงพอใจ

ด้านเนื้อหา ผลการประเมินที่ได้ อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

ด้านกิจกรรม ผลการประเมินอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

ด้านการประเมินผล ผลการประเมินอยู่ในระดับ พึงพอใจปานกลาง

ด้านการใช้ภาษา ผลการประเมินอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจทุกด้าน อยู่ในระดับมาก

โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ

- ควรมีกิจกรรมออกแบบ เตาชีวมวลเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

- ควรระบุระดับผู้เรียน

4. สรุป และอภิปราย

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สชีวมวล

1.1 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ด้วยเตาแก๊สชีวมวล พบว่า การเผาไหม้ถ่านไม้ ด้วยมวลเริ่มต้น 3 กิโลกรัม ต้มน้ำ 3 กิโลกรัม ใช้เวลา 9-10 นาที ในการทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เป็น 5,357.97 kJ/kg-K ประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าความร้อนที่ถ่านไม้ที่ถูกเผาไหม้ไปให้ (มวลถ่านไม้ที่เผาไหม้ x ค่าความร้อนของถ่าน)

มีประสิทธิภาพร้อยละ 7.11 อุณหภูมิเปลวไฟขณะอุณหภูมิ น้ำเดือดคงที่เป็น 663 องศาเซลเซียส

และการเผาไหม้ไม้พื้นยางพารา มวลเริ่มต้น 3 กิโลกรัม ต้มน้ำ 2 กิโลกรัม ใช้เวลา 6-7 นาที ในการทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เป็น 3,396.80 kJ/kg-K ประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าความร้อนที่ถ่านไม้ที่ถูกเผาไหม้ไปให้ มีประสิทธิภาพร้อยละ 10.00 อุณหภูมิเปลวไฟขณะอุณหภูมิ น้ำเดือดคงที่เป็น 750 องศาเซลเซียส

1.2 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ด้วยเตาถ่านธรรมชาติ พบว่า การเผาไหม้ถ่านไม้ ด้วยมวลเริ่มต้น 1 กิโลกรัม ต้มน้ำ 3 กิโลกรัม ใช้เวลา 11-12 นาที ในการทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เป็น 4,090.40 kJ/kg-K ประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าความร้อนที่ถ่านไม้ที่ถูกเผาไหม้ไปให้ มีประสิทธิภาพร้อยละ 15.78 อุณหภูมิเปลวไฟขณะอุณหภูมิ น้ำเดือดคงที่เป็น 562 องศาเซลเซียส

การเผาไหม้ไม้พื้นยางพารา มวลเริ่มต้น 1 กิโลกรัม ต้มน้ำ 2 กิโลกรัม ใช้เวลา 6-8 นาที ในการทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100

องศาเซลเซียส ค่าความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เป็น 1,068.40 kJ/kg-K ประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าความร้อนที่ถ่านไม้ที่ถูกเผาไหม้ไปให้ มีประสิทธิภาพร้อยละ 6.97 อุณหภูมิเปลวไฟขณะอุณหภูมินี้ต่ำสุดคงที่เป็น 547 องศาเซลเซียส

พิจารณาในด้านของอุณหภูมิ การเผาไหม้โดยเตาชีวมวล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำต้มจากการเผาไหม้ของไม้ฟืนเป็น 9.066 องศาเซลเซียสต่อนาที ซึ่งสูงกว่าถ่านไม้ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็น 6.58 องศาเซลเซียสต่อนาที แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากเชื้อเพลิงไม้ฟืนเกิดการถ่ายโอนไปยังหม้อต้มน้ำได้ดีกว่าเชื้อเพลิงถ่านไม้ ทำให้ระบบการทำงานของเตาชีวมวลสามารถนำความร้อนจากไม้ฟืนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาถ่าน

การเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วยเตาถ่าน เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำต้มจากการเผาไหม้ของไม้ฟืนเป็น 5.066 องศาเซลเซียสต่อนาที ซึ่งต่ำกว่าถ่านไม้ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็น 9.2 องศาเซลเซียสต่อนาที

2. การสร้างสื่อการสอนชุดทดลองเตาแก๊สชีวมวล

2.1 การออกแบบและสร้างเตาแก๊สชีวมวลจำลอง

จากการสร้างเตาชีวมวลจำลองขึ้นมาจากวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด จนได้เตาขนาดเล็กที่มีการทำงานในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหมือนกับเตาจริงทุกประการ แต่มีความสามารถในการให้ความร้อนที่นำไปใช้หุงต้มไม่เพียงพอ แต่สามารถนำไปใช้ทดลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในการจัดการเรียนการสอนได้ จากการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่าเตาที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเฉลี่ย ร้อยละ 6.12 และการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้ความร้อนเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.05 kJ/kg.

2.2 ผลการประเมินการสร้างสื่อ จากการนำไปทดสอบสอนกับครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นต่าง ๆ แล้วประเมินความพึงพอใจในชุดจำลองที่มีเอกสารประกอบการสอน สื่อการสอนนี้มีผลการประเมินความพึงพอใจในระดับ มาก

อภิปรายผล

การประเมินประสิทธิภาพของเตาชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้นสำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นไม้ฟืนที่ยังไม่ผ่านการสลายธาตุมาก่อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าถ่านไม้ที่ถูกเผาไหม้มาก่อนเนื่องมาจากกระบวนการผลิตแก๊สชีวมวลเป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีอากาศจำกัด โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องกลายเป็นชีวมวล ซึ่งแก๊สที่เกิดขึ้นจะมีมากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุต้นกำเนิดแก๊สที่สะสมอยู่ในมวลนั้น ๆ ด้วย นอกจากนี้แล้วในการใช้เตาชีวมวลเพื่อรักษาพลังงานความร้อนให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าต้องควบคุมระบบการเผาไหม้ ไม่ให้ความร้อนสูญเสียไปกับอากาศ ประสิทธิภาพการให้ความร้อนจะสูง

ดังในการทดสอบหาค่าความร้อนการเผาไหม้ไม้ฟืน ยางพาราที่ใช้ช่วงเวลาที่แก๊สเริ่มออกมาที่หัวเตา 4-5 นาที แล้วมี

ช่วงเวลาในการติดไฟบนหัวเตา 24-30 นาที จากเชื้อเพลิง 3 กิโลกรัม อุณหภูมิเปลวไฟ 800 องศาเซลเซียส

จากการประเมินผลการสร้างสื่อ เอกสารประกอบชุดทดลองเตาชีวมวล โดยครูผู้สอนพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในสื่อการจัดการเรียนการสอนนี้อยู่ในระดับ ดี จะเห็นว่า การพัฒนาสื่อและรูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยยึดหลักการเรียนรู้จากสิ่งที่อยู่รอบตัวจะทำให้สื่อการเรียนรู้นั้นมีความน่าสนใจ สามารถดึงดูดความสนใจและเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น ดังเช่นการเรียนเรื่องความร้อน ของไหล ซึ่งมีหลักการอธิบายเอาไว้พร้อมกับสมการที่ซับซ้อน ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย แต่ถ้าครูสามารถเชื่อมโยงเรื่องราวไปสู่ชีวิตประจำวันของเด็ก เช่น การก่อไฟในเตา การใช้เตาแก๊ส เริ่มจากให้รู้จักการสังเกตปรากฏการณ์ แล้วออกแบบจำลองการเกิดปรากฏการณ์นั้นจริงแต่มีขนาดเล็กลง

ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างแบบจำลองเตาแก๊สชีวมวลนอกจากนำไปใช้อธิบายการเผาไหม้ การเกิด Gasification แล้วครูสามารถนำไปต่อเติมเป็นชุดทดลองการหาค่าอื่น ๆ ได้อีก เช่น การศึกษาอัตราการไหลของอากาศที่มีผลต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

2. การทำวิจัยครั้งต่อไปอาจจะศึกษาผลของขนาดและรูปร่างของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อค่าความร้อนที่ให้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือ การศึกษาการออกแบบและสร้างหัวเตาให้สามารถติดแก๊สได้ดี มีความสะดวกต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการครุวิจัย ประจำปี 2553 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ จากสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ขอขอบคุณอาจารย์ไพโรจน์ คีรีรัตน์ และอาจารย์กำพล ประทีปชัยกูร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณสมาชิกผู้ร่วมโครงการครุวิจัยทุกคนที่เป็นกำลังใจที่ดี

เอกสารอ้างอิง

ปิยวรรณ วิลประสงศ์ (2551). **เตาแก๊สปิกนิกพลังงานชีว**

มวล. โครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล,ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิชาญ มานะบรรยง (2547). **การศึกษาเตาผลิตก๊าซแบบไหลลง**

และต่อเนื่องโดยใช้เศษถ่านเป็นเชื้อเพลิง, วิทยานิพนธ์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จักรพันธ์ ชนะ และ เจษฎา นายเสนา “Biomass As Fuel for Industry “ (โครงการเลขที่29/2543), ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

พิบูลย์ แซ่จั้ง และ เสรี แซ่แต่น “Development of small down draught gasifier”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รุจ แซ่ลิ้ม และ เริงชัย สุภาบุญจันเตชากุล “ Up-draught Gasifier for Direct Heat Application” (โครงการที่ 17/2529) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิฑูรย์ อบรม, 2549. การวัดปริมาณแก๊สชีวมวลในระบบแก๊สซิไฟเออร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร.

สัญญา หลุ่มทอง และ อำพล ชุ่นห้อง (2552). **Wood gasified stove** . โครงการ, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อนิรุตต์ มัทธจักร, กษมา เจนวิจิตรสกุล และกุลเชษฐ์ เพียรทอง (2546). การศึกษาการผลิตก๊าซชีวมวลจาก

ฟางข้าวโดยใช้เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

_____ "เตาชีวมวล". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.di02.net/energy/doc2/detail/G03.pdf>.
(วันที่ค้นข้อมูล : 3 เมษายน 2553).

บ้านเกษตร.คอม . “เตาแก๊สชีวมวล เพื่อชีวิตพอเพียง” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.bankaset.com/2009/>
(วันที่ค้นข้อมูล : 3 เมษายน 2553).

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. “ระบบแก๊สซิฟิเคชั่น” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.efc.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=hGtTu8zx7jWvD4by&doc=fcbXRmCQgAStZy65> (วันที่ค้นข้อมูล : 4 เมษายน 2553).

Alexis T.Belonio, **Rice husk gas stove handbook, Appropriate technology center**, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City, Philippines, 2005.

Belonio, A. T. (2005). **Rice Husk Gas Stove Handbook. Appropriate Technology Center**. Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City, Philippines.

Food and Agriculture Organization of The United Nation, 1996. Wood Gas as Engine Fuel [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ <http://www.fao.org/DOCREP/T0512e0b.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 เมษายน 2553)

การเปรียบเทียบสีกระเบื้องหลังคาบ้านที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในบ้าน

Comparison of colors of a roof that affect the temperature inside the house

กลยุทธิ์ ทะกอง*, ไพชอล ยีโกบ และ สุภาภรณ์ เสาร์สิงห์

*E-mail: Fussion_L @gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสีของกระเบื้องหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน เปรียบเทียบความแตกต่างการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องแต่ละสี และศึกษาความพึงพอใจในการเลือกใช้กระเบื้องมุงหลังคาของผู้สร้างบ้านในปัจจุบัน จากผลการวิจัย พบว่า คนในชุมชนและร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง นิยมเลือกกระเบื้องหลังคา สีน้ำเงิน สีเขียว สีน้ำตาล สีแดง และสีเทา เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องแต่ละสี พบว่า กระเบื้องที่มีสีเข้ม (น้ำตาล) จะมีการถ่ายเทความร้อนที่สูง ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องที่มีสีอ่อนกว่า (สีเทา) และเมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนระหว่างบ้านจำลองที่บ กับบ้านจำลองช่องเปิด 10 % ของพื้นที่ผนังแต่ละด้าน จะพบว่า บ้านจำลองช่องเปิด 10 % จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ส่วนความพึงพอใจในการเลือกใช้กระเบื้องมุงหลังคาของผู้สร้างบ้านในปัจจุบัน พบว่าความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.39$) โดยผู้สร้างบ้านส่วนใหญ่เลือกสีกระเบื้องมุงหลังคาตามความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.30$) ในขณะที่ผู้สร้างบ้านมีความรู้เกี่ยวกับสีของหลังคาบ้านที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในบ้านในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.96$) และผู้สร้างบ้านส่วนใหญ่ยังนิยมเลือกใช้กระเบื้องที่มีสีเข้ม

คำสำคัญ: สีกระเบื้องหลังคา; อุณหภูมิภายในบ้าน

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางซีกโลกเหนือ (North Tropical Zone) ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตร (Equator) และเส้นทropic ออฟ แคนเซอร์ (Tropic of cancer) ด้วยเหตุนี้ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์เต็มที่เกือบทั้งปี จากข้อมูลที่กรมอุตุนิยมวิทยายืนยันมากกว่า 50 ปีพบว่า อุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย (Mean temperature) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Mean maximum temperature) และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Mean minimum temperature) ล้วนมีค่าสูงกว่าค่าปกติทั้งสิ้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) จากข้อมูลนี้จึงสอดคล้องกับการสร้างบ้านเพื่ออยู่อาศัยของคนไทยซึ่งจำเป็นต้องใช้วัสดุ

อุปกรณ์ ที่ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านต่ำ เย็นสบาย หลังคา นับได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของบ้าน ที่มีส่วนทำหน้าที่ในการป้องกันแสงและความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในบ้าน ซึ่งทำให้บ้านมีอุณหภูมิสูงขึ้น สีของหลังคาบ้านมีส่วนในการดูดกลืนและถ่ายเทความร้อน เข้ามาในตัวบ้าน ปัจจุบันพบว่า หลังคาบ้านมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งตามหลักการทางวิทยาศาสตร์แล้ว จะพบว่า สีแต่ละสีมีคุณสมบัติการดูดกลืนแสง และถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน ทางกลุ่มวิจัย จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบชนิดของสีกระเบื้องหลังคาบ้าน ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน เพราะ หากอุณหภูมิภายในบ้านเย็นสบาย การใช้พลังงานต่าง ๆ ก็อาจจะลดลง เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ การใช้พัดลม ซึ่งจากผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคาร บ้านเรือน ส่วนใหญ่ จะสิ้นเปลืองพลังงานไปกับระบบปรับอากาศ ร้อยละ 50-60 อุปกรณ์สำนักงาน ร้อยละ 15-20 และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ร้อยละ 10-15 ถ้าหากมีการเลือกใช้สีกระเบื้องหลังคาที่ถูกต้อง อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานได้ โดยไม่ต้องอาศัยกระบวนการอื่นที่ซับซ้อน สอดคล้องกับนโยบายการประหยัดพลังงานของประเทศที่ได้กำหนดไว้

2. วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาสีของกระเบื้องหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ศึกษาการถ่ายเทความร้อน ของสีต่าง ๆ ตามทฤษฎี และสำรวจความนิยมในการเลือกใช้สีกระเบื้องหลังคา จากร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง พบว่า ผู้สร้างบ้านนิยมเลือก สีน้ำเงิน สีเขียว สีน้ำตาล และสีเทา

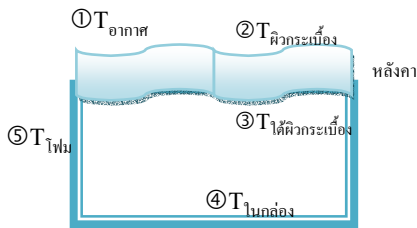
2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องแต่ละสี

กระเบื้องหลังคา ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีทั้งหมด 5 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล และสีเทา สร้างแบบ จำลองบ้านโดยใช้กล่องโฟม สถานที่ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ บริเวณดาดฟ้า ตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลา-นครินทร์ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์(ภาพที่ 1) ตามตำแหน่งต่างๆ 5 ตำแหน่ง

(ภาพที่ 2) ทำการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 3 วันวันละ 5 ช่วงเวลา (9:00,11:00,13:00,15:00,17:00 น.)



ภาพที่ 1 แสดงสถานที่ทดลอง และการวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

2.3 ศึกษาความพึงพอใจในการเลือกใช้กระเบื้อง

มุงหลังคาของผู้สร้างบ้านในปัจจุบัน

นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการเลือกใช้กระเบื้องมุงหลังคาของผู้สร้างบ้านในปัจจุบัน ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน

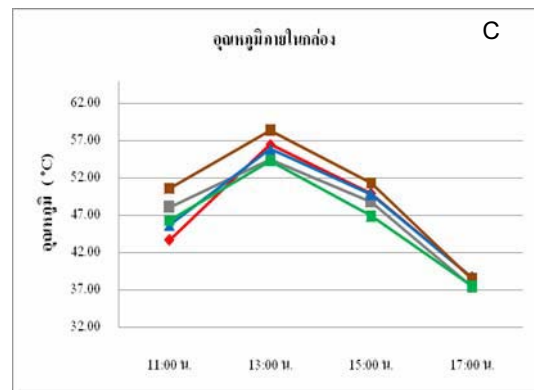
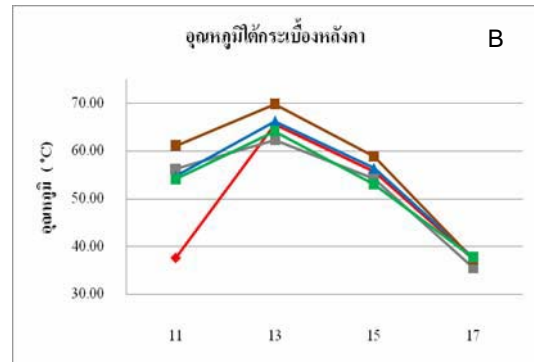
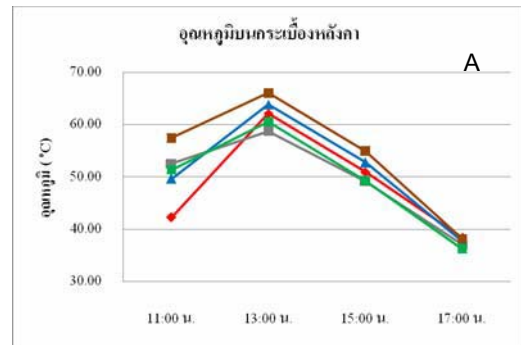
3. ผลการทดลอง

จากการคำนวณ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (RTTV) ตาม พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม ได้ค่า การถ่ายเทความร้อนรวม ของแต่ละสีมีค่าเท่ากัน (143.33 W/m^2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องหลังคาที่มีสีแตกต่างกัน ดังนี้

3.1เปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้อง

3.1.1เปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องทุกสี กรณี กล่องที่บี

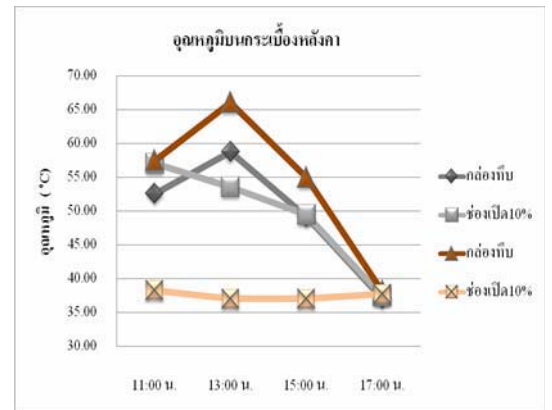
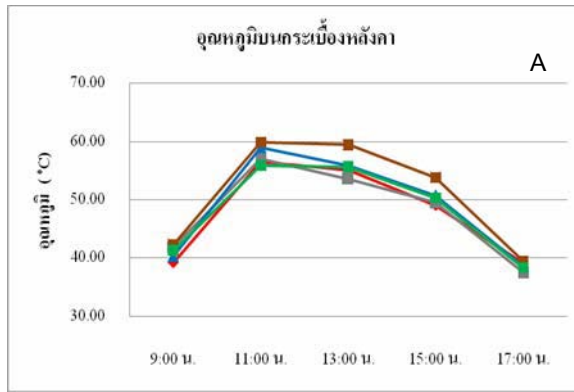
จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิบริเวณบนกระเบื้องหลังคา,ใต้กระเบื้องหลังคา และอุณหภูมิภายในกล่อง สีน้ำตาลมีค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาทำการทดลอง(ภาพที่ 3 A-C) ในขณะที่สีเทาและสีเขียวอ่อน มีอุณหภูมิทั้ง 3 จุดต่ำสุดหลังจากเวลา 13:00 น.



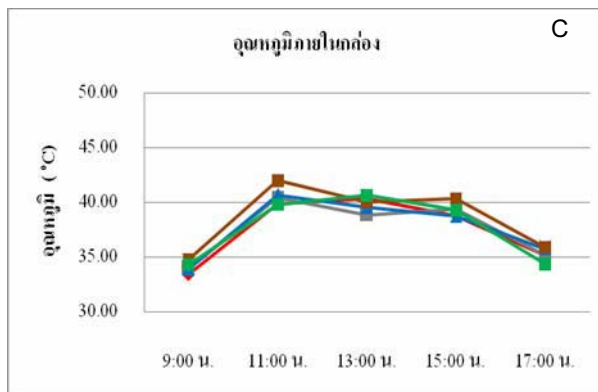
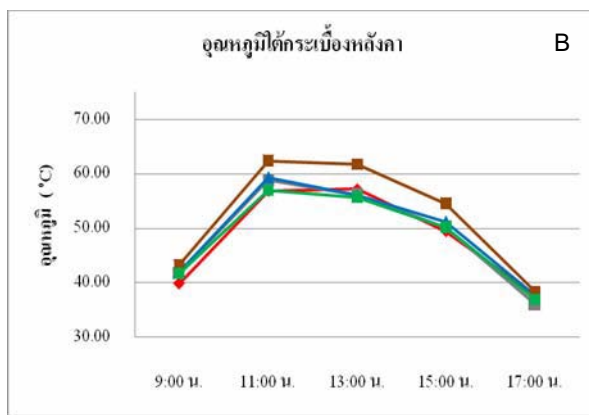
ภาพที่ 3 A-C กราฟแสดงอุณหภูมิของกระเบื้องทุกสีกรณี กล่องที่บี

3.1.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องทุกสี กรณี กล่องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิบริเวณบนกระเบื้องหลังคา,ใต้กระเบื้องหลังคา และอุณหภูมิภายในกล่อง สีน้ำตาลมีค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาทำการทดลอง(ภาพที่ 4 A-C) เช่นเดียวกับกรณีกล่องที่บี ในขณะที่ยังอีก 4 สีที่เหลือจะมีค่าอุณหภูมิในระดับเดียวกัน และหากพิจารณา อุณหภูมิภายในกล่องโพม กรณี กล่องที่มีช่องเปิด 10 % ค่าไม่ได้มีความแตกต่างกันมากจนชัดเจนสำหรับกระเบื้องแต่ละสี



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิบนกระเบื้องหลังคาของกระเบื้องแต่ละสี

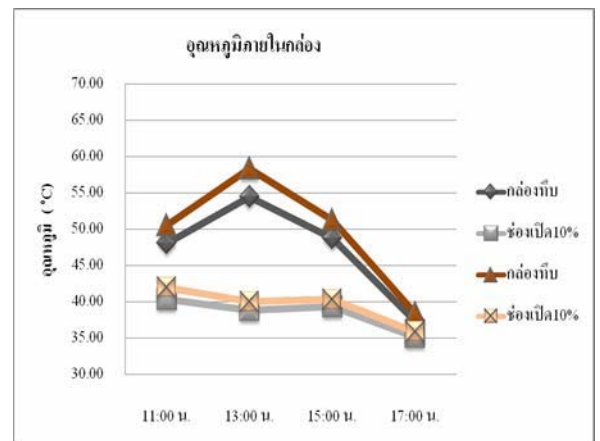


ภาพที่ 4 A-C กราฟแสดงอุณหภูมิของกระเบื้องทุกสี กรณี กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

3.1.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องแต่ละสี กรณี กล้องที่บ และ กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

3.1.3.1 อุณหภูมิบนกระเบื้องหลังคา

จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิบนกระเบื้องหลังคา สีเทา กล้องที่บ จะต่ำกว่า อุณหภูมิสีน้ำตาลในทุกช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิและเมื่อกล้องมีช่องเปิด 10% สีน้ำตาลจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าสีเทา(ภาพที่ 5)



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล้อง

3.2 การศึกษาความพึงพอใจในการเลือกใช้

กระเบื้องมุงหลังคาของผู้สร้างบ้านในปัจจุบัน

จากการแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่าง คณะผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูล ตามตาราง1 ดังนี้

ตาราง1 การประเมินความพึงพอใจของในการเลือกใช้
กระเบื้องมุงหลังคาของผู้สร้างบ้านปัจจุบัน (n = 50)

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		แปรรูปผล
	$\bar{x}$	S.D.	
ข้อที่ 1 ปัจจุบัน ท่านมีความต้องการใช้กระเบื้องในการมุงหลังคา อยู่ในระดับใด	3.36	0.22	ปานกลาง
ข้อที่ 2 การเลือกสีกระเบื้องมุงหลังคาในการสร้างบ้าน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจ ของผู้สร้าง	4.30	1.09	มาก
ข้อที่ 3 ท่านใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเลือกใช้สีกระเบื้องมุงหลังคาบ้าน	3.00	0.59	ปานกลาง
ข้อที่ 4 การเลือกสีกระเบื้องมุงหลังคาในการสร้างบ้าน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของท่านมากกว่า คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ตาราง1 (ต่อ)	3.50	0.23	ปานกลาง
รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		แปรรูปผล
	$\bar{x}$	S.D.	
ข้อที่ 5 ท่านมีความรู้เกี่ยวกับสีของหลังคาบ้านที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในบ้านในระดับใด	2.96	0.59	ปานกลาง
ข้อที่ 6 สีของหลังคาบ้าน ควรจะเลือกใช้สีเข้ม	3.20	0.60	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.39	0.55	ปานกลาง

*ที่มา: ยุทธ ไกยวรรณ สถิติวิจัยทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 2548 หน้า 81

จากตาราง 1 พบว่า ความคิดเห็นของผู้สร้างบ้านในปัจจุบันในการเลือกใช้กระเบื้องมุงหลังคา ความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.39$) เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อ จากมากไปหาน้อย ได้แก่ การเลือกสีกระเบื้องมุงหลังคาในการสร้างบ้าน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจ ของ

ผู้สร้าง อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.30$) ลำดับที่ 2 ได้แก่ การเลือกสีกระเบื้องมุงหลังคาในการสร้างบ้าน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้สร้างบ้านมากกว่า คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.50$) และลำดับสุดท้าย ได้แก่ ผู้สร้างบ้านมีความรู้เกี่ยวกับสีของหลังคาบ้านที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในบ้านในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.96$) นอกจากนั้น จากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ยังพบว่า ความนิยมในการเลือกใช้สีของหลังคาบ้าน เป็นลำดับ ดังนี้ สีน้ำตาล (20%) ,สีน้ำเงิน (16%) ,สีเขียว (14%) ,สีขาว (12%),สีแดง (10%),สีดำ (8%),สีฟ้า (8%)

4. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลอง พบว่า กระเบื้องที่มีสีเข้ม (น้ำตาล) มีการถ่ายเทความร้อนสูง ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องที่มีสีอ่อนกว่า (สีเทา) ทั้งนี้สอดคล้องกับการถ่ายเทความร้อนที่สีเข้ม จะมีการถ่ายเทความร้อนมากกว่าสีอ่อนทำให้อุณหภูมิสูง และเมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนระหว่างกล่องทึบ กับกล่องที่มีช่องเปิด 10 % ของพื้นที่ผิวข้างแต่ละด้าน จะพบว่า กล่องที่มีช่องเปิด 10 % จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า จึงเป็นเหตุผลในการสร้างบ้านเรือนต้องมีหน้าต่าง เพื่อช่วยระบายความร้อนในบ้าน และจากการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ทราบว่า คนส่วนใหญ่จะเลือกกระเบื้องมุงหลังคาโดยไม่ได้ใช้หลักการวิทยาศาสตร์ด้านการถ่ายเทความร้อนของสีมาพิจารณาเพื่อตัดสินใจ จึงมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอุณหภูมิ นอกจากนั้นยังพบว่า คนส่วนใหญ่เลือกกระเบื้องหลังคาสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสีที่ทำให้อุณหภูมิสูงที่สุด ถ่ายเทความร้อนได้สูงที่สุด แทนที่จะเลือกใช้กระเบื้องสีอ่อน (สีเทา) ซึ่งเป็นสีที่ถ่ายเทความร้อนได้น้อยที่สุด หากผู้สร้างบ้านคำนึงถึงหลักการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิภายในบ้านเย็นสบาย การใช้พลังงานต่างๆก็จะลดลง มีส่วนช่วยในการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืนได้

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรมีการทดลองในช่วงเวลากลางคืน เพื่อเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องหลังคาสีต่างๆ

5.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบกระเบื้องจากบริษัทต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สกว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นันทพันธ์ นภัทรานันท์ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะงานวิจัยดังกล่าวสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และ
สถานที่

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมวิจัย ศูนย์พลังงานทุกท่านที่คอย
เป็นกำลังใจให้กัน งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวง
พลังงาน. **เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.**
(อัตรสำเนา)
- [2] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.2535.**พระราชกฤษฎีกา**
กำหนดอาคารควบคุม.(อัตรสำเนา)
- [3] กลุ่มสาระการเรียนรู้ กลุ่มสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม.
(2551).**“ที่ตั้งประเทศไทย”**. [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา
[http://technology.phobphra.org/SocialStudies/013.](http://technology.phobphra.org/SocialStudies/013.htm)
htm. (9 เมษายน 2553)
- [4] บทความวิทยาศาสตร์.**“ความร้อนและอุณหภูมิต”**. [ระบบ
ออนไลน์]. แหล่งที่มา
[http://www.electron.rmutphysics.com/](http://www.electron.rmutphysics.com/sciencenews/index.php?option=com_content&task=view&id=201&Itemid=4)
sciencenews/index.php?option=com_content
&task=view&id=201&Itemid=4 (9 เมษายน 2553)
- [5] ยุทธ ไกยวรรณ .2548.**สถิติวิจัยทางเทคโนโลยี**
อุตสาหกรรม .กรุงเทพฯ:

การวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารไม้

Analysis heat transfer of wood wall

ปรีชา ฤทธิเดช*, พุทธิยะห์ เจงกา และศิริขวัญ จันทรมณี

*Email: p_rit@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารไม้ โดยการจำลองด้วย Ms Excel และการทดลอง จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การจำลองด้วย Ms Excel พบว่า แนวโน้มค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารไม้ทั้ง 3 แบบ ลดลงเมื่อความหนาของไม้อัดเพิ่มขึ้น โดยกรอบอาคารไม้สองชั้นบนุนนวนมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแบบที่ 1 และ 2 ผลการทดลองเพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารไม้ ทั้ง 3 แบบ พบว่า กรณีบ้านจำลองที่บ กรอบอาคารไม้ชั้นเดียวมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุด อุณหภูมิภายในต่ำสุด ส่วนบ้านจำลองช่องเปิด 10% นั้น กรอบอาคารไม้สองชั้นบนุนนวน จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำสุด มีอุณหภูมิภายในบ้านต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จาก Ms Excel โดยจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนลดลงเมื่อความหนาของไม้อัดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : กรอบอาคารไม้, การถ่ายเทความร้อน

1. บทนำ

ปัจจุบันตัวเลขการใช้พลังงานในอาคารบ้านเรือนมีอัตราสูงขึ้น จากข้อมูลตัวเลขทางเศรษฐกิจ ปี พ.ศ. 2544 การใช้พลังงานทางธุรกิจและที่อยู่อาศัยของประเทศโดยรวม มีการใช้พลังงานอยู่ในลำดับที่ 3 รองลงมาจากภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรม แนวโน้มการใช้พลังงานในสาขาบ้านและที่อยู่อาศัย เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องคิดเป็นอัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 1.7 ต่อปี (ในช่วงปี 2533 - 2543) ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้ไปกับการปรับอากาศภายในบ้าน เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยในบ้านอยู่อาศัย ด้วยเหตุนี้การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงเป็นเรื่องสำคัญและเร่งด่วน

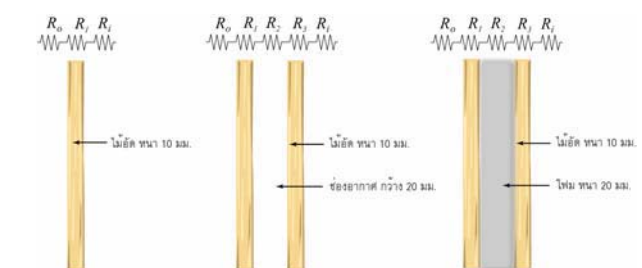
เพื่อลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศภายในบ้าน การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารในการสร้างบ้านมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิ และพลังงานความร้อนภายในบ้านได้ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกอาคาร หรือค่า OTTV และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร หรือค่า RTTV จะแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่ผ่านเข้ามาในอาคาร โดยขึ้นกับค่าการแผ่รังสีความร้อน และสภาพแวดล้อมของอาคาร

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดให้อาคารใหม่หรืออาคารที่สร้างหลังจากวันที่ 12 ธันวาคม 2538 จะต้องมีการ OTTV ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร ความหนาของกรอบอาคารและลักษณะของผนังที่เป็นกรอบอาคาร มีส่วนช่วยในการลดความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นทางกลุ่มวิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารไม้ โดยศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อน

จากภายนอกสู่ภายในอาคาร ซึ่งจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel หลังจากนั้น ทำการทดลองหาลักษณะของกรอบอาคารไม้ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ แล้วนำค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ลักษณะต่างๆมาเปรียบเทียบกับ ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้กรอบอาคารไม้ 3 แบบ ดังภาพที่ 1



กรอบอาคารไม้แบบที่ 1 กรอบอาคารไม้แบบที่ 2 กรอบอาคารไม้แบบที่ 3

ภาพที่ 1 แสดงด้านข้างของกรอบอาคารไม้ แบบที่ 1, 2 และตามลำดับ

2.1 การหาค่าการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารผ่านกรอบอาคารไม้ โดยการจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel

- 1) ศึกษาพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พุทธศักราช 2538
- 2) คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากสมการ

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(T_{Deq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_f)(WWR)(\Delta T)$$

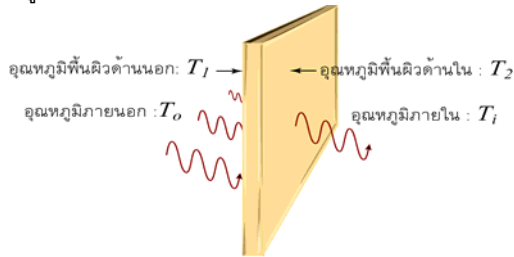
2.2 การทดลองหาประสิทธิภาพของกรอบอาคารไม้ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ต่ำ

- 1) เตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลอง
- 2) สำหรับการทดลองนี้มีตัวแปร ดังนี้
 1. ตัวแปรต้น ได้แก่ กรอบอาคารไม้แบบต่างๆ 3 แบบ
 2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของกล่องทดลอง
 - 2.2 อุณหภูมิภายในกล่องทดลอง
 3. ตัวแปรควบคุม
 - 3.1 กล่องทดลองปริมาตรภายในกล่อง 0.55 ลูกบาศก์เมตร
 - 3.2 สถานที่ทดลอง
 - 3.3 เวลาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองประกอบด้วยแบบจำลองอาคารไม้ 3 แบบ ดังนี้

1. กรอบอาคารไม้ชั้นเดียวหนา 10 มิลลิเมตร
2. กรอบอาคารไม้สองชั้นที่มีช่องว่างอากาศอยู่ตรงกลางกว้าง 20 มิลลิเมตร
3. กรอบอาคารไม้สองชั้นบุโฟมตรงกลางหนา 20 มิลลิเมตร

ในการทดลองวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือดิจิตอลเทอร์มิเตอร์ ทำการวัดอุณหภูมิ 4 ตำแหน่ง ได้แก่ อุณหภูมิภายนอก, อุณหภูมิภายใน, อุณหภูมิภายนอกพื้นผิวด้านนอก และอุณหภูมิพื้นผิวด้านใน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ

ทำการเก็บข้อมูล 3 วัน วันละ 4 ช่วงเวลา (11.00 น., 13.00 น., 15.00 น., 17.00 น.)

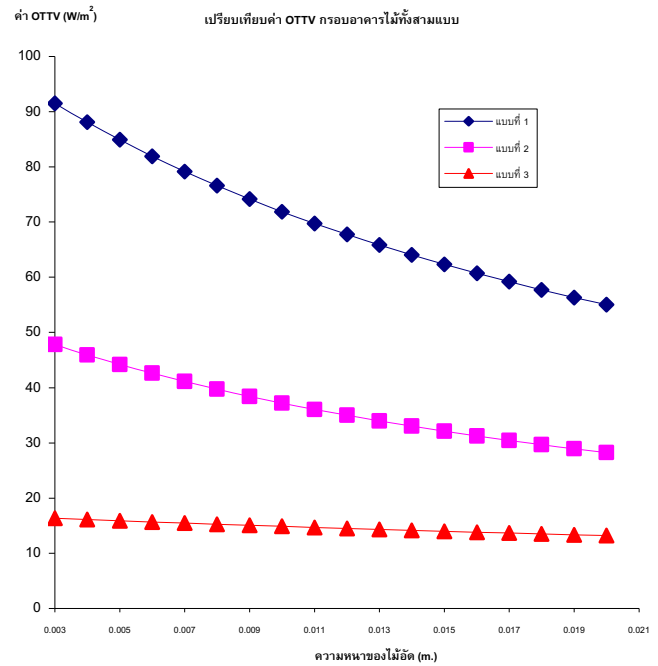
2.3 เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ลักษณะต่าง ๆ จากการจำลองและการทดลอง

นำข้อมูลจาก 2.1 และ 2.2 มาหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารไม้ทั้ง 3 แบบ ด้วยกราฟทางสถิติ เปรียบเทียบลักษณะกราฟทั้ง 2 แบบ

3. ผลการทดลอง

3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารผ่านกรอบอาคารไม้ โดยการจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel

แนวโน้มค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารไม้ทั้ง 3 แบบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาของไม้อัดเพิ่มขึ้น โดยกรอบอาคารไม้สองชั้นบุฉนวนมีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแบบที่ 1 และ 2 (ภาพที่ 3)

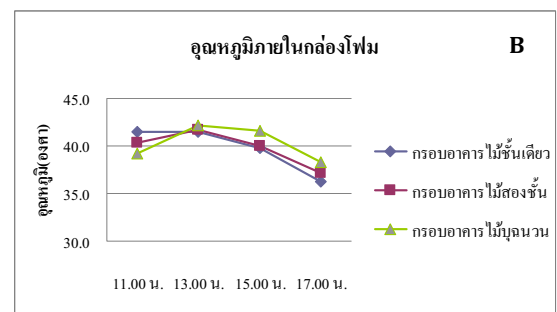
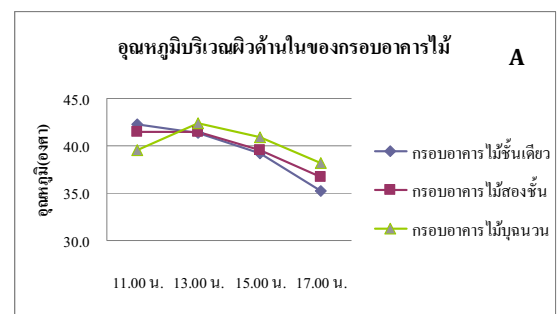


ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่า OTTV (จากโปรแกรม MS Excel) ของกรอบอาคารไม้แบบต่าง ๆ

3.2 หาลักษณะของกรอบอาคารไม้ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ต่ำ

1) การเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ทั้ง 3 แบบ กรณี กล้องทึบ

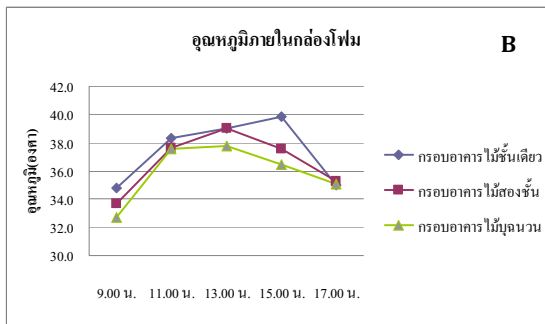
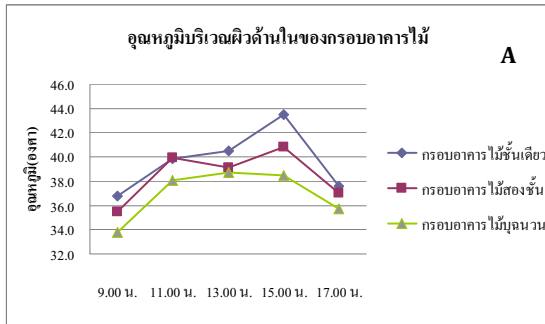
จากผลการทดลอง พบว่า ในช่วงเวลา 13.00 น.-17.00 น. อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวด้านในและอุณหภูมิภายในกล่องโฟมของกรอบอาคารไม้ชั้นเดียวมีอุณหภูมิต่ำสุด (ภาพที่ 4 A-B)



ภาพที่ 4 A-B กราฟแสดงอุณหภูมิของกรอบอาคารไม้กรณีกล้องทึบ

2) การเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ทั้ง 3 แบบ กรณี กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

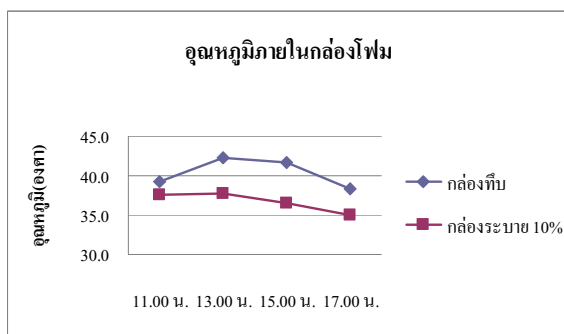
ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิบริเวณผิวด้านในและอุณหภูมิภายในกล่องโคมของกรอบอาคารไม้สองชั้นบุฉนวนมีอุณหภูมิต่ำสุด ในทุกช่วงเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 5 A-B)



ภาพที่ 4 A-B กราฟแสดงอุณหภูมิของกรอบอาคารไม้ กรณี กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

3) การเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้สองชั้นบุฉนวน กรณี กล้องทึบ และ กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิภายในกล่องโคมของกรอบอาคารไม้สองชั้นบุฉนวน กรณีกล้องทึบ และ กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน มีอุณหภูมิต่ำกว่ากรณีกล้องทึบ ในทุกช่วงเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในกล่องโคม ของกรอบ อาคาร ไม้สองชั้นบุฉนวน กรณี กล้องทึบ และ กล้องที่มีช่องเปิด 10% ของพื้นที่ผิวแต่ละด้าน

3) เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ ลักษณะต่าง ๆ จากการจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel และการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารไม้ลักษณะต่าง ๆ จากการจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel และการทดลอง ค่าที่ได้มีความสอดคล้องกัน คือ กรอบอาคารไม้สองชั้น บุป้องตรงกลางหนา 20 มิลลิเมตร มีการถ่ายเทความร้อนรวมน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ กรอบอาคารไม้สองชั้น ที่มีช่องว่างอากาศตรงกลางกว้าง 20 มิลลิเมตร และ กรอบอาคารไม้ชั้นเดียว หนา 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองเพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารไม้ ทั้ง 3 แบบ กรณีกล้องทึบ และกล้องที่มีช่องเปิด 10% นั้น พบว่า กรณีกล้องทึบ กรอบอาคารไม้ชั้นเดียวมีการถ่ายเทความร้อนสูงสุด อุณหภูมิภายในต่ำสุด ส่วนกล้องที่มีช่องเปิด 10% นั้น กรอบอาคารไม้สองชั้นบุฉนวน จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำสุด อุณหภูมิภายในต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนที่จำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel โดยจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนลดลงเมื่อความหนาของไม้อัดเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณา ถึง กรณีกล้องทึบ ที่ไม่เป็นไปตามแบบจำลองด้วยโปรแกรม Ms Excel อาจเนื่องมาจาก การแผ่ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกล่องโคม ซึ่งส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงตลอดเวลา ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีความคลาดเคลื่อน

5. ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบเซ็นเซอร์ บันทึกผลเข้าคอมพิวเตอร์โดยตรง เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอน ยิ่งตรงกว่านี้
2. สามารถเลือกวัสดุชนิดอื่นเป็นกรอบอาคาร และสามารถออกแบบกรอบอาคารในลักษณะต่างๆ ได้อีกหลายลักษณะ เพื่อสร้างองค์ความรู้เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการวิจัย สกว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่

ขอขอบพระคุณ ดร.นันทพัทธ์ นภัทรานันท์ และพี่เลี้ยงนายชาญวิทย์ บัวศรี นายพันศักดิ์ แซ่ก่า ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะ ตลอดจนการดูแลช่วยเหลือ ทุกๆ อย่าง จนงานวิจัยสำเร็จลงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

สิ่งแวดล้อม. พระราชบัญญัติกำหนดอาคาร

ควบคุม. กรุงเทพมหานคร, 2535

- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. การศึกษาสถานภาพการใช้พลังงานและแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (บ้านอยู่สบายประหยัดพลังงาน)
- [3] สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย(AIT). คู่มือการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน Energy Efficient Design Guideline. 2547
- [4] สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย(AIT). โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม. 25

ภาคผนวก ข
โปสเตอร์



ประสิทธิภาพการอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิ์ภาพ พิกุล เรียบเรียงและพิมพ์ ผอ.ศูนย์พลังงานแสงอาทิตย์



บทคัดย่อ การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแห้งตัวของมะม่วงและศึกษาประสิทธิภาพของตู้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ บัจจุบันต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้งและการเปรียบเทียบระยะเวลาของการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 42.91 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิภายนอกตู้อบเฉลี่ย 36.4 องศาเซลเซียส มะม่วงที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ จะแห้งตัวเร็วกว่ามะม่วงที่ตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติ ดังจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายที่ต่างกัน 1.0 %(wb) ใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ความเข้มแสงที่ผลิตได้มีค่า 19890.2 kJ/m²

ที่มาและความสำคัญ

มะม่วงเขียวเสวยในฤดูที่ผลิตออกมา มีจำนวนมากๆ ทำให้เกิดความต้องการของผู้บริโภค ราคาต่ำ ทำให้เกิดสภาวะฉัลดตลาด เมื่อบริโภคไม่หมดทำให้เกิดการสูญเสีย การนำไปแปรรูปสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะใหม่ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต จึงได้มีการศึกษาและนำพลังงานที่ได้จากธรรมชาติมาใช้เพื่อตอบสนองกับความต้องการของสภาวะในปัจจุบัน และเป็นการลดรายจ่ายจากการจัดการผลผลิตของชน ปัจจุบันเทคโนโลยีการแปรรูปมะม่วงมีหลายวิธี การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าของอาหารเนื่องจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย จึงได้นำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งมะม่วง ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่โดยมีการศึกษาปัจจัยในการอบ เช่น อุณหภูมิ เวลา ต่อการแห้งตัวของมะม่วง รวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการทดลอง



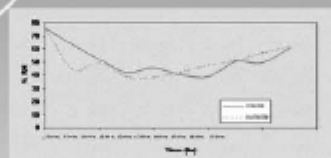
ตั้งเตาอบแห้งด้วย 1 วัสดุเคลือบกระจก 2 วัสดุเคลือบกระจก 3 วัสดุเคลือบกระจก 4 วัสดุเคลือบกระจก



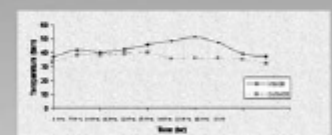
วัดอุณหภูมิและเก็บข้อมูลทุกชั่วโมง

ผลการทดลอง

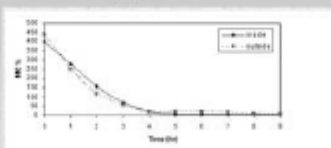
การทดลองการอบแห้งมะม่วงด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลองเป็นดังนี้



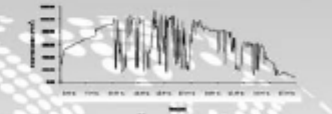
1 ค่าความชื้นสุดท้ายระหว่าง % ความชื้นต่อหน่วยน้ำหนัก (%) ด้วยเวลา



2 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และภายนอกตู้อบ



3 ความชื้นสุดท้ายของมะม่วงอบแห้งในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และเตาอบ



5 แสดงความเข้มของแสง ณ เวลาต่างๆ



สรุปผลการทดลอง

มะม่วงที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะแห้งตัวเร็วกว่ามะม่วงที่ตากด้วยวิธีทางธรรมชาติ จากค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายที่ต่างกัน 1.0 %(wb) ประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เวลา 9 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 9.99 % ตู้อบแห้งนี้สามารถอบมะม่วงเขียวเสวยในเวลา 6 ชั่วโมง ในขณะที่ตากแดดตามธรรมชาติใช้เวลาถึง 8 ชั่วโมง

โดย นางสาวกุดินันท์ สอวิท โรเรียนบ้านโคกสนวน อำเภอสามโก้ จังหวัดฉะเชิงเทรา

E-mail : shefong.n@gmail.com

[illegible]



การอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด ลมร้อน และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

The Mullet Fish Drying using Infrared Radiation Hot Air and Infrared Radiation -Hot Air

สมาน แสงสีห์¹ สุภาวรรณ ภูริระวีชัยกุล² และ สุพรรณ ภูริระวีชัยกุล³

¹โรงเรียนบ่มเพาะ โสภะนิลเสถ สหค.ปัตตานี เขต 1 ²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่



บทคัดย่อ



ปลากระบอก พบมีอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (Sub-tropical) สำหรับในประเทศไทยพบว่าพบที่จังหวัดสงขลา ปัตตานี และนราธิวาส มีการนำปลากระบอกมาทำการตากแห้งเพื่อถนอมอาหาร แต่เกิดศัตรูที่ติดประสมปัญหาในการเลือกของแห้งของปลากระบอก ระหว่างตากแดด และตากอากาศ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งปลากระบอกโดยใช้พลังงานความร้อน จากรังสีอินฟราเรด ลมร้อน และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นในตัวของปลากระบอก โดยการอบด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว ทารกทดลอง 3 ชุดอุณหภูมิที่ 70°C, 80°C และ 90°C ที่กำลัง 1000 W สรุปได้ว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ใช้ระยะเวลาการอบแห้งที่น้อยกว่าการอบด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว และสรุปได้ว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวมีความชื้นการเปลี่ยนแปลงหลังจากการอบแห้งที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วย ลมร้อน และรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ที่ 7.62 – 11.84 MJ/kg water evap.

วิธีการ

1) การเตรียมปลากระบอก

ปลากระบอกขนาดเฉลี่ย (20-25 ตัว/กิโลกรัม) แล้วทำการทำความสะอาด นำไปแช่กับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 กรัม เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง หลังจากนั้นมาทำความสะอาดที่ 282.16 – 361.80 % dry basis (มาตรฐานแห้ง) ซึ่งหาได้จากวิธี AOAC (1995)

2) การอบแห้ง

สถานะที่ 1 อบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C ที่กำลัง 1000 W
สถานะที่ 2 อบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C และความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1 + 0.1 m/s ที่กำลัง 1000 W
สถานะที่ 3 อบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C และความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1.0-1.2 m/s ที่กำลัง 1000 W

3) การหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงความชื้น

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) $MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$

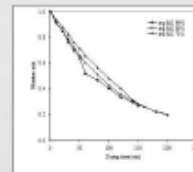
4) การคำนวณการคำนวณพื้นที่ผิวของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง

$$SBC = \frac{3.6E_p}{M_0 - M_e}$$

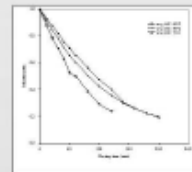
เมื่อ Min คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง (กิโลกรัม)

MF คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง (กิโลกรัม)

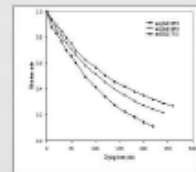
EP คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)



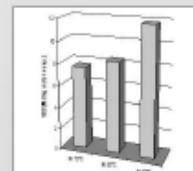
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด



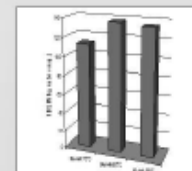
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน



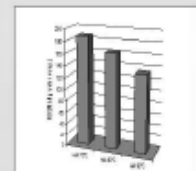
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและรังสีอินฟราเรด



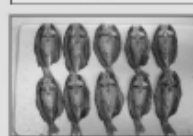
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด



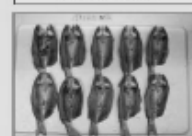
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน



กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและรังสีอินฟราเรด



ภาพแสดงปลากระบอกที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด



ภาพแสดงปลากระบอกที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน



ภาพแสดงปลากระบอกที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและรังสีอินฟราเรด

สรุปผลการทดลอง

- การทดลองวิจัยอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรด ร่วมกับลมร้อน ใช้ระยะเวลา ในการอบน้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวและใช้พลังงานน้อยกว่า
- ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงหลังจากการอบแห้งปลากระบอกด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว มีความชื้นเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานศูนย์สนับสนุนการวิจัย (สกว.) สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงานภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่แจ้งให้สถานที่ วัดดูปลากัดต่างๆ สำหรับทำโครงการ

อ้างอิง

- ปิยภรณ์ ปานกำนัล . การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและรังสีอินฟราเรด . 2552. รายงานวิจัยตามโครงการวิจัยพลังงาน สกว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ . สงขลา
- สมชาติ ไชยธรรมจักร . การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและอาหารทางประเทศ . 2535. คณะพลังงานและ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณพระ กรุงเทพฯ
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists (15th ed). Washington D.C., USA.
- Tirawanichakul, S., Na Phattabong, W. and Tirawanichakul, Y., 2008. Drying Strategy of Shrimp using Hot Air Convection and Hybrid Infrared Radiation/Hot Air Convection, Wahulak J. Sci&Tech. 5(1):77-100.
- Tirawanichakul, Y., Prachayannarakon, S., Tungtrakul, P., Chaiwatpongkarn, W. and Sopotunnarat, S. 2003. Experiments on In-store paddy drying under tropical climate: simulation and product quality. Drying Technology-An International Journal. 21(6): 1049-1064.





การอบแห้งใบข้าวด้วยรังสีอินฟราเรด

GUTO KOLA LEAF DRYING BY INFRARED RADIATION



ครูสลิลา ขาวเขียว¹ รศ.ดร.สุภาวรรณ ภูริวงษ์กุล² และรศ.ดร.ยุทธนา ภูริวงษ์กุล³

¹โรงเรียนบ้านดอนเงิน สทท.พะเยา เขต 2 ²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ อ.สงขลา

บทคัดย่อ

สมุนไพรท้องถิ่นในประเทศไทยสามารถทำให้เป็นพืชเศรษฐกิจและอาศัยภูมิปัญญาพื้นบ้านเพื่อคงคุณค่าทางสรรพคุณเอาไว้ ใบข้าวเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านไทยที่หาได้ง่ายในทุกรัฐและสามารถเพิ่มมูลค่าได้ อย่างไรก็ตามใบข้าวสดไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน สิ่งนี้จึงเป็นปัญหามาสนใจและเป็นวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ การทำใบข้าวอบแห้งเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจึงถูกดำเนินการ โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการอบแห้งของใบข้าว โดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ที่มีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในใบข้าว ทำการทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง คือ 50-70°C ที่กำลัง 500W 1,000W และ 1,500W ใบข้าวอบแห้งมีความชื้นสุดท้ายที่ 60.0 % มาตรฐานแห้ง สรุปได้ว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C กำลัง 1,500 W ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยที่สุด 30 นาที และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุดเท่ากับ 0.31 MJ/kg ของน้ำที่ระเหย คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันเมื่อสังเกตด้วยสายตา

วิธีทดลอง

1. การเตรียมใบข้าว นำใบข้าวมาล้างให้สะอาด หั่นไว้ให้สะอาด ตัดให้เหลือส่วนก้านและใบ นำไปตากขนาด 41.5x4.7x2 cm³ จำนวน 200 g เก็บไว้ที่ห้องทดลอง
2. การอบแห้ง ทำการทดลอง 4 สภาวะ คือ
สภาวะที่ 1 อบแห้งใบข้าวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
สภาวะที่ 2 อบแห้งใบข้าวโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50 °C 60 °C และ 70 °C ที่กำลัง 500 W
สภาวะที่ 3 อบแห้งใบข้าวโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50 °C 60 °C และ 70 °C ที่กำลัง 1000 W
สภาวะที่ 4 อบแห้งใบข้าวโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50 °C 60 °C และ 70 °C ที่กำลัง 1500 W
3. การทำอาหารทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้น
4. การคำนวณหาพลังงานสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง
5. การทดสอบคุณภาพของใบข้าว



เอกสารอ้างอิง

- 1) นนท ใสรัมย์, สุภาวรรณ ภูริวงษ์กุล, ภูริวงษ์กุล, 2552. การศึกษาเชิงลึกที่มีผลต่อคุณภาพการอบแห้งของข้าวโพด โดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด. งานประชุมวิชาการไทยเพื่อการพัฒนาประเทศไทยครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- 2) นนท ใสรัมย์, สุภาวรรณ ภูริวงษ์กุล, ภูริวงษ์กุล, 2553. การศึกษาเชิงลึกที่มีผลต่อคุณภาพการอบแห้งของข้าวโพด โดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด. งานประชุมวิชาการไทยเพื่อการพัฒนาประเทศไทยครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- 3) AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists (15th ed), Washington D.C., USA.
- 4) Tirawanchakul, S., N. Phattakul, W. and Tirawanchakul, V., 2008. Drying Strategy of Shrimp using Hot Air Convection and Hybrid Infrared Radiation/Hot Air Convection. WSEAS Trans. on Science, 5(13): 177-186.
- 5) Tirawanchakul, V., Prachayawong, S., Tungtrakul, P., Chaiwongkarn, W. and Soponcharern, S. 2005. Experiments on in-store paddy drying under tropical climate: duration and product quality. Drying Technology-An International Journal, 23(6): 1049-1064.

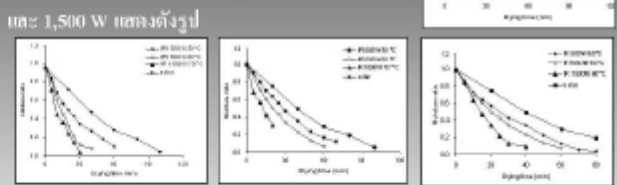
กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ
- ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุน

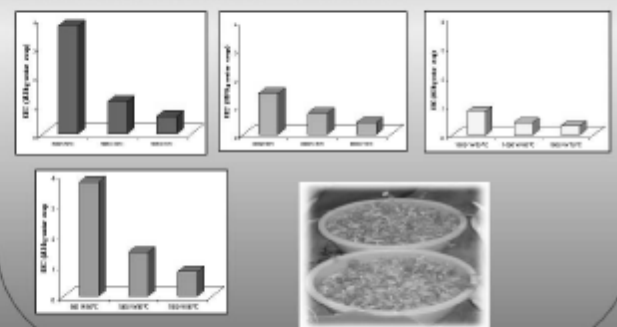
ผลการทดลอง

1. เปรียบเทียบการอบแห้งใบข้าว

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 50 °C 60 °C และ 70 °C โดยใช้รังสีอินฟราเรด 500W 1,000W และ 1,500 W แสดงดังรูป



2. การคำนวณพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง



สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองวิจัยอบแห้งใบข้าวด้วยรังสีอินฟราเรดที่ก่้างมากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่ก่้างน้อยที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน
2. ทำความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งใบข้าวด้วยรังสีอินฟราเรดที่มีก่้างสูงมีการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยกว่าการอบแห้งใบข้าวด้วยรังสีอินฟราเรดที่ก่้างต่ำ ซึ่งมีค่าความแตกต่างถึง 78.51%
3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบการบริโภคในข้าว ได้กำหนดการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.8 - 7.5) และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้ง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (7.1) ทุกสภาวะมีแนวโน้มการยอมรับที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งจะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลง สำหรับกลิ่น ของข้าวข้าว สรุปได้ว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่ก่้าง 500 W ทุกอุณหภูมิอบแห้ง ให้กลิ่นดีกว่าสภาวะอื่นๆ ทั้งหมด



เครื่องมือวัดความเร็วลมจากมอเตอร์

เจริญรัตน์ เจริญดี¹ ยุทธศาสตร์ ฮาดดา² และ ดวงแข เพชรเรือนทอง³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร 10600, ประเทศไทย



บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวัดความเร็วลมจากมอเตอร์ไฟฟ้าจากงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งเป็นการวัดความเร็วลมด้วยเครื่องมือวัดความเร็วลมที่ได้ออกมาโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C และเครื่องมือวัดความเร็วลมชื่อ Digital Tachometer รุ่น DT22368 และ มัลติมิเตอร์ชื่อ MITSUMI ไมโคร YX-360TR-3s วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน DCV ที่ระดับ 0.5V สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนได้ตั้งแต่ 0-50 และใช้ลมจากพัดลมความเร็วลมที่ผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้หลักการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนกับความเร็วลมที่สร้างขึ้นกับความเร็วลมเป็น $y = 0.214x + 0.6531$ และได้ออก $R^2 = 0.9944$ ความเร็วลมต่ำที่รูปเครื่องมือวัดได้คือ 1.5 เมตรต่อวินาที 25 รอบต่อวินาที และเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้สูงขึ้นถึง 50 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วลม 550 รอบต่อวินาที และได้ออกค่าเท่ากับ 0.33

ที่มาและความสำคัญ

โดยทั่วไปมอเตอร์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าให้มอเตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับมอเตอร์ที่สร้างโดยใช้ตัวนำไฟฟ้าจากหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะสามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้เอง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์



วิธีการทดลอง

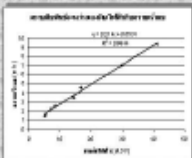


วิธีดอยกยพหฐฐฐ

เปิดพัดลมแล้วทำการวัดความเร็วลมด้วยเครื่องมือวัดความเร็วลมที่ได้ออกมาโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C และเครื่องมือวัดความเร็วลมชื่อ Digital Tachometer รุ่น DT22368 และ มัลติมิเตอร์ชื่อ MITSUMI ไมโคร YX-360TR-3s วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน DCV ที่ระดับ 0.5V สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนได้ตั้งแต่ 0-50 และใช้ลมจากพัดลมความเร็วลมที่ผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้หลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าให้มอเตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับมอเตอร์ที่สร้างโดยใช้ตัวนำไฟฟ้าจากหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะสามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้เอง



ผลการทดลอง



การพฒฒ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน 0.5V กับความเร็วลมในหน่วย m/s จากกราฟที่ 1 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนความเร็วลมในโปรแกรม Excel จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนกับความเร็วลมเป็นเส้นตรง และได้ค่าสมการแนวโน้มดังนี้

$$y = 0.214x + 0.6531$$

เมื่อ y แทนความเร็วลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)
x แทนแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (0.5V)
และได้ออก R^2 เท่ากับ 0.9944

สรุปผลการทดลอง

1. ความเร็วลมเริ่มต้นมีค่าได้เท่ากับ 1.5 m/s
2. อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมชื่อจะทำการวัดความเร็วลมคือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม ปรับ หมุนวัดไปที่ DCV ที่ระดับการวัด 0.5V
3. ช่วงสเกลหน้าปัดมัลติมิเตอร์ตั้งแต่ 0-50
4. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1.5 - 12 m/s
5. ค่าเท่ากับ 0.33

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ฐานันท์ศักดิ์ เทพธู และดร.กิตติพันธ์ บลิ้ววรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบคุณสวัสดีขอ เบื้องต้น ที่ต้องการข้อมูลพลังงานลมที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณเพื่อนครูวิจัยที่ให้การปรึกษาช่วยเหลือ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สถาบันกิตติกรรมประกาศ และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ออกให้โอกาสทุนสนับสนุนการวิจัย

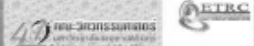
การแปลงหน่วยจากแรงดันไฟฟ้าเป็นความเร็วลม

การแปลงหน่วยความเร็วลมที่ได้ออกมาโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C และเครื่องมือวัดความเร็วลมชื่อ Digital Tachometer รุ่น DT22368 และ มัลติมิเตอร์ชื่อ MITSUMI ไมโคร YX-360TR-3s วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน DCV ที่ระดับ 0.5V สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนได้ตั้งแต่ 0-50 และใช้ลมจากพัดลมความเร็วลมที่ผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้หลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าให้มอเตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับมอเตอร์ที่สร้างโดยใช้ตัวนำไฟฟ้าจากหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะสามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้เอง



รูปสทกบหนนนำปดมดมิเตอร์

จากรูปสทกบหนนนำปดมดมิเตอร์ที่ได้ออกมาโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ Microprocessor Digital Meter รุ่น AM-4836C และเครื่องมือวัดความเร็วลมชื่อ Digital Tachometer รุ่น DT22368 และ มัลติมิเตอร์ชื่อ MITSUMI ไมโคร YX-360TR-3s วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน DCV ที่ระดับ 0.5V สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนได้ตั้งแต่ 0-50 และใช้ลมจากพัดลมความเร็วลมที่ผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้หลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าให้มอเตอร์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับมอเตอร์ที่สร้างโดยใช้ตัวนำไฟฟ้าจากหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เมื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะสามารถสร้างเครื่องมือวัดความเร็วลมได้เอง





การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการดกและกำจัดยางเหนียวด้วยคลื่นอัลตราโซนิก Biodiesel Production from Degumming and Deacid of Crude Palm Oil By Ultrasonic Wave



ชนะศึก โห้เชือก*, กำพล ประทีปชัยกุล

โรงเรียนจิตรลดาวิทยาคาร อำเภอจิรรัตน์ จังหวัดบึงกาฬ 38130 E-mail : lae_1111@hotmail.com

*ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลนับว่าเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้จากแหล่งธรรมชาติที่มีมากมายและยังเป็นที่เก็บกักพลังงานไว้ได้จากการทำปฏิกิริยาการกลั่นตัวและการกลั่นตัวโดยการใช้ความร้อนและใช้พลังงานเสียงเพื่อให้เกิดผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาขั้นตอนการกลั่นตัวและการกลั่นตัวโดยการใช้ความร้อนและใช้พลังงานเสียงเพื่อให้เกิดผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาขั้นตอนการกลั่นตัวและการกลั่นตัวโดยการใช้ความร้อนและใช้พลังงานเสียงเพื่อให้เกิดผลผลิตตามที่ต้องการ

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, ปฏิกิริยาการกลั่นตัว, เครื่องกลั่นตัว

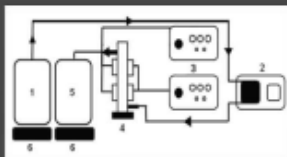
บทนำ

ไบโอดีเซลผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาการกลั่นตัวและการกลั่นตัวโดยการใช้ความร้อนและใช้พลังงานเสียงเพื่อให้เกิดผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาขั้นตอนการกลั่นตัวและการกลั่นตัวโดยการใช้ความร้อนและใช้พลังงานเสียงเพื่อให้เกิดผลผลิตตามที่ต้องการ

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, ปฏิกิริยาการกลั่นตัว, เครื่องกลั่นตัว

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องกลั่นตัวไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานเครื่องกลั่นตัวไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (1 : ถังเก็บ, 2 : ปั๊ม, 3 : เครื่องกลั่นตัว, 4 : เครื่องกลั่นตัว, 5 : ถังเก็บ, 6 : ถังเก็บ)



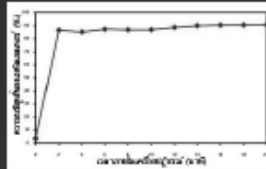
รูปที่ 2 ชุดการทดลองกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ขั้นตอนการผลิต



ผลการทดลองและอภิปรายผล

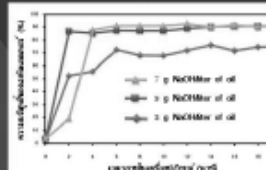
จากการศึกษาผลของเวลาต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ 23% โดยปริมาตร, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 g NaOH/liter of oil แล้วนำน้ำมันไบโอดีเซลมาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC-FID ผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลการทดลองที่แสดงว่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์

ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ 16, 23, 30 % โดยปริมาตร และนำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ ผลดังรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 พบว่าปริมาณเมทิลเอสเตอร์ของเมทิลเอสเตอร์ โดยเมื่อใช้ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ 23 % โดยปริมาตรจะได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 90.77 หลังจากนั้นก็ได้นำผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา (NaOH) ต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ 23 % โดยปริมาตร พบว่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ที่ 3, 5, 7 g NaOH/liter of oil และนำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ ผลดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดลองที่แสดงว่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์

จากรูปที่ 6 พบว่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ โดยที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 7 g NaOH/liter of oil จะได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์เท่ากับร้อยละ 91.52 และใช้การทดลองเพื่อเปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ระหว่างน้ำมันปาล์มดิบกับน้ำมันเครื่องอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 40°C, ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ 23 % โดยปริมาตร, ตัวเร่งปฏิกิริยา 7 g NaOH/liter of oil ได้ผลดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ผลการทดลองที่แสดงว่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้	ค่ามาตรฐาน
ความหนาแน่น (g/cm ³)	0.92	0.91-0.93
ปริมาณน้ำในน้ำมัน (%) w/w	0.28	ไม่เกิน 0.2
ค่าความหนืด (cSt @ 40°C)	0.58	ไม่เกิน 0.5
จุดหลอม (°C)	15	-3 - 12
จุดเดือด (°C)	9	-15 - 18

เมทิลเอสเตอร์ 23 % โดยปริมาตร, ตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 7 g NaOH/liter of oil และจากการทำปฏิกิริยาแบบหมุนวนแล้วนำไบโอดีเซลที่ได้มาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์โดยการใช้เครื่อง TLC-FID ได้ผลดังรูปที่ 7

การวิเคราะห์ผล

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนจิตรลดาวิทยาคาร อำเภอจิรรัตน์ จังหวัดบึงกาฬ (ภจว.) ได้รับคำปรึกษาและข้อเสนอแนะจาก ดร.กำพล ประทีปชัยกุล, นายนฤชัย คุ้มภัย, และนายสุวิทย์ จันทร์ศรี ตลอดจนได้รับการช่วยเหลืออุปกรณ์ และสถานที่ จากสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่


 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการลดกรดและกำจัดยางเหนียวด้วยคลื่นไมโครเวฟ
 Biodiesel Production from Degum and Deacid of Crude Palm Oil By Microwave
 นิตยา น้อยนันท์
 โรงเรียนบ้านหลักด่าน อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์ 67260
 *E-mail : prettyya_thailand@hotmail.com


บทคัดย่อ

เพื่อจะลดต้นทุนของกระบวนการปรับปรุงผลิตภัณฑ์สูงมาก ทั้งนี้เพราะราคาของน้ำมันสูง การผลิตใช้วิธีซึ่งจะเป็นที่ง่ายและปลอดภัยที่สุดคือใช้กรดแก่ๆ น้ำฟอสฟอริก น้ำเบสที่เข้มข้น มีสารบางชนิดจะเป็นพิษที่มีอันตรายที่จะปล่อยสู่โพรงอากาศหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้โดยทั่วไปไม่เกิดประโยชน์แต่จะมีปัญหาใดๆ โดยกระบวนการทางเคมีของสารที่คิดจะแยกสารใช้โครมาท โกลด์สปีนโครมาทสามารถช่วยเวลาในการทำปฏิกิริยาได้ทันทีด้วยวิธีที่มีผลต่อความปลอดภัยของมนุษย์ซึ่งมีข้อบกพร่องคือ ปริมาณของกรดของน้ำมันของเหลวหรือของแข็ง ปริมาณของสารปฏิกิริยาเวลาในการทำปฏิกิริยา และค่าของค่าโครมาท ซึ่งจะสามารถทดลองอย่างกว้างที่สภาวะต่างๆ ปฏิกิริยา NaOH 5 g NaOH liter of oil, ปริมาณของกรด ร้อยละ 24 โดยปริมาตร, เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาทีและค่าของค่าโครมาทระหว่าง 3 (400) สามารถผลิตของผลของสารที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 96.5 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ : ใบโอติเซต ปฏิบัติการแทนที่เอททอริโกลัน โมโกรเวฟ

บทนำ

[illegible]

วิธีการดำเนินการวิจัย

វិស័យសេវា ការងារ ធនធានមនុស្ស ក្នុងស្ថាប័នសាធារណៈ

น้ำหนักแห้งเฉลี่ยที่ผ่านการทดสอบจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.28 โดยมีค่าจำกัด ข้อผิดพลาด ไมตรอนไนต์(95% commercial grade), ไบโกลาพินไมตรอนไนต์(95% commercial grade) และนาตอล(98% commercial grade), นาลอเทรอกซ์ SCHOTT DURAN ขนาด 500 ml และไฮโดรเจน ฟลูออไรด์ R-247 (max 800 บาร์ 2450 Hz)

การดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการประจำปี ๒๕๖๓

สาร 2-8 ผลิตโดย Libras ใน EB-3200H เพื่อใช้ในการวิเคราะห์, ใช้กับ TLC/FID (thin layer chromatography / flame ionization detector) Mitsubishi Kagaku Iatron, Inc. ปะเกดกับใน MK-6s เพื่อใช้ตรวจสอบปริมาณของ

เบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่พบใน mini pour / closed point tester TANAKA รุ่น MPC - 102A วัดค่าจุดหลอมเหลว Karl Fischer coulometer METTLER TOLEDO รุ่น DL39 วัดปริมาณน้ำในน้ำมัน Stirling hotplate favorit รุ่น HS0707V2 และ เครื่องผสม BRAND รุ่น Lot B 80 (เครื่องวัด) หมายเหตุ

การดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการ

การแยกและวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์จากยาฆ่าเชื้อ TLC/FID (Hexane, Diethyl ether, Formic acid ในอัตราส่วน 50:20:6.3 โดยปริมาตร, Hexane, Benzene ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร), การไทเทรตเพื่อหาการสลายตัวของยาฆ่าเชื้อ (พินอพิคติน, โซโซโนรามาบลู, 6.1M NaOH, 6.1M KOH)

ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นไมโครเวฟ

[illegible]

NOTY9884

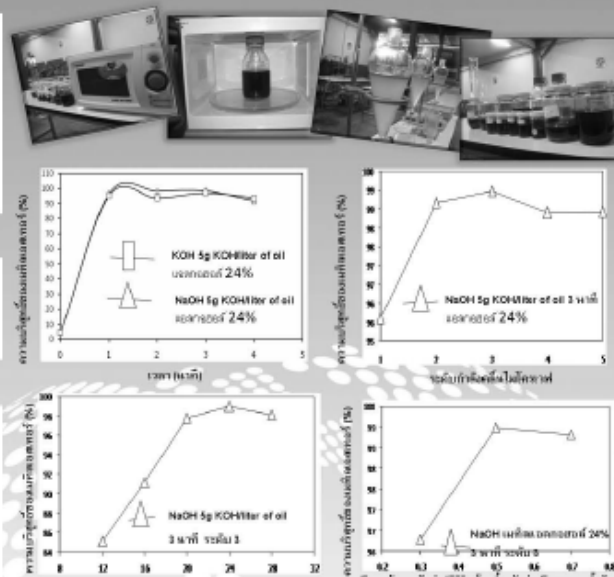
[illegible]

สรุปผลการทดลอง

[illegible]

พิธีกรรมประเพณี

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากโครงการวิจัย สำนักบริหารกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สท.ก.) ได้รับคำปรึกษาและแนะนำตลอดการดำเนินงานจาก รศ.กษิณี ประทีปโชติกร, นายชุตม์ สมนึก และนายสุรชัย อัมพาศรี ตลอดจนได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์ และสถานที่จากภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีขอนแก่น



สำหรับเครื่องมือสำหรับการคำนวณ (ใบโออีเจดทชช) พ.ศ. 2549

คุณสมบัติของ ปูนปลั๊กดิน	ค่าที่ได้	ค่ามาตรฐาน
ร้อยละความชื้นของดินเมื่อใช้ทดสอบ	ร้อยละ 97.19	ไม่ต่ำกว่า 96.5
ค่าความดัน (kg/cm ²)	584	ไม่ต่ำกว่า 580 และ
สิ้นขายเมื่อมีน้ำหนัก (g/cm ³)	2.38	ไม่เกิน 0.2
อุณหภูมิ (°C)	13	-3 -12
อุณหภูมิ (°C)	9	-15 -10

การเรืองแสงได้ (yield) 86.4%



ผลของขนาดอนุภาคต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารอินทรีย์

Effect of particles on the Biogas Production From Organic Foodwaste

กิตติชัย ปัญญารมย์¹ ทิพย์สุดา วงศ์กลาไสย² นริวัฒน์ บุรวิศิษฐ์³ และ สุเมธ ไชยประพัทธ์⁴

Kittichai Panyarom¹ Tipsuda Wongkasai² Teerawat Buravisi³ and Sumate Chaiprapat⁴

¹โรงเรียนบึงโจฬงวิทยาเขต สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 3 E-mail:kittichai.panyarom@hotmail

²โรงเรียนเทศบาลวัดกลาง จังหวัดมหาสารคาม E-mail:tipsudalame@hotmail.com

³โรงเรียนเบ็ญที่ตุ้ม 2 ซองเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ E-mail:kaibonman@hotmail.com

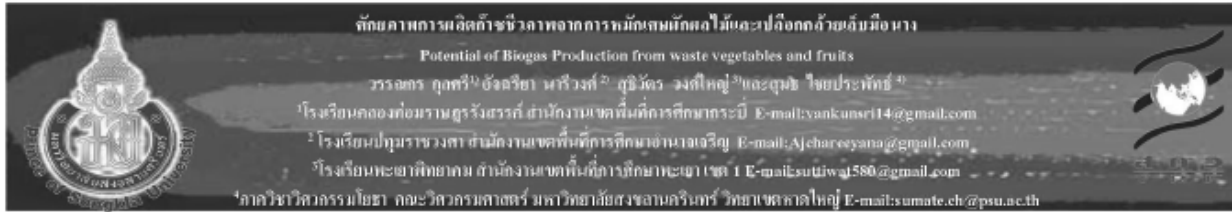
⁴อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

E-mail:sumate.ch@pru.ac.th



บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารอินทรีย์และไม้คอก ที่ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระดับ 5% โดยใช้การหมักแบบกะเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพสูง โดยนำเศษอาหารอินทรีย์และไม้คอกมาบดและผ่านเครื่องบดที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน คือ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, 38.4, 76.8, 153.6, 307.2, 614.4, 1228.8, 2457.6, 4915.2, 9830.4, 19660.8, 39321.6, 78643.2, 157286.4, 314572.8, 629145.6, 1258291.2, 2516582.4, 5033164.8, 10066329.6, 20132659.2, 40265318.4, 80530636.8, 161061273.6, 322122547.2, 644245094.4, 1288490188.8, 2576980377.6, 5153960755.2, 10307921510.4, 20615843020.8, 41231686041.6, 82463372083.2, 164926744166.4, 329853488332.8, 659706976665.6, 1319413953331.2, 2638827906662.4, 5277655813324.8, 10555311626649.6, 21110623253299.2, 42221246506598.4, 84442493013196.8, 168884986026393.6, 337769972052787.2, 675539944105574.4, 1351079888211148.8, 2702159776422297.6, 5404319552844595.2, 10808639105689190.4, 21617278211378380.8, 43234556422756761.6, 86469112845513523.2, 172938225691027046.4, 345876451382054092.8, 691752902764108185.6, 1383505805528216371.2, 2767011611056432742.4, 5534023222112865484.8, 11068046444225730969.6, 22136092888451461939.2, 44272185776902923878.4, 88544371553805847756.8, 177088743107611695513.6, 354177486215223391027.2, 708354972430446782054.4, 1416709944860893564108.8, 2833419889721787128217.6, 5666839779443574256435.2, 11333679558887148512870.4, 22667359117774297025740.8, 45334718235548594051481.6, 90669436471097188102963.2, 181338872942194376205926.4, 362677745884388752411852.8, 725355491768777504823705.6, 1450710983537555009647411.2, 2901421967075110019294822.4, 5802843934150220038589644.8, 11605687868300440077179289.6, 23211375736600880154358579.2, 46422751473201760308717158.4, 92845502946403520617434316.8, 18569100589280704123486863.6, 37138201178561408246973727.2, 74276402357122816493947454.4, 148552804714245632987894908.8, 297105609428491265975789817.6, 594211218856982531951579635.2, 1188422437713965063903159270.4, 2376844875427930127806318540.8, 4753689750855860255612637081.6, 9507379501711720511225274163.2, 19014759003423441022450548326.4, 38029518006846882044901096652.8, 76059036013693764089802193305.6, 152118072027387528179604386611.2, 304236144054775056359208773222.4, 608472288109550112718417546444.8, 1216944576219100225436835092889.6, 2433889152438200450873670185779.2, 4867778304876400901747340371558.4, 9735556609752801803494680743116.8, 19471113219505603606989361486233.6, 38942226439011207213978722972467.2, 77884452878022414427957445944934.4, 155768905756044828855914891889868.8, 311537811512089657711829783779737.6, 623075623024179315423659567559475.2, 1246151246048358630847319135118950.4, 2492302492096717261694638270237900.8, 4984604984193434523389276540475801.6, 9969209968386869046778553080951603.2, 19938419936773738093557106161903206.4, 39876839873547476187114212323806412.8, 79753679747094952374228424647612825.6, 159507359494189904748456849295225651.2, 319014718988379809496913698590451302.4, 638029437976759618993827397180902604.8, 1276058875953519237987654794361805209.6, 2552117751907038475975309588723610419.2, 5104235503814076951950619177447220838.4, 10208471007628153903901238354894441676.8, 20416942015256307807802476709788883353.6, 40833884030512615615604953419577766707.2, 81667768061025231231209906839155533414.4, 163335536122050462462419813678311066828.8, 326671072244100924924839627356622133657.6, 653342144488201849849679254713244267315.2, 1306684288976403699699358509426488534630.4, 261336857795280739939871701885297706926.08, 522673715590561479879743403770595413852.16, 104534743118112295975948680754119082770.32, 209069486236224591951897361508238165540.64, 418138972472449183903794723016476331081.28, 836277944944898367807589446032952662162.56, 167255588988979673561517889206590532432.51, 334511177977959347123035778413181064865.02, 669022355955918694246071556826362129730.04, 1338044711911837388492143113652724259460.08, 2676089423823674776984286227305448518920.16, 5352178847647349553968572454610897037840.32, 10704357695294699107937144909221794075680.64, 21408715390589398215874289818443588151361.28, 42817430781178796431748579636887176302722.56, 85634861562357592863497159273774352605445.12, 171269723124715185726994318547548705210890.24, 342539446249430371453988637095097410421780.48, 685078892498860742907977274190194820843560.96, 1370157784997721485815954548380389641687121.92, 274031556999544297163190909676077928337424.38, 548063113999088594326381819352155856674848.76, 1096126227998177188652763638704311713349697.52, 2192252455996354377305527277408623426699395.04, 4384504911992708754611054554817246853398790.08, 8769009823985417509222109109634493706797580.16, 17538019647970835018444218219268987413595160.32, 35076039295941670036888436438537974827190320.64, 70152078591883340073776872877075949654380641.28, 140304157183766680147553745754151899308761282.56, 280608314367533360295107491508303798617522565.12, 561216628735066720590214983016607597235045130.24, 112243325747013344118042996603321519447009026.48, 224486651494026688236085993206643038894018052.96, 448973302988053376472171986413286077788036105.92, 897946605976106752944343972826572155576072211.84, 1795893211952213505888687945653144311152144423.68, 3591786423904427011777375891306288622304288847.36, 7183572847808854023554751782612577244608577694.72, 14367145695617708107109503565225154489217155389.44, 28734291391235416214219007130450308978434310778.88, 57468582782470832428438014260900617956868621557.76, 114937165564941664856876028521801235913737243115.52, 229874331129883329713752057043602471827474486231.04, 459748662259766659427504114087204943654948972462.08, 919497324519533318855008228174409887309897944924.16, 1838994649039066637710016576348819774619795889848.32, 3677989298078133275420033152697639549239591779696.64, 7355978596156266550840066305395279098479183559393.28, 14711957192312533101680132610790558196958367118786.56, 29423914384625066203360265221581116393916734237573.12, 58847828769250132406720530443162232787833468475146.24, 117695657538500264813441060886324465575666936950292.48, 235391315077000529626882121772648931151333873900584.96, 470782630154001059253764243545297862302667747801169.92, 941565260308002118507528487090595724605335495602339.84, 1883130520616004237015056974181191449210670991204679.68, 3766261041232008474030113948362382898421341982409359.36, 7532522082464016948060227896724765796842683964818718.72, 15065044164928033896120455793449531593685367929637437.44, 30130088329856067792240911586899063187370735859274874.88, 60260176659712135584481823173798126374741471718549749.76, 120520353319424271168963646347596252749482943437099499.52, 241040706638848542337927292695192505498965886874198999.04, 482081413277697084675854585390385010997931773748397998.08, 964162826555394169351709170780770021995863547496795996.16, 1928325653110788338703418341561540043991727094993591992.32, 3856651306221576677406836683123080087983454189987183984.64, 7713302612443153354813673366246160175966908379974367969.28, 15426605224886306709627346732492320351933816759948735938.56, 30853210449772613419254693464984640703867633519897471877.12, 61706420899545226838509386929969281407735267039794943754.24, 123412841799090453677018773859938562815470534079589887508.48, 246825683598180907354037547719877125630941068159179775016.96, 493651367196361814708075095439754251261882136318359550033.92, 987302734392723629416150190879508502523764272636719100067.84, 1974605468785447258832300381759017005047528545273438200135.68, 3949210937570894517664600763518034010095057090546876400271.36, 7898421875141789035329201527036068020190114181093752800542.72, 15796843750283578070658403054072136040380228362187505601085.44, 31593687500567156141316806108144272080760456724375011202170.88, 63187375001134312282633612216288544161520913448750022404341.76, 12637475000226862456526722443257708832304182689750004480868.32, 25274950000453724913053444886515417664608365379500008961736.64, 50549900000907449826106889773030835329216730759000017923473.28, 101099800001814899652213779546061666658433461518000035847946.56, 202199600003629799304427559092123333316866923036000071695893.12, 404399200007259598608855118184246666633733846072000143391786.24, 808798400014519197217710236368493333267467692144000287735772.48, 1617596800030383994435420472736986666534935384288000575471544.96, 3235193600060767988870840945473973333069870768576000114943089.92, 6470387200121535977741681890947946666139741537152000229886179.84, 12940774400243071955483363781895893332279483074304000459772359.68, 2588154880048614391096672756379178666455896614860800091954471.36, 5176309760097228782193345512758357332911793229721600183908942.72, 1035261952019445756438669102551671466582358645944320036781788.44, 2070523904038891512877338205103342933164717291888640073563576.88, 4141047808077783025754676410206685866329434583777280147127153.76, 8282095616155566051509352820413371732658869167554560294254307.52, 16564191232311132103018705640826743465317738335109120588508615.04, 3312838246462226420603741128165348693063547667021824117701723.08, 6625676492924452841207482256330697386127095334043648235403446.16, 13251352985848905682414964512661394772254190668087296470806892.32, 26502705971697811364829929025322789544508381336174592941613784.64, 53005411943395622729659858050645579089016762672349185883227569.28, 106010823886791245459319716101291158178033525344698371766455138.56, 21202164777358249091863943220258231635606705068939674353291027.12, 42404329554716498183727886440516463271213410137879348706582054.24, 84808659109432996367455772881032926542426820275758697413164108.48, 169617318218865992734911545762065853084853640551517394826328216.96, 339234636437731985469823091524131706169707281103034789652656433.92, 67846927287546397093964618304826341233941456220606957930531286.84, 135693854575092794187929236609652682467882912441213915861062573.68, 271387709150185588375858473219305364935765824882427831722125147.36, 542775418300371176751716946438610729871531649764855663444250294.72, 1085550836600742353503433892877221459743063299529711326888500589.44, 2171101673201484707006867785754442919486126599059422653777001178.88, 4342203346402969414013735571508885838972253198118845307554002357.76, 8684406692805938828027471143017771677944506396237690615108004715.52, 1736881338561187765605494228603554335588901279247538123021600943.04, 3473762677122375531210988457207108671177802558495076246043201886.08, 6947525354244751062421976914414217342355605116990152492086403772.16, 13895050708489502124843953828828434684711210233980304984172807544.32, 2779010141697900424968790765765686936942242046796060996834561508.64, 5558020283395800849937581531531373873884484093592121993669123017.28, 11116040566791601699875163063062747747768968187184243987338246034.56, 22232081133583203399750326126125495495537936374368487974676492069.12, 44464162267166406799500652252250990991075872748736975949352984138.24, 88928324534332813599001304504501981982151745497473951898705968276.48, 177856649068665627198002609009003963964303490994947903797411936552.96, 355713298137331254396005218018007927928606981989895807594823873105.92, 711426596274662508792010436036015855857213963979791615189647746211.84, 1422853192549325017584020872072031711714427927959583230379295492423.68, 2845706385098650035168041744144063423428855855919166460758590984847.36, 5691412770197300070336083488288126846857711711838332921577181969694.72, 11382825540394600140672166976576253693715423423676665843154363939389.44, 22765651080789200281344333953152507387430846847353331686308727878778.88, 45531302161578400562688667906305014774861693694706663372617455757557.76, 91062604323156801125377335812610029549723387389413326745234911515115.52, 182125208646313602250754671625220059099446774778826653490



บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระหว่าง 5% โดยใช้การหมักแบบเปียกหรือการเติมวัสดุหมักครั้งเดียวในขวดหมักแบบ 1 L ปริมาณน้ำใช้จริง 0.5 L ระยะเวลาหมัก 10 วัน การหมักแบบแห้งระยะเวลาหมัก 9 วัน และการหมักแบบต่อเนื่องระยะเวลาหมัก 7 วัน จากการศึกษานี้พบว่า การทดลองหมักแบบเปียกมีประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง มีค่าเท่ากับ 60.27 % และ 68.28 % ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 1,439 mL และ 1,170 mL ตามลำดับ ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 57.56 mL/g และ 46.8 mL/g ตามลำดับ สรุปว่า เศษผักผลไม้มีความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าเปลือกกล้วยเส้นมือนาง การทดลองแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเปลือกกล้วยเส้นมือนาง เท่ากับ 41.14% ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 2,099 mL และการหมักแบบต่อเนื่องมีก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 158,200 mL

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, เปลือกกล้วย, เศษผักผลไม้

บทนำ

เศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเป็นส่วนหนึ่งของมูลฝอยอินทรีย์ ส่วนใหญ่มาจากส่วนที่ถูกล้างจากการรับประทานอาหาร มูลฝอยอินทรีย์สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือเพื่อการผลิตพลังงานได้ โดยการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่อยู่ในมูลฝอยให้เป็นก๊าซมีเทนโดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน

วิธีการทดลอง

เตรียมวัสดุที่ใช้สำหรับหมัก คือ เปลือกกล้วยเส้นมือนาง และเศษผักผลไม้ (เปลือกแตงโม, เปลือกกล้วย, เปลือกมะละกอ, เศษผักกาด, เศษผักกาดขาว, และเห็ดหูหนู) และเชื้อเริ่มต้น (มูลสุกร) จากนั้นนำวัสดุหมักมาให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนน้ำหนักแห้งเพื่อนำไปหาค่าความชื้น และคำนวณหาปริมาณน้ำหมักวัสดุหมัก โดยมีปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ 5% และวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุหมักเป็นตารางที่ 1 จากนั้นนำวัสดุที่ได้ไปหมักในระบบแบบเปียก แบบแห้ง และแบบต่อเนื่อง ทำการปรับ pH และวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันในแต่ละระบบ เป็นเวลา 10, 9 และ 7 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง

พารามิเตอร์	เศษผักผลไม้	เปลือกกล้วยเส้นมือนาง
Moisture Content (%)	90.09	30.40
pH	5.39	6.25
TG (mg/g wet)	93.77	165.10
VFA (mg/g wet)	2585	138.62

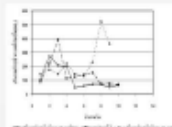
ผลการทดลอง

ผลการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง ดังตารางที่ 2 การหมักแบบเปียกมีค่า Alkalinity เท่ากับ 7,250 และ 5,188 mg/L as CaCO₃ ตามลำดับ ค่า VFA เท่ากับ 1,010 และ 341 mg/L as CH₃COOH ตามลำดับ และ ค่า VFA/Alkalinity ของชุดทดลองเศษผักผลไม้ และเปลือกกล้วยเส้นมือนาง มีค่าเท่ากับ 0.14 และ 0.07 ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักแบบเปียกและแบบแห้ง แสดงดังภาพที่ 4 ค่า pH ของชุดทดลองดังกล่าวที่ 5 กระทั่งปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 6 การหมักแบบต่อเนื่องมีปริมาณก๊าซชีวภาพต่อวันและสะสม ดังภาพที่ 4 และผลการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas production potential) จากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเส้นมือนางมีค่าเท่ากับ 57.56 mL/g และ 46.8 mL/g ตามลำดับ

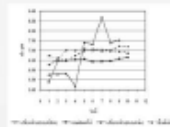
สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของวัสดุหมักในการทดลองหมักแบบเปียกแบบต่อเนื่อง

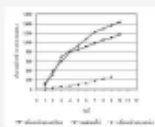
ลักษณะการหมัก	อุณหภูมิ	TS (%)		VS (%)		ค่าดัชนีความชื้น (g/g)	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	TG	VFA
แบบเปียก	35.0	35.0	16.0	68.0	12.0	93.77	165.10
แบบแห้ง	35.0	35.0	16.0	68.0	12.0	93.77	165.10



ภาพที่ 1 ปริมาณ pH ของระบบหมักแบบเปียก



ภาพที่ 2 ปริมาณ pH ของระบบหมักแบบแห้ง



ภาพที่ 3 ปริมาณ pH ของระบบหมักแบบต่อเนื่อง

จากการทดลอง พบว่าเศษผักผลไม้ ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากกว่าเปลือกกล้วยเส้นมือนาง และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการหมักเปลือกกล้วยเส้นมือนาง แบบเปียก แบบแห้ง และแบบต่อเนื่อง พบว่า การหมักแบบต่อเนื่องให้ปริมาณก๊าซชีวภาพต่อกรัมสูงสุด รองลงมาคือการหมักแบบเปียก สุดท้ายคือการหมักแบบแห้ง ดังนั้นการหมักแบบต่อเนื่องจะมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันมากที่สุด เพราะนอกจากจะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่สูงสุดแล้วยังสามารถเติมวัสดุหมักได้เรื่อยๆ

เอกสารอ้างอิง

- เบรียงศักดิ์ อรุณรัตน์, 2543. วิศวกรรมและการจัดการขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยรังสิต.
- ศูนย์ประสานงาน โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaibiogas.net/> เมื่อ 18 ธันวาคม 2552
- Chynoweth D.P. 1992. " Sequential Batch Anaerobic Composting of organic fraction of municipal solid waste," Water Science and Technology, Vol.25, No.7, pp.327-339

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) คณะกรรการส่งเสริมสิ่งแวดล้อม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่



การผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้ใบยางพาราร่วมกับมูลโค และมูลสุกร

Biogas Production from Rubber Leaves Co-digestion with Cattle Manure and Pig Manure



ไพฑล วงศ์กระโซ่

โรงเรียนหนองสูงสมคัวิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี
E-mail : born2belouis@gmail.com, born2belouis201@gmail.com



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการหมักร่วมกันระหว่างใบยางพารา ร่วมกับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพ โดยนำหมักในสภาวะไร้อากาศ ในขวดหมัก 1 ลิตร ปริมาตรใช้งานจริง 0.8 ลิตร ภายใต้ความดันหมักที่ 29 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ทำการเปรียบเทียบหมักแบบแยก (batch) หรือเติมครั้งเดียว โดยผลการทดลองที่ 1 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลโค 10% 30% และ 50% โดยน้ำหนัก และผลการทดลองที่ 2 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลสุกร ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลสุกร 10% 30% และ 50% โดยปริมาตร ทำการเก็บแก๊สโดยใช้ขวดไล่และวัดปริมาตรแก๊สทุก 2 วัน โดยการใช้แทนที่น้ำ (fluid displacement method) พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างใบยางพารากับมูลโค และมูลระหว่างใบยางพารากับมูลสุกรที่ 10% ผลิตแก๊สได้สูงสุด รองลงมา คือ 30% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนเกิดแก๊สสูงสุด (10%) พบว่า การหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค (1664.333 มิลลิลิตร) ผลิตแก๊สได้สูงกว่าใบยางพาราร่วมกับมูลสุกร (1322.33 มิลลิลิตร)

7

ที่มาและความสำคัญ

จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์พบว่า ปัจจุบัน ประเทศไทยมีปริมาณโค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ และขี้จิ้งจอกไม่ต่ำกว่า 214 ล้านตัว (เวกค วรศักดิ์, 2548) มูลของสัตว์ทั้ง 6 ชนิดนี้เป็นประเภทที่มีศักยภาพเพียงพอที่สามารถนำไปผลิตแก๊สชีวภาพได้ ซึ่งศักยภาพที่ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ประเมินพบว่า ในปี 2543 ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานจากมูลสัตว์ถึง 11,750 ล้านล้านจูล ตัวเลขในเชิงพลังงานนี้เทียบเท่ากับพลังงานความร้อนที่ได้จากน้ำมันดิบถึง 278 ล้านตัน หรือ เทียบเท่ากับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วปริมาณ 322 ล้านลิตร คิดเป็นเกือบครึ่งหนึ่งของน้ำมันดิบที่ใช้น้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศในปีเดียวกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโค มูลสุกร ร่วมกับใบยางพารา ซึ่งยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ในประเทศไทยที่สำคัญ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย และเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยสถิติพื้นที่ในการปลูกยางพาราตลอดปีพ.ศ. 2550 เป็นจำนวน 2,143,206 ไร่ และสถิติการปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นจากปี 2549 ถึงร้อยละ 71.83 (สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร, 2552) ซึ่งมีปริมาณใบยางพาราที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยมากเกษตรกรสวนยางจะปล่อยให้ย่อยสลายของตามธรรมชาติ การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโค มูลสุกร ร่วมกับใบยางพาราเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลจากการวิจัยที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในโรงงานชุมชนท้องถิ่น และสามารถเป็นสื่อการเรียนรู้ของโรงเรียนร่วมกับชุมชนได้ด้วย

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาลักษณะของวัสดุหมัก

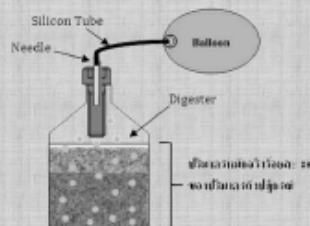
มูลโคและมูลสุกรสด จากโรงเรียนเลี้ยงสุกร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติและใบยางพารา จากบริเวณสวนยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ นำไปบดหั่นขนาดด้วยมือ รีดอุณหภูมิ เพื่อหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids, TSS)

2. การหมักแบบไร้อากาศต่อเนื่องปฏิบัติการ

1) การหมักมูลโค (C) ร่วมกับใบยางพารา (R) โดยใช้อัตราส่วน น้ำหมักใบยางพารา 40 กรัม ต่อมูลโค 4 กรัม (10%) 12 กรัม (30%) และ 20 กรัม (50%)

2) การหมักมูลสุกร (P) ร่วมกับใบยางพารา (R) โดยใช้อัตราส่วน น้ำหมักใบยางพารา 40 กรัม ต่อมูลสุกร 10% 30% และ 50% โดยปริมาตร

ทำการหมักแบบกะ (batch) หรือเติมวัสดุหมักครั้งเดียว ในสภาวะไร้อากาศ เป็นเวลา 12 วัน ภายใต้ความดันหมักที่ 29 ± 3 องศาเซลเซียส วัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) และ ทำซ้ำ ทุกๆ 2 วัน



แบบจำลองถังปฏิกรณ์หมักไร้อากาศแบบกะ (batch)



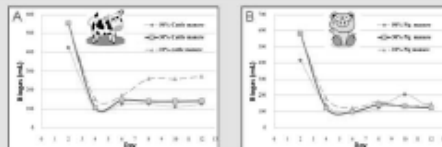
ชุดอุปกรณ์ถังปฏิกรณ์หมักไร้อากาศแบบกะ (batch) ซึ่งประกอบด้วยขวดหมักและถุงเก็บแก๊ส

ผลการทดลอง

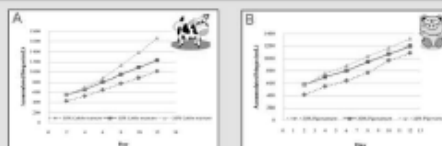
จากการวิเคราะห์สมบัติของมูลโคและมูลสุกรสดที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่า มูลโคมีพีเอช 5.23 และมูลสุกรมีพีเอช 5.56 ค่าของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) เท่ากับ 36.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solids, TSS) มีค่าเท่ากับ 22.12 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 1 ผลของพีเอชจากการหมักระหว่างใบยางพาราร่วมกับมูลโค (A) และมูลสุกร (B)



รูปที่ 2 ปริมาณแก๊สชีวภาพจากการหมักระหว่างใบยางพาราร่วมกับมูลโค (A) และมูลสุกร (B)



รูปที่ 3 ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมจากการหมักระหว่างใบยางพาราร่วมกับมูลโค (A) และมูลสุกร (B)

สรุปผลการทดลอง

อัตราส่วนผสมของการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่ 10% ให้เกิดแก๊สสูงสุด คือ อัตราส่วนผสม 10% รองลงมา คือ 30% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนเกิดแก๊สสูงสุด (10%) พบว่า การหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค (1664.333 มิลลิลิตร) ผลิตแก๊สได้สูงกว่าใบยางพาราร่วมกับมูลสุกร (1322.33 มิลลิลิตร)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากโครงการสววิจัย สว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้มอบเกียรติบัตร และสถานที่ ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสวง และว่าที่ ดร. อธิราช เวียงมรงค์ นักศึกษาปริญญาเอกและน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรมทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำ ตลอดจนดูแลช่วยเหลือทุกๆ อย่าง จนงานวิจัยสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, เว็บไซต์ <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=14> วันที่ 5 สิงหาคม 2553
- สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร, เว็บไซต์ <http://www.sriyag.go.th> วันที่ 6 เมษายน 2553
- คณะผู้, (พฤษภาคม 2551), ศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพ และหมักแบบต่อเนื่องจากมูลสุกรร่วมกับใบยางพาราแบบกะและแบบต่อเนื่อง, วิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยาลัยสงขลานครินทร์
- Ferre, J. Gomez, M. Alvarez, M. Ruiz, A. 2008. Pilot project of biogas production from pig manure and waste mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). Waste Management, 28 : 168-173
- Grubb, C.F., Duggar, G.T. and Liu, H.C. 1999. Biotechnology Wastewater Treatment, New York: Marcel Dekker, Inc.

