

รายงานผลการดำเนินการ
ประจำปีงบประมาณ 2555 (ปีที่ 7)
ระหว่างเดือน/ปี ตุลาคม 2554 ถึงเดือน/ปี กันยายน 2555
(เริ่มรับทุนในปีงบประมาณ 2554)

1. ชื่อสถานวิจัย

ภาษาไทย สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
ภาษาอังกฤษ Specialized Research and Development Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops

2. คณะ/หน่วยงานที่สนับสนุนสถานวิจัย

2.1 คณะ/หน่วยงานหลัก

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศูนย์ความเป็นเลิศสาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.2 คณะ/หน่วยงานร่วม (ระบุดังกล่าว/หน่วยงาน)

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. ชื่อผู้อำนวยการสถานวิจัย ภาควิชา/คณะ/หน่วยงาน

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4. ชื่อบุคลากรในสถานวิจัย (โปรดระบุให้ครบทุกคน)

การบริหารงานของสถานวิจัยสามารถจัดเป็นแผนภูมิบริหารจัดการได้ดังนี้

แผนภูมิบริหารจัดการ

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน

คณะกรรมการดำเนินการ DoE วิศวกรรมเคมี

โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
(รศ. ดร. สันต์ชัย กลิ่นพิกุล)

เทคโนโลยีการผลิตฯ
(รศ. ดร. ชาคริต ทองอุไร)

บุคลากรประจำในสถานวิจัย

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ภาควิชา/คณะ	ภาระงานในเครือข่าย วิจัยนี้ (ชั่วโมง/สัปดาห์)	ภาระงาน (ชั่วโมง/สัปดาห์)
1	รศ.ดร.ชาคริต ทองอุไร	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	ผู้อำนวยการ	40
2	นายเสถียร วาณิชวิริยะ	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	เจ้าหน้าที่วิจัย	40
3	นายธเนศ วยสุวรรณ	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	วิศวกรอาวุโส	40
4	นายทรงธรรม โพธิ์ถาวร	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	วิศวกร	40
5	นางสาวรวมพร นิคม	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	นักวิจัย	40
6	นายวรุตย์ คงกำเนิด	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	ผู้ช่วยนักวิจัย	40
7	นางสุทธิณี เกียรติวิระสกุล	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	เจ้าหน้าที่ประจำ โครงการ	40
8	นายสมหมาย โอชาพันธุ์	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	เจ้าหน้าที่ประจำ โครงการ	40
9	นางสาวสรานี ฉะนงเงิน	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	เจ้าหน้าที่ประจำ โครงการ	40
10	นางสรโรชา ศรีวิทยากุล	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	นักวิชาการ อุดมศึกษา	40
11	นายธนา แซ่หลี่	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน จากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน	ลูกจ้างโครงการ	40

5. วัตถุประสงค์

5.1 เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาการนำน้ำมันปาล์มมาผลิตเป็นไบโอดีเซลที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน พร้อมทั้งการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ เพื่อลดต้นทุนหรือเพิ่มมูลค่าให้สามารถดำเนินการได้เชิงพาณิชย์ และสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศด้านไบโอดีเซลอย่างยั่งยืน

5.2 เพื่อนำผลงานวิจัยและพัฒนาในข้อ 5.1 และโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มาทำการเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์และถ่ายทอดเทคโนโลยี สู่กลุ่มเป้าหมาย ทั้งเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดผลกระทบเชิงบวกด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อกลุ่มเป้าหมายเหล่านั้น

6. ทิศทางการวิจัย ในช่วง 5 ปี (ทิศทางการวิจัยหลัก)

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันและโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้กำหนดวิสัยทัศน์ กลยุทธ์และทิศทางการวิจัย ดังต่อไปนี้

วิสัยทัศน์

เป็นแหล่งความรู้ที่สมบูรณ์และทันสมัยที่สุดของประเทศด้านการวิจัยไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องครบวงจรแบบยั่งยืน

แผนกลยุทธ์

1. ทำการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านไบโอดีเซลอย่างครบวงจรร่วมกับสถาบันอื่นๆ เพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศอย่างยั่งยืน
2. ทำการวิจัยและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยและวิสาหกิจชุมชนสนองพระราชดำริ
3. ทำการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายทุกระดับ โดยก่อให้เกิดผลกระทบทางบวกเชิงเศรษฐกิจ และสังคม และเกิดการใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ

ทิศทางการวิจัยตามแผนยุทธศาสตร์

กลยุทธ์ที่ 1 ทำการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านไบโอดีเซลอย่างครบวงจรร่วมกับสถาบันอื่นๆ เพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศอย่างยั่งยืน

ประกอบด้วยทิศทางการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทำการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม รวมทั้งวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีอยู่ในประเทศ
2. ศึกษาวิจัยกรรมวิธีการผลิตไบโอดีเซลแบบต่างๆ รวมทั้งผลิตผลพลอยได้เพื่อเพิ่มมูลค่าหรือนำกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
3. ศึกษาวิจัยด้านคุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานสากลและวิธีการควบคุมการผลิตไบโอดีเซลอย่างมีประสิทธิภาพ
4. ศึกษาวิจัยด้านการผลิต การขนส่งและการตลาด(Logistic) และการทดสอบไบโอดีเซลให้เป็นที่ยอมรับของประชาชน

กลยุทธ์ที่ 2 ทำการวิจัยและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยและวิสาหกิจชุมชนสนองพระราชดำริ

ประกอบด้วยทิศทางการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทำการวิจัยการผลิตไบโอดีเซลด้วยอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้เงินลงทุนต่ำ เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถรวมกลุ่มกันลงทุนในระดับสหกรณ์และวิสาหกิจชุมชนได้
2. ทำการวิจัยการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่างๆ จากการสกัดน้ำมันปาล์มและการผลิตไบโอดีเซล เช่น การนำกากปาล์มไปผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ การนำกรดไขมันอิสระจากกระบวนการลดกรดมาผลิตเป็นไบโอดีเซล เป็นต้น

กลยุทธ์ที่ 3 ทำการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายทุกระดับโดยก่อให้เกิดผลกระทบทางบวกเชิงเศรษฐกิจ และสังคม และเกิดการใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ

ประกอบด้วยทิศทางการวิจัยดังต่อไปนี้

1. จัดสร้างโรงงานสาธิตและโรงงานต้นแบบขึ้น เป็นตัวอย่างให้กลุ่มเป้าหมายได้เข้ามาศึกษาหาความรู้ และเก็บข้อมูลอย่างสะดวก ซึ่งอาจจะเชื่อมโยงกับโครงการอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคใต้ และจัดสร้างที่ศูนย์การศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส
2. ทำการจัดสัมมนา ฝึกอบรม เผยแพร่เอกสาร ให้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยอาจจะใช้โรงงานสาธิตเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดเทคโนโลยี
3. ทำการประชาสัมพันธ์งานวิจัยที่คิดค้นขึ้น โดยผ่านทางสื่อต่างๆ หรือร่วมกับหน่วยงานต่างๆ อย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง

7. แผนการดำเนินงานของสถานวิจัยในปีงบประมาณต่อไป

7.1 ผลการดำเนินงาน

7.1.1 งานวิจัย

- 1) ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาถึงปฏิกิริยาชนิดแยกกลีเซอรอลอย่างต่อเนื่องเพื่อการผลิตเอทิลเอสเทอร์
เชิงอุตสาหกรรม

คณะผู้ดำเนินการวิจัย	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต	ทองอุไร	หัวหน้าโครงการ
	รองศาสตราจารย์ ดร.สัณห์ชัย	กลีนพิกุล	ผู้ร่วมโครงการ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร	สุธรรมานนท์	ผู้ร่วมโครงการ
	ดร.กิตติภูมิ	ศุภลักษณ์ปัญญา	ผู้ร่วมโครงการ
	นายอุทัย	ไทยเจริญ	ผู้ร่วมโครงการ
	นายชเนศ	วิยสุวรรณ	ผู้ร่วมโครงการ
แหล่งทุน	งบประมาณแผ่นดิน (วช.)		
งบประมาณ	2,000,000 บาท		
ระยะเวลาดำเนินโครงการ	1 ปี (เริ่ม เมษายน 2555)		

7.1.2 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

-

7.1.3 รายชื่อนักวิจัยใหม่ที่เข้าร่วมโครงการ

- | | | |
|------------------|----------------|-------------------------------|
| 1. ผศ. ดร.เสกสรร | สุธรรมานนท์ | ผู้ร่วมโครงการทุน วช. ปี 2555 |
| 2. ดร.กิตติภูมิ | ศุภลักษณ์ปัญญา | ผู้ร่วมโครงการทุน วช. ปี 2555 |
| 3. รศ.ดร.มิตรชัย | จงเขียวชำนาญ | ผู้ร่วมโครงการทุนวิจัย สนพ. |
| 4. นายกฤษฎา | พวงสุวรรณ | ผู้ร่วมโครงการทุนวิจัย สนพ. |

7.1.4 ผลงานที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

ระดับนานาชาติ

- 1) ชื่อบทความ Effect of Catalysts and their Concentrations on Biodiesel Production from Waste Cooking Oil via Ultrasonic-Assisted Transesterification
- ผู้นำเสนอ Prince N. Amaniampong
- ชื่อการประชุม การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 (TICChE International Conference 2011) หน้า 29-30
- สถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- วันที่ประชุม 10 – 11 พฤศจิกายน 2554

- 2) ชื่อบทความ Glycerine Phase Separation of Continuous Ethyl Ester Production
Comparing Between KOH and KOCH₃ Catalysts

ผู้นำเสนอ นางสาวสุวดี งามอิสระกุล
ชื่อการประชุม 4th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress
สถานที่ สิงคโปร์
วันที่ประชุม 21-24 February 2012

ระดับชาติ

- 1) ชื่อบทความ แบบจำลองไดอิเล็กตริกหลายชั้นของผลปาล์มสำหรับการอบแห้งด้วยวิธี
คลื่นไมโครเวฟ (Oil Palm Multilayer Dielectric Model for Microwave
Drying Technique)

ผู้นำเสนอ นายกฤษฎา พวงสุวรรณ
ชื่อการประชุม การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50
สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์
สถานที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
วันที่ประชุม 31 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2555

7.1.5 ผลงานที่ได้รับการอ้างอิงในวงวิชาการ

-

7.1.6 ผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อภาคประชาสังคม ภาครัฐ ภาคการผลิตและการบริการ/ ผลงานที่ถูกนำไปใช้ในภาคประชาสังคม ภาครัฐ ภาคการผลิตและการบริการ

-

7.1.7 การจดสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/รางวัล(ถ้ามี)

สิทธิบัตร

- 1) ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ การทอดผลปาล์มร่วนแบบต่อเนื่องสำหรับหีบ
น้ำมันปาล์มดิบ
เลขที่คำขอ 1203000082
วันยื่นคำขอ 26 มกราคม 2555
ชื่อผู้ประดิษฐ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร
และนายธนศ ้วยสุวรรณ
ประเภท อนุสิทธิบัตร
ยื่นขอในปี 2555

รางวัลผลงานวิจัย

-

7.1.8 งานวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในความดูแลของสถานวิจัย

ระดับปริญญาโท

1) หัวข้อวิทยานิพนธ์	สาเหตุการเกิดสเตอรอลกลูโคไซด์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวเจษฎาจารย์ แก้วชะฎา	
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผศ. ดร.สุกฤษฎิรา รัตนวิไล	80%
ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	20%
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555	
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)	
2) หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการผลิตสารลดแรงตึงผิวอัลคาโนลาไมด์จากเมล็ดในปาล์มในถังปฏิกรณ์แบบมีใบพัดกวน	
ชื่อนักศึกษา	นางสาววิมลวรรณ เวชกุล	
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ดร.สุรัสวดี กังสนันท์	80%
ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	20%
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555	
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)	
3) หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมทอกไซด์	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวรุ่งทิพย์ ชัยเดช	
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	80%
ที่ปรึกษาร่วม	ดร.สุรัสวดี กังสนันท์	20%
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555	
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)	

4) หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกในการผลิตไบโอดีเซล		
ชื่อนักศึกษา	นายอรรถพล โชโต		
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	80%	
ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ณัฐวรรณ กัดแก้ว	20%	
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555		
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)		
5) หัวข้อวิทยานิพนธ์	สาเหตุและแนวทางการลดเตอรอลกลูโคไซม์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวสิริพิชญ์ ส่งทวี		
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผศ. ดร.สุกฤทธิรา รัตนวิไล	80%	
ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	20%	
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555		
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)		

ระดับปริญญาเอก

1) หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาถังปฏิกรณ์ชนิดแยกกลีเซอรอลแบบต่อเนื่องสำหรับการผลิตไบโอดีเซล		
ชื่อนักศึกษา	นายทรงธรรม โพธิ์ถาวร		
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	80%	
ที่ปรึกษาร่วม	ดร.สุรัสวดี กังสนันท์	20%	
ปีที่เริ่ม	พ.ศ. 2555		
ปีที่เสร็จสิ้น	- (อยู่ระหว่างทำวิทยานิพนธ์)		

7.1.9 การเผยแพร่ความรู้ การจัดฝึกอบรม การจัดประชุมวิชาการ

1) งานบริการชุมชน

ในช่วงเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์ม และพืชน้ำมัน ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านบริการรณรงค์แก่หน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

วัน เดือน ปี	หน่วยงานที่ขอความอนุเคราะห์
16 พฤศจิกายน 2554	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซลเพื่อนำผู้มาเยือนชาวอินโดนีเซีย ชมทัศนียภาพภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เวลา 11.00 – 12.00 น.
28 พฤศจิกายน 2554	คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซลเพื่อนำผู้เข้าอบรมหลักสูตร Nursing Administration and Leadership ชมทัศนียภาพภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เวลา 15.00 – 16.00 น.
12 – 14 มกราคม 2555	เทศบาลนครสงขลา ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซลในงานมหกรรมความก้าวหน้าทางวิชาการและงานวันเด็กแห่งชาติ ประจำปี 2555 เพื่อบริการนำเด็ก เยาวชนและบุคคลทั่วไปเที่ยวชมบริเวณงานและสถานที่สำคัญทางธรรมชาติและประวัติศาสตร์ ณ บริเวณสระบัว แหลมสมิหลา และโรงเรียนเทศบาล 4 (บ้านแหลมทราย) จ.สงขลา
2 มีนาคม 2555	สโมสรนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซลเพื่อรับ-ส่ง นักศึกษาในการจัดงานการประชุมใหญ่สามัญ ประจำปีการศึกษา 2555 เวลา 08.30 น. – 10.00 น.
11 เมษายน 2555	ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซล นำนักเรียนและครูจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสตูล จำนวน 60 คน ที่เข้าร่วมโครงการคอมพิวเตอร์เพื่อน้อง รุ่นที่ 28 : การสร้าง e-card ด้วย Flash ชมทัศนียภาพในบริเวณมหาวิทยาลัย
1 มิถุนายน 2555	หน่วยระบอดวิทยา ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซล รับ-ส่งนักศึกษาชาวต่างชาติและชมทัศนียภาพในบริเวณมหาวิทยาลัยในวันปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ เวลา 08.30น. – 16.30น.
24 มิถุนายน 2555	กองกิจการนักศึกษา ชมรมการศึกษาเพื่อสังคม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซล นำนักเรียนโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านควนตะแบก จำนวน 35 คน ที่เข้าร่วมโครงการค่ายจุดประกาย ชมทัศนียภาพในบริเวณมหาวิทยาลัย
25-29 กรกฎาคม 2555	บริษัทพินาด้า ขอความอนุเคราะห์รณรงค์ไปโอดีเซล รับ-ส่งผู้มาเข้าร่วมงาน OTOP

วัน เดือน ปี	หน่วยงานที่ขอความอนุเคราะห์
	ทั่วไทย ชายแดนใต้ก้าวไกล เทิดไถ่องค์ราชินี ณ ศูนย์ประชมนานาชาติเฉลิมพระเกียรติฯ
9-12 สิงหาคม 2555	ชมรมซอฟท์บอลและเบสบอล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอความอนุเคราะห์รถรางไปโอดีเซล รับ-ส่งนักกีฬาในการแข่งขัน PSU SOFTBALL CUP ครั้งที่ 24 ตั้งแต่เวลา 07.30-18.30 น.

2.) การเยี่ยมชมดูงานจากหน่วยงานต่าง ๆ และบุคคลที่สนใจ

ในช่วงเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน ได้มีหน่วยงานต่างๆ และผู้ที่มีความสนใจในเรื่องกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เข้าชมโรงงานผลิตไบโอดีเซล ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หลายหน่วยงาน ดังนี้

วัน เดือน ปี	ชื่อ/ที่อยู่หน่วยงานที่เข้าชม
8 ธันวาคม 2554	โรงเรียนแสงทองวิทยา รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อการสร้างสรรค์ ขอนำนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โปรแกรมวิทย์-คณิต เข้าเยี่ยมชมดูงาน จำนวน 98 คน และครูผู้ควบคุมดูแล 4 คน เวลา 13.30 – 16.00 น.
23 มีนาคม 2555	ผู้บริหารจาก Riau University จำนวน 3 ท่าน เข้าเยี่ยมชมโรงงาน เวลา 13.00 น.
10 พฤษภาคม 2555	คุณวันชัย ทับทอง ขอเข้าศึกษาขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว/น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อประดับไว้เป็นความรู้ให้แก่ตนเอง
11 เมษายน 2555	ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอนำนักเรียนและครูจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสตูล จำนวน 60 คน ที่เข้าร่วมโครงการคอมพิวเตอร์เพื่อน้อง รุ่นที่ 28 : การสร้าง e-card ด้วย Flash เข้าทัศนศึกษาโรงงานต้นแบบไบโอดีเซลและชมทัศนียภาพในบริเวณมหาวิทยาลัย
17 พฤษภาคม 2555	อุทกวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอนำคณะผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ เข้าเยี่ยมชมหน่วยงาน เวลา 13.00น. – 13.30น.
15 สิงหาคม 2555	วิสาหกิจชุมชนไบโอดีเซลบางเสร่ ขอความอนุเคราะห์เข้าเยี่ยมชมโรงงานต้นแบบไบโอดีเซล เวลา 09.00 – 16.30 น.
25 สิงหาคม 2555	ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอนำนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 จำนวน 30คน รับฟังบรรยายในหัวข้อ biochemical aspects ของน้ำมันปาล์มและเทคโนโลยีการแปรรูปเวลา 08.30น. – 10.30น. และเข้าเยี่ยมชมดูงาน ณ โรงงานต้นแบบไบโอดีเซล เวลา 10.30น.-12.00น.
13 กันยายน 2555	โรงเรียนแสงทองวิทยา ขอนำนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โปรแกรมวิทย์-คณิต เข้า

วัน เดือน ปี	ชื่อ/ที่อยู่หน่วยงานที่เข้าชม
	เยี่ยมชมดูงาน จำนวน 102 คน และครูผู้ควบคุมดูแล 3 คน เวลา 13.30 – 16.00 น.

1.) การบริการให้คำปรึกษาแก่บุคคลที่สนใจ

ในช่วงเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์ม และพืชน้ำมัน ได้มีผู้ที่มีความสนใจในเรื่องกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เข้าขอรับคำปรึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้

วัน เดือน ปี	ชื่อ สกุลผู้ขอรับคำปรึกษา	รายละเอียดการให้บริการ
22 พฤศจิกายน 2554	นางสาวมณฑก ตันติปาลีพันธ์ (นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์ Palm Fatty Acid Distillated (PFAD) ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในตัวทำละลายชนิดต่างๆ เพื่อป้องกันเชื้อราบนไม้ยางพารา
16 ธันวาคม 2554	นายไวรัตน์ สุขลพานิช (นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์ถังน้ำมัน ขนาด 200 ลิตร จำนวน 1 ถัง เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาระบบอบแห้งสำหรับยางแผ่นฝั่แห้งด้วยพลังงานทดแทนความร้อนร่วม
11 มกราคม 2554	นายธงชัย วงษ์สุวรรณ (นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะ อุทกศาสตร์การเกษตร)	ขอความอนุเคราะห์กลีเซอรอล จำนวน 100 ลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การหมักร่วม ในสภาวะไร้อากาศของวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มและน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันชั้นเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ
30 มกราคม 2555	นางสาวกนกวรรณ เรืองวุฒิ (นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์กลีเซอรอลดิบ จำนวน 20 ลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ศึกษาผลของแป้ง ชนิดของกรด และอุณหภูมิในการผลิตพลาสติกชีวภาพ โดยมีกลีเซอรอลดิบจากการผลิตไบโอดีเซลเป็นองค์ประกอบ
1 กุมภาพันธ์ 2555	นายณัฐวุฒิ อังกรานันท์ (นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซล จำนวน 10 ลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบเครื่องไมโครเวฟเพื่อประยุกต์ใช้ในการแยกน้ำออกจากไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง
3 กุมภาพันธ์ 2555	นางสาววันกุศล ชนะสิทธิ์ (นักศึกษาระดับปริญญาตรี)	ขอความอนุเคราะห์กลีเซอรอลดิบ จำนวน 10 ลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การผลิตพอ

วัน เดือน ปี	ชื่อ สกุลผู้ขอรับคำปรึกษา	รายละเอียดการให้บริการ
	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์)	ลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตซึ่งเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแบคทีเรียโดยใช้กลีเซอรอลดิบเป็นแหล่งคาร์บอน
24 กุมภาพันธ์ 2555	นางสาวนฤตวรรณ สัญญาโณ (นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์ Heating Oil จำนวน 6 ลิตร น้ำมันปาล์มถูก จำนวน 10 ถูง เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การเก็บเกี่ยวและผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็ก
2 มีนาคม 2555	Mr.Hor Hosal (นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา)	ขอความอนุเคราะห์เก็บตัวอย่างน้ำเสียและของเสียกลีเซอรอล เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง Treatment of Oil Emulsion from Biodiesel Processing Waste by Coalescer Process
20 มิถุนายน 2555	นางสาวโสธรา สัมเขี้ยวหวาน (นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์ NaOCH จำนวน 3 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การผลิตกระดาษอย่างง่ายจากเปลือกกล้วยสดและจากผลผลิตเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอล
21 มิถุนายน 2555	นางสาวพุทธิพร คงนุ่ม (นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์เมทานอล และน้ำมันปาล์ม FFA จำนวนอย่างละ 10 ลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การประยุกต์ใช้เกล็ดปลาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสในการผลิตไบโอดีเซล
24 กรกฎาคม 2555	นางสาวรัตติยา ดังงา และนางสาวนันท์นภัส ผลเกตุ (มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)	ขอความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย การผลิตไบโอดีเซลจากกากไขมันเหลือทิ้ง โดยทำการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซล
17 สิงหาคม – 17 กันยายน 2555	นางสาวเศรษฐนรินทร์ เลิศสกุล (นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)	ขอความอนุเคราะห์เมทานอล จำนวน 30 ลิตรและ KOH จำนวน 100 กรัม เพื่อใช้ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบสร้างชุดเครื่องมือสำหรับผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสาหร่าย
10-11 กันยายน 2555	นางสาวฮายานา ตือบิงหมีะ, นางสาวรอฮานา ดอแม และนางสาวนุรมา ยูโซะ (นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)	ขอความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการ, อุปกรณ์, สารเคมี และเครื่องไมโครเวฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดน้ำมันไบโอดีเซลจากสาหร่ายตะไคร่น้ำ โดยทำการ

วัน เดือน ปี	ชื่อ สกุลผู้ขอรับคำปรึกษา	รายละเอียดการให้บริการ
	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา)	ผลิตไบโอดีเซลโดยวิธีทรานส์ฯ และตรวจสอบไบโอดีเซลแบบกะประมาณ

4) การจัดนิทรรศการ/การจัดอบรม

ในช่วงเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 ทางสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน ได้จัดนิทรรศการเพื่อเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านไบโอดีเซลดังนี้

4.1) การจัดนิทรรศการ มหกรรมพลังงานดับโลกร้อน ด้วยคำสอนพ่อ

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันให้ความร่วมมือ โดยจัดนิทรรศการแบบมีชีวิต ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เข้าชม ในวันที่ 24-28 พฤศจิกายน 2554 , คำแสด ริเวอร์ แคว รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี โดยผู้เข้าร่วมงานได้ปฏิบัติจริงในการทำไบโอดีเซลแบบเขย่ามือ ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการผลิต ตลอดจนการใช้งานของไบโอดีเซล โดยเฉพาะชุดสาธิตกระบวนการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำกับสารดูดซับ จะได้รับความสนใจจากอาจารย์และนักศึกษาเป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถลดน้ำเสียจากการล้างไบโอดีเซลและสามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้



4.2) การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการผลิตไบโอดีเซลขั้นพื้นฐานและขั้นสูง (รุ่นที่ 9)

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันจัดอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการผลิตไบโอดีเซลขั้นพื้นฐานและขั้นสูง (รุ่นที่ 9) ระหว่างวันที่ ในวันที่ 14-15 พฤษภาคม 2555 โดยอบรมภาคทฤษฎีและอบรมเชิงปฏิบัติการ ณ ชั้น 6 อาคารวิจัยวิศวกรรมประยุกต์ฯ, เยี่ยมชมโรงงานต้นแบบไบโอดีเซล ณ โรงงานต้นแบบไบโอดีเซล และเยี่ยมชมศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ โดยมีผู้สนใจเข้าร่วมอบรมหลักสูตรนี้ จำนวน 10 คน



7.2 แหล่งทุน (โปรดระบุชื่อแหล่งทุน โครงการวิจัย คณะผู้ดำเนินการ ระยะเวลาดำเนินการ และจำนวนเงินทุน)

- 1) ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาถังปฏิกรณ์ชนิดแยกกลีเซอรอลอย่างต่อเนื่องเพื่อการผลิตเอทิลเอสเตอร์เชิงอุตสาหกรรม

คณะผู้ดำเนินการวิจัย	รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร	หัวหน้าโครงการ
	รองศาสตราจารย์ ดร.สันหทัย กลิ่นพิกุล	ผู้ร่วมโครงการ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์	ผู้ร่วมโครงการ
	ดร.กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา	ผู้ร่วมโครงการ
	นายอุทัย ไทยเจริญ	ผู้ร่วมโครงการ
	นายชเนศ วยสุวรรณ	ผู้ร่วมโครงการ

แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน (วช.)

งบประมาณ 2,000,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินโครงการ 1 ปี (เริ่ม เมษายน 2555)

8. งบประมาณ

8.1 รายรับ 500,000 บาทต่อปี

8.2 ขอให้แนบสำเนาบัญชีสมุดเงินฝากมาพร้อมรายงานด้วย

8.3 รายการใช้จ่าย

	รายการ	รายรับ	ประมาณการ	รายจ่ายงวดที่ 1	รายจ่ายงวดที่ 2
1	ยอดเงินทุนคงเหลือยกมา	5,862.33			
2	ทุนสนับสนุนจาก DoE	500,000.00			
3	เงินสนับสนุนประกันสังคมจาก คณะ	5,484.00			
4	หมวดค่าจ้าง - ค่าจ้างลูกจ้างชั่วคราว		365,000.00	211,960.00	150,600.00
5	หมวดค่าตอบแทน		3,000.00		180.00
6	หมวดค่าใช้สอย - ประกันสังคมลูกจ้าง - พัฒนาบุคลากร - ค่าเดินทางไปราชการ - จ้างเหมาและบริการอื่นๆ - ค่าวิเคราะห์ - ค่ารับรองและพิธีการ		14,484.00 25,000.00 15,000.00 10,000.00 5,000.00 5,000.00	7,013.00 10,825.00 3,766.00 2,893.00	7,209.00 27,271.00 3,585.00 14,500.00 3,642.00
7	หมวดค่าวัสดุ		25,000.00	12,028.00	51,251.48
8	หมวดสาธารณูปโภค - ค่าโทรศัพท์ไปรษณีย์ ฯลฯ		6,000.00	2,022.57	2,386.57
9	หมวดครุภัณฑ์		20,000.00		
10	สำรองจ่ายเร่งด่วน		12,000.00		
	รวม	511,346.33	505,484.00	250,507.57	260,625.05

เงินทุนอุดหนุนคงเหลือ 213.71 บาท

9. Output ของเครือข่ายวิจัย (ระบุเฉพาะผลงานที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่รายงานเท่านั้น)
ตามเอกสารแนบ

11. ปัญหา อุปสรรค และ แนวทางการแก้ไข (เช่น กรณีที่ KPI ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย)

-

12. การประเมินผลการดำเนินงานของเครือข่ายวิจัย (กรณีเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์)

-

13. คำรับรอง ขอรับรองว่าผลงานที่รายงานในเอกสารชุดนี้ เป็นผลงานของสถานวิจัยและเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่รายงานจริง

(ลงชื่อ)



(รองศาสตราจารย์ ดร. ชاکริต ทองอุไร)

ผู้อำนวยการสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนฯ

14. ลายมือชื่อ ผู้อำนวยการสถานวิจัย และบุคลากรทุกคนในสถานวิจัย



รศ.ดร.ชاکริต ทองอุไร

ผู้อำนวยการสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนฯ



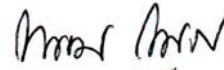
นายเสถียร วาณิชวีริยะ

หัวหน้าโรงงาน/เจ้าหน้าที่วิจัย



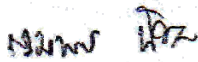
นายธเนศ วิยสุวรรณ

วิศวกรอาวุโส



นายทรงธรรม โพธิ์ถาวร

วิศวกร



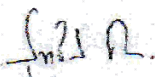
นางสาวรวมพร นิคม

นักวิจัย



นายวรุตย์ รักษำเนิด

ผู้ช่วยวิจัย



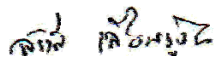
นางสุทธิณี เกียรติวีระสกุล


เจ้าหน้าที่ประจำโครงการ



นายสมหมาย โอ้ชาพันธ์

เจ้าหน้าที่ประจำโครงการ



นางสาวสรานี เจียนเงิน
เจ้าหน้าที่ประจำโครงการ


นางสรโรชา ศรีวิทยากุล
นักวิชาการอุดมศึกษา

นายธนา แซ่หลี่
ลูกจ้างโครงการ


15. คำรับรองและความเห็นของหัวหน้าภาควิชาและคณบดีต้นสังกัด (กรณีได้รับการสนับสนุนจากหลาย
คณะ/หน่วยงาน ขอให้สถานวิจัยจัดส่งรายงานผลการดำเนินการไปยังทุกคณะ/หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้วย)

(ลงชื่อ)


(รองศาสตราจารย์ ดร. ชاکริต ทองอุไร)

ผู้อำนวยการสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนฯ

(ลงชื่อ)


(ผศ. ดร.ราม แยมแสงสังข์)

ผู้อำนวยการสาขาความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมเคมี

ภาคผนวก

**ก. ผลงานการนำเสนอ
ระดับนานาชาติ**

Effect of Catalysts and their Concentrations on Biodiesel Production from Waste Cooking Oil via Ultrasonic-Assisted Transesterification

Prince N. Amaniampong¹, Chakrit Tongurai^{2,*}

¹ The Joint Graduate School of Energy and Environment, KMUTT, Bangkok, Thailand,

² Department of Chemical Engineering, Prince of Songkhla University HatYai Campus, Thailand

* Corresponding Author. Tel: (66) 812777072, E-mail: chakrit.t@psu.ac.th

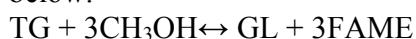
Abstract: Recent increase of biodiesel potential is not only in the number of plants, but also in the size of the facilities and the choice of catalysts used as well as the raw material feedstock in order to reduce the overall production cost of the biodiesel process. The tremendous growth in the biodiesel industry is expected to have a significant impact on the price of biodiesel feedstock and as such the need to use cheaper and readily accessible vegetable oil is now of great concern. The most commonly used technique for biodiesel production is via transesterification of vegetable oil using alkaline catalysts. Operating conditions including the catalyst formulation and concentration often affects biodiesel yield and oil conversion. Undesired soap formation often occurs during the application of alkaline catalyst. This study examined and evaluated the alkaline catalyst effects on biodiesel yield, soap formation and remained catalyst in the glycerol and Fatty Acid Methyl Ester phase in transesterifying methanol and Waste cooking oil in an ultrasonic reactor with an intensity of 0.467 W/cm^3 , rated voltage 200-240V, rated current 4A and rated frequency 50/60Hz, at different catalyst concentrations, reaction temperatures, and methanol-to-oil molar ratios. Four different alkaline catalysts, i.e., potassium hydroxide (KOH), sodium hydroxide (NaOH), potassium methoxide (CH_3OK), and sodium methoxide (NaCH_3O) were studied and compared on molar basis due to their difference in chemical molecular weight but their corresponding weight percent of catalysts (wt/wt%) was also mentioned. The ultrasonic equipment used for the transesterification reaction allowed for a continuous flow process rather than the usual production of batch process. It was observed that methoxide catalysts led to better biodiesel yields than hydroxide catalysts, near 100 wt. % biodiesel yield were only obtained with the methoxide catalysts. It was also observed that potassium-based catalysts resulted in higher soap formation than the corresponding sodium-based catalysts. According to the material balance of the process, yields losses were mostly due to saponification and methyl ester dissolution in glycerol. Due to the higher degree of dissociation of hydroxide catalysts, the reactions using sodium hydroxide and potassium hydroxide turned out faster while the methoxide catalysts remained longer in the reaction. Ultrasonication reduced the reaction time and resulted in an increased yield of biodiesel production. This technique also proved to be efficient, time saving.

Keywords: Biodiesel, Alkaline catalyst, Ultrasonication, Transesterification, Saponification, Waste Cooking Oil, Remained Catalyst.

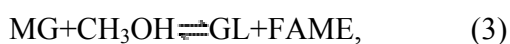
INTRODUCTION

Several ways have been demonstrated and researched for producing biodiesel from waste and virgin vegetable oils, base-catalyzed transesterification remains the most widely used method in biodiesel production. Among these Alkaline catalysts used in the biodiesel industry are sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH) flakes which are particularly inexpensive, easy to handle in transportation and storage and are mostly preferred by small producers. Sodium methoxide (NaOCH₃) and Potassium methoxide (KOCH₃), which are now commercially available, are preferred catalysts for large continuous-flow production processes. Biodiesel is produced chemically by reacting a vegetable oil or animal fat with an alcohol such as methanol and ethanol. It is a liquid fuel consisting of mono-alkyl esters of long chain fatty acids and can be used as a substitute for petroleum diesel fuel. It possesses similar cetane number, viscosity, and gross heat of combustion and phase changes to those of petroleum diesel fuel. It is very eco-friendly and has many advantages over petroleum diesel fuel. On combustion, it produces less smoke and particles, results in lower carbon monoxide release and also have lower emissions of hydrocarbons and no emissions of sulphur.[1-3]

The overall process of biodiesel production reaction consists of roughly three consecutive, reversible reactions in which monoglycerides and diglycerides are formed as intermediates and this reaction process is known as transesterification. The mechanism is shown below:



The stepwise reactions are:



Where TG is triglyceride, DG diglyceride, MG monoglyceride, GL glycerin, CH₃OH Methanol and FAME is the fatty acid methyl ester (biodiesel) [2, 3].

Due to the immiscibility of methanol and oil, the mixing efficiency is one of the most important factors to adjust in order to improve the yield of transesterification. Continuous and vigorous mixing is then required to increase the area of contact between the three phases: the oil, methanol and catalyst. This mixing process generally increase energy input for the biodiesel production. As a result, low frequency ultrasonic irradiation is known to be a useful tool in enhancing the mass transfer of liquid-liquid heterogeneous systems. It is seen as efficient, time saving and economically functional method to ensure faster biodiesel production process. Under this method, the transesterification can be carried out at low temperature, and smaller amounts of catalyst and methanol are needed as compared to the traditional mechanical agitation method. The transesterification reaction process can attain equilibrium in a short reaction time with a high yield of alkyl esters even at low temperatures under ultrasonic irradiation application method [1, 2, 4].

Ultrasonic mixing can produce smaller droplets of the reacting phases than conventional agitation, leading to a drastic increase in the interfacial area and improved mass transfer.

In effect, the mixing requirement during the whole reaction process is also significantly lowered or reduced, translating in reduced energy consumption. This process can also break down the catalyst into smaller particles to create new active sites for the subsequent reaction. Thus, the solid catalyst is expected to last longer in the ultrasonic –assisted process. [1]

The extent of transesterification and side reaction depends on the types of feedstock, catalyst formulation, catalyst concentration, reaction temperature, and methanol-oil-ratio. Free fatty acid and moisture content in the reactant mixture also play important roles in biodiesel production. Freedman et al. (1986) showed that NaOCH₃ is a more effective catalyst formulation than NaOH and almost equal oil conversion was observed at 6:1 alcohol-to-oil molar ratio for 1%wt NaOH and 0.5%wt NaOCH₃.

Because of the difference in the chemical molecular weights, the amount of methoxides available for each mole of triglyceride will differ at the same weight concentration. Therefore, the effective comparison of catalyst is often conducted based on the molar concentration of the catalyst formulation, not the weight concentration.

This study examined and evaluated the alkaline catalyst effects on biodiesel yield, soap formation and remained catalyst in the glycerol and Fatty Acid Methyl Ester phase in transesterifying methanol and Waste cooking oil in an ultrasonic reactor with an intensity of 0.467 W/cm³ at different catalyst concentrations, reaction temperatures, and methanol-to-oil molar ratios.

MATERIALS AND METHODS

CHEMICALS AND REAGENTS

Waste cooking oil and methanol were used in this research as the feedstocks. The waste cooking oil was obtained at the biodiesel pilot plant at the Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops (SAPO) at the Department of Chemical Engineering of the Prince of Songkla University, Songkla Thailand. The oil was treated to reduce the free fatty acid content to about 1.3%. The Methanol used was also of commercial grade. The four alkaline catalyst formulations used in this study were potassium hydroxide (KOH), sodium hydroxide (NaOH), potassium methoxide (KOCH₃), and sodium methoxide (NaOCH₃).

EXPERIMENTS

The experimental setup consists of a Heilscher Ultrasonic machine, with a reactor of 654ml capacity with an internal diameter 6.5 cm. The reaction temperature was monitored with the help of temperature sensor gun. The reactor was also well fixed to seal all gaps in order to reduce the losses of methanol due to evaporation. The Ultrasonic horn of frequency 20 KHz was dipped into the reaction mixture when the reactor was fulfilled with the reaction mixture. The horn has a diameter of 2.2cm. The four alkaline catalyst formulations used were potassium hydroxide (KOH) 90% purity purchased from UNID Co. Ltd. Korea, sodium hydroxide (NaOH) 98% purity purchased from AGC Chemical Co. Ltd Thailand, potassium methoxide (KOCH₃) (liquid solution of KOH in methanol) 32% purity, and sodium methoxide (NaOCH₃) (liquid solution of NaOH in methanol) 30% purity (0.2 – 0.3 mol/mol of Oil) although weight percent basis were also mentioned. Set pumps with rated flow rates were operated to feed the Oil and the

Methanol-Catalyst mixture into the reactor. The pellets of the hydroxide catalysts (KOH and NaOH) were first dissolved completely in methanol and then the mixture was fed into the reactor by the aid of the rated methanol pump, the time was noted as with the working retention time to full up the reactor and the reaction was carried out for 90mins. Samples from the reaction mixture were drawn at regular intervals for analysis. The liquid KOCH₃ and NaOCH₃ were also used for the reaction just as the hydroxide catalysts. The schematic diagram of the reaction setups is shown in Fig 1 below.



Fig 1. Schematic diagram of the reaction setup.

The different operating parameters used in this study include methanol to oil molar ratio (6:1 and 7:1), catalyst mole concentration (0.2 and 0.3) mol/mol of oil, temperature (55°C and 60°C), Retention time 7 min and 10 min). The ultrasonic amplitude was fixed at 75% with full cycle.

All experiments were repeated at least two times and the reported data are average of the individual runs for each set conditions. The reaction mixture was continuously passed through a condenser to reduce the temperature to about 25°C in order to slow down the reaction. The ester layer was then collected and separated from the glycerol layer in a separating funnel. Crude ester layer consisted of mainly of methyl ester, possibly of traces of unreacted oil and methanol, glycerol and catalyst residue and some amounts of produced soap. In the separating funnel, the ester phase was washed with 0.01% concentration of citric acid and hot water, until the washings were neutral. The ester layer was dried by heating at 90°C.

The experiments were compared on four process parameters: yield, total soap remained in the ester phase and Glycerol phase, total catalyst remained in ester and glycerol phase and Ester purity (% Ester).

The Ester purity was determined using the microwave proximate analysis. (Thailand petty patent No. 5060)

RESULTS AND DISCUSSION

Experiments were carried out by changing different process parameters.

Methanol to Oil Molar Ratio

Stoichiometrically, the methanolysis of vegetable oil requires three moles of methanol for each mole of oil. But since transesterification reaction is a reversible reaction, often excess methanol is required to shift the equilibrium towards the direction of ester formation. In this study, different oil to methanol molar ratios like 6:1 and 7:1 were studied. The reactions were carried out using 0.2 (mol/mol of oil) and 0.3 (mol/mol of oil) Sodium hydroxide, Potassium hydroxide, Sodium methoxide and Potassium methoxide catalysts for 1 hour at temperatures 55°C and 60°C. **Figure 2** and **3** shows the yield of biodiesel from waste cooking oil by using different types of molar ratio of oil to methanol and catalyst mol/mol of 6:1 and 0.2 mol/mol and 7:1 and 0.3 mol/mol respectively. When the molar ratio was increased to 7:1 as can be seen in figure 3, with catalyst 0.3 mol/mol of oil, the yield of the biodiesel also increased. KOCH₃, 0.3 mol (2.41 wt %) gave the highest yield of 98.58%, while Sodium methoxide (NaOCH₃), 0.3 mol (1.91 wt %) gave a yield of 97.06%.

Using molar ratio 6:1, as can be seen in figure 2, KOH catalyst (1.32 wt %) gave a yield of 92.8%, which is comparable to the work carried out by Babajide, O et al., (2009) obtained 93.4% conversion using methanol as the alcohol with Waste cooking oil to alcohol molar ratio of 1:6 and KOH (1.25 wt %). NaOH (0.94 wt %) catalyst also gave a yield of 90.78%, which is also comparable to the studies carried out by D. Kumar. H. D. Hanh et al. obtained about 90% conversion with 1.0 wt % of NaOH catalyst under the same reaction conditions as can be seen in figure 2. The yields obtained for the methoxide-base catalysts in figure 3, 7:1 molar ratio was higher than those obtained in figure 2, showing that the increase in molar ratio from 6:1 to 7:1 favored higher conversions as can be seen for the methoxide catalysts.

With a molar ratio of 7:1, KOH, 0.3 mol/mol (1.98 wt %) gave a yield of 90.78% which is comparable to the work carried out by Tan M. Phan et al., (2008) obtained 90% conversion using waste cooking oil and KOH at the same reaction conditions.

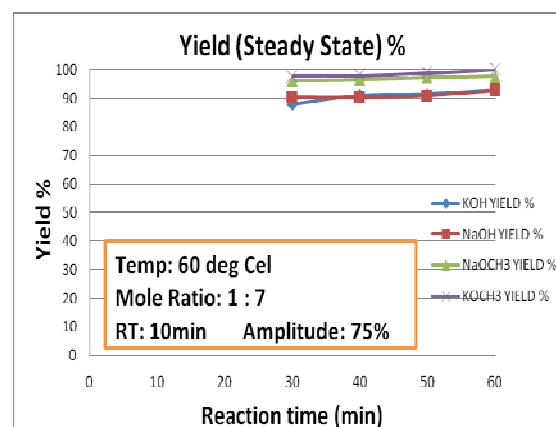
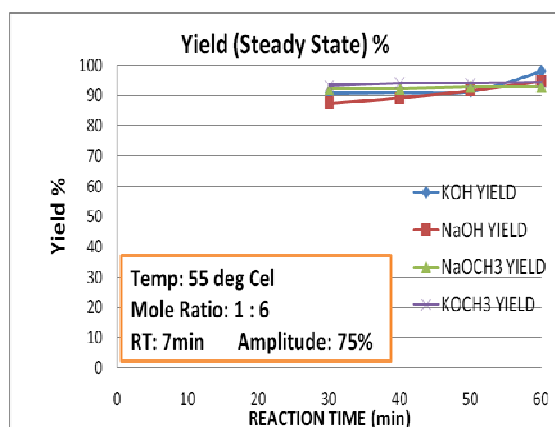


Fig 2. Conversion of triglycerides at 55°C, 7min 10min retention time, Molar ratio 6:1 and ultrasonic Amplitude 75%.

Fig 3. Conversion of triglycerides at 60°C, retention time, Molar ratio 7:1 and ultrasonic Amplitude 75%.

The yield of the process as seen in figure 2 and 3 was calculated in the basis of weight oil input (g) –to-weight of oil output (g).

Effects of different catalyst types on biodiesel production

Yield of biodiesel can be influenced by types of catalyst used in the reactions. In this experiment, four (4) types of catalyst were used; they are KOCH₃, NaOCH₃, NaOH and KOH. The reactions were carried out by using 0.2mol/mol and 0.3mol/mol although the catalysts weight percent were also mentioned, 6:1 and 7:1 methanol to oil molar ratio for 1 hour under ultrasound mixing at temperatures of 55 and 60 degrees Celsius.

Figure 2 and 3 shows biodiesel yield using the four different catalysts at the same concentrations on mol/mol basis and same reaction conditions. It was observed that, the methoxide-based catalysts gave higher biodiesel yields in both cases with KOCH₃ being the most active methoxide catalyst. The results in each graph below show that, methoxide catalysts gave higher yields as compared to their corresponding hydroxide catalysts. From **figure 2**, Potassium methoxide (KOCH₃) 0.2mol (1.62wt %) gave the highest yield of 94.06%. Among the hydroxide catalysts used, Potassium hydroxide gave a better yield of 92.8% as compared to the Sodium hydroxide catalyst which gave a yield of 90.78. Increasing of the methanol to oil molar ratio increases the yield of biodiesel production. When the molar ratio was increased to 7:1 as can be seen in figure 3, with catalyst 0.3mol/mol of oil, the yield of the biodiesel also increased. KOCH₃, 0.3mol (2.41wt %) gave the highest yield of 98.58%, while Sodium methoxide (NaOCH₃), 0.3mol (1.91wt %) gave a yield of 97.06%.

Table 1. Process evaluation parameters and experimental results, Retention time 7min for 0.2(mol/mol of oil), 6:1 methanol-to-oil molar ratio and temperature 55°C, and 10min for 0.3(mol/mol of oil), 7:1 methanol-to-oil molar ratio and temperature 60°C

Catalyst Formulation	Catalyst Concentration (mol/mol) %wt		Maximum Soap Possible (g)	Total Soap Formed (g)	Yield (%)	Total Soap Conversion (%)	Total Catalyst Remained (%)	Purity (%)
KOH	0.2	1.32	5.097	2.414	92.8±0.67	47.37	52.51	89.94
NaOH	0.2	0.94	4.825	2.285	90.78±0.98	47.36	44.54	83.44
NaOCH ₃	0.2	1.28	6.121	1.853	92.21±0.94	30.28	55.37	93.22
KOCH ₃	0.2	1.61	3.948	1.996	94.06±0.89	50.56	46.91	93.22
KOH	0.3	1.98	5.174	1.964	90.78±0.80	37.96	59.29	95.67
NaOH	0.3	1.42	4.933	1.787	91.09±0.76	36.23	54.10	85.03
NaOCH ₃	0.3	1.91	4.915	1.542	97.06±0.95	31.37	52.31	94.04
KOCH ₃	0.3	2.41	5.030	1.721	98.58±0.69	34.22	51.70	94.84

Effects of catalyst formulation on soap formation did not follow a clear trend. Generally, potassium-based catalysts resulted in higher soap formation than the corresponding sodium-based catalysts as can be seen in Table 1 above. The total catalyst remained in the glycerol phase as shown in the table above contributed to lower losses in yield since they were not converted to soap.

On the basis of the total soap formed, it can be observed that, though the maximum soap possible for each catalyst was different, the sodium-based catalysts all resulted in lower soap formation and conversion as compared to their corresponding catalysts.

KOH was found to have a significantly higher level of soap formation than the other three in both cases of reaction conditions and was the worst catalyst in terms of soap formation, increasing order of soap formation is shown as below;



Soap decreases with effective and better transesterification reaction resulting in better yield and better purity as well. The soap formation result shows that, when the retention time was increased to 10 minutes at temperature of 60°C, the total soap formation was lower as compared to the reaction conditions of 7 minutes retention time and 55°C temperature.

This phenomenon is due to the fact that the retention time of 10 minute gave a better exposure of the reactants (Oil and methanol-catalyst mixture) to the ultrasound waves in the reactor, resulting in better conversion and better purity as compared to the results obtained for the 7 minutes retention time ultrasonication. Likewise, Temperature also influenced the reaction rate and equilibrium for both reactions. The molar ratio however resulted in an unpredictable effect on saponification. Theoretically methanol as a catalyst carrier should not have any effect on soap formation.

At the same level of catalyst application, the catalyst concentration in the methanol phase was relatively high with lower methanol-to-oil ratio, which resulted in a higher diffusion rate of catalysts in the oil phase, thus a higher reaction rate with free fatty acids or triglycerides. While at higher methanol-to-oil ratio, the catalyst concentration was relatively low but the oil solubility in methanol increased, which should have a decrease in soap formation. The results showed a decrease in soap formation once the molar ratio was increased from 6:1 to 7:1.

Characterization of biodiesel

To determine if the biodiesel produced under the different experimental conditions met the specifications of the standard EN 14124 (2003), samples were submitted for series of tests.

Density

The standard for biodiesel states that the fuel should have a density between 0.860 and 0.900g/ml. This property is significantly important mainly in airless combustion systems because it influences the efficiency of atomization. The results obtained in this study showed that for all the conditions studied, the biodiesel produced in this study had a density in the range of 0.86405-0.86955g/ml.

Purity of the methyl esters phase

According to EN 14124 (2003), the minimum acceptable purity for biodiesel is 96.5% in methyl esters. To evaluate the conformity of the biodiesel produced to the European norm, samples were analyzed by microwave proximate analyses and GC. As can be seen in table 1, the influence of catalyst weight percent and methanol-to-oil molar ratio is clearly illustrated. Microwave proximate analyses was used to determine the purity of most of the biodiesel obtained where as Gas Chromatograph analyses was performed on KOH (0.3mol, 1.98wt %) catalyst with a column flow rate of 1.0ml/ minute at split ratio of 50:1, inlet temperature of 290°C, initial temperature of 210 °C and held for 12 minutes.

It was then ramp to 250 °C at 20 °C/min and held for 8 minutes. The column parameters used were FAME length 30m, 0.32mm I.D, film thickness 0.25µm, detector temperature 300 °C, hydrogen flow 30ml/min, air flow of 300ml/min and makeup flow of 25ml/min. the results obtained from this analysis is shown in table 2 below.

Table 2. Methyl ester purity, Condition: 10min Retention Time, Temperature 60°C, Methanol-to-oil molar ratio 7:1

Sample	% Ester content, (%RSD)	% Linolenic acid methyl ester content, (%RSD)
Biodiesel (Methyl ester)	95.61, (0.16)	0.19, (0.30)
Criteria	More than 96.5%	Less than 12%

It is therefore possible to conclude that the biodiesel purity increases when the alcohol/WCO and catalyst/WCO ratios are increased. The increased of the purity is the net result of an efficient removal of glycerol and sufficient reaction extent. It is worth noting that the acceptable EN 14124 purity could be achieved with a two step transesterification process. This study followed only a single step transesterification process and hence purities obtained were slightly lower than that stipulated by EN 14124 (2003).

CONCLUSION

The production of biodiesel from waste cooking oil is highly feasible by basic catalyzed transesterification and the biodiesel produced has the required quality to be a diesel substitute. The results from this work show that methoxide-based catalysts produce less soap and greater yield as compared to hydroxide catalysts used in this study. However, potassium –based soaps catalyst formulations resulted in higher soap formation than the corresponding sodium-based catalyst formulations. For the conditions of 6:1 methanol-to-oil molar ratio and 0.2mol/mol catalyst, KOCH₃ gave a higher yield of 94.06% but was a worse catalyst in terms of soap formation as compared to its corresponding methoxide catalyst, NaOCH₃. Also, for the conditions of 7:1 methanol-to-oil molar ratio and 0.3mol/mol catalyst, KOCH₃ again gave a higher yield of 98.58% and still yet was a bad catalyst in terms of soap formation as compared to NaOCH₃. Further studies could be undertaken to maximize the yield of KOCH₃ while ensuring a reduced soap formation and a better methyl ester purity that could meet the EN 1412 (2003) standards.

A two step ultrasonic transesterification is recommended for biodiesel production from waste cooking oil if high purity methyl ester is of major concern.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the contribution of the Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) for sponsoring this research study and also to the Specialized R & D Center for Alternate Energy from palm oil and oil crops (SAPO), faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai, Thailand for making available all the resources used in this research work. Special thanks go to my academic mentor and supervisor who saw to it that this research work was a success.

REFERENCES

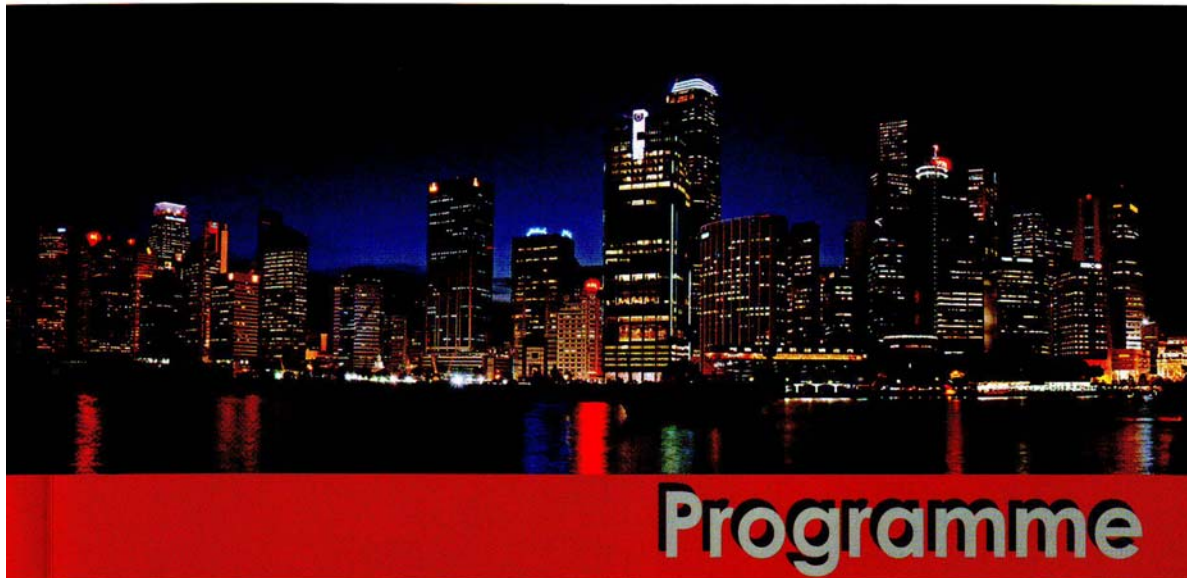
- [1] Mootabadi, H., Salamatinia, B., Bhatia, S., and Abdullah, A.Z. (2010) Ultrasonic- assisted biodiesel production from palm oil using alkaline earth metal as the heterogenous catalysts, *Fuel*, 89, pp. 1818-1825.
- [2] Thanh, T.L., Okitsu, K., Sadanga, Y., Takenaka, N., Maeda, Y., and Bandow, H. (2010) Ultrasonic-assisted production of biodiesel fuel from vegetable oils in a small scale circulation process, *Bioresource Technology*, 101, pp. 639- 645.
- [3] Stavarache, C., Vinatoru, M., and Maeda, Y. (2007) Aspects of ultrasonically assisted transesterification of various vegetable oils with methanol, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, pp.380-386.
- [4] Ji, J., Wang, J., Li, Y., Yu, Y., and Xu, Z. (2006) Preparation of biodiesel with the help of ultrasonic and hydro-dynamic cavitation, *Ultrasonics*, 44, pp. e411- e414.
- [5] Thanh, T.L., Okitsu, K., Sadanaga, Y., Takenaka, N., Maeda Y., and Bandow, H. (2010) A two-step continuous ultrasonic assisted production of biodiesel fuel from waste cooking oils: A practical and economical approach to produce high quality biodiesel fuel, *Bioresource Technology*, 101, pp. 5394-5401.
- [6] Hanh, D.H., Dong, T.N., Okitsu, K., Nishimura, R., and Maeda Y. (2009) Biodiesel production through trans-esterification of triolein with various alcohols in an ultrasonic field, *Renewable Energy*, 34, pp. 766-768.
- [7] Kumar, D., Kumar, G., Poonam., Singh, C.P. (2010) Ultrasonic assisted transesterification of jatropha curcus oil using solid catalyst Na/SiO₂, *Ultra-sonic Sonochemistry*, 17, pp. 839 -844.



APCCHE 2012

The 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress

21 – 24 February 2012
Singapore



Organisers



SCIC
SINGAPORE CHEMICAL
INDUSTRY COUNCIL



Supporting Organisations



Glycerine Phase Separation of Continuous Ethyl Ester Production Comparing between KOH and KOCH₃ catalysts.

Suwadee Jangissarakun^{a*}, Chakrit Tongurai^a

^aChemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University,
Hat Yai, Songkhla 90112

*Corresponding Author's E-mail: ouy3332@hotmail.com

Keywords: Continuous Ethyl Ester; Refined Palm Oil; G/S ratio; Glycerine Phase Separation; KOCH₃; KOH.

Extended Abstract

Continuous ethyl ester production from refined palm oil (RPO) was carried out by using transesterification reaction conditions of; molar ratio of ethanol to RPO of 6:1, reaction temperature of 60 °C, retention time of 30 min and catalyst concentration of 1.0 wt.%. The production was conducted by using 2 types of catalysts i.e. potassium hydroxide (KOH) and potassium methoxide (KOCH₃). Results were found that, there was no glycerine phase separation when the reaction was carried out by using KOH but it occurred when using KOCH₃. Glycerine phase separation significantly depends on glycerol-soap ratio (G/S ratio). The previous study [Nikhom, 2011] showed that G/S ratio has a critical weight ratio at 2.43. The G/S ratio of this research using KOCH₃ and KOH were obtained as 5.21 and 1.09 respectively. As a result, It can be concluded that the glycerine phase separation occurred when G/S ratio is more than the corresponding critical ratio. The extensive soap formation was observed when using KOH, consequently, it had no phase separation presence and less conversion. The ester contents by using KOCH₃ and KOH as catalysts were 89.0 and 83.4 wt.% respectively. The best ethyl ester yield was obtained at 91.5 wt.% when the catalyst was KOCH₃.

Introduction

Currently, commercial biodiesel production mainly uses homogeneous alkaline catalysts such as hydroxides and alkoxides, which offer performance and cost advantages over other alternatives [Ruwwe, 2008]. Biodiesel is mostly produced by transesterification reaction, this reaction is the reaction of triglycerides with alcohol. Ethanol can be produced from renewable agricultural resources, ethanol is also preferable to methanol as an extraction solvent because of its much higher dissolving power for oil [Suppalakpanya et al., 2010].

Materials and Reagents

Refined palm oil (RPO), Ethanol (99.5% purity), Potassium hydroxide (95% purity) and Potassium methoxide (32 wt.% in commercial grade methanol) were obtained from Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops at Prince of Songkla University, Thailand.

Apparatus and reaction procedure

Ethyl ester production from RPO was studied by continuous experiments to evaluate the glycerine phase separation. The reaction was carried out by using the two different base catalysts (KOH and KOCH₃) with the same conditions as molar ratio of ethanol to RPO of 6:1, reaction temperature of 60 °C, retention time of 30 min and catalyst concentration of 1.0 wt.%. The experiments were operated in a 0.73 L continuous stainless steel reactor, equipped with peristaltic pumps for oil and catalyst-ethanol solutions at 1.07 and 0.4 L/hr respectively, a blade turbine speed at 600 rpm, a 1 KW preheater and a cooling condenser. After transesterification reaction, the mixture was poured into a separating funnel. The ethyl ester phase was separated by gravity and stayed at the upper phase. The samples by different catalysts were collected and analyzed for soap, glycerol and ester contents.

oc. of the 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress

itors: Chi-Hwa Wang, Xin Wang and Praveen Linga.

opyright © 2012 APCCHE Organisers. All rights reserved. Published by: Research Publishing

IN: 978-981-07-1445-1

i:10.3850/978-981-07-1445-1_412

Analytical procedures

Soap and glycerol content were determined by acid-base titration method (AOCS Cc 17-79) and spectrophotometric method [Bondioli et al., 2005] respectively. The ester content was measured by proximately analysis following the Thailand patty patent 5060.

Results and Discussion

The soap happened from saponification reaction (a side reaction) has a good emulsifier property. When it occurs at a high amount, it consequently formed emulsion of glycerine in ethyl ester phase. So the mixture has no separation. The glycerol/soap (G/S) critical weight ratio at 2.43 [Nikhom, 2011] to form glycerine phase separation. If the G/S ratio is higher than the critical value, the glycerine phase separation will occur.

Effect of different bases on glycerine phase separation

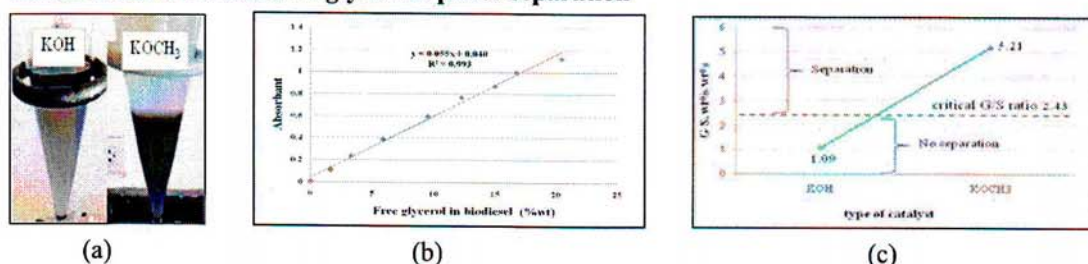


Figure (a) above showed no glycerine phase separation when using KOH but for using KOCH_3 the phase separation of glycerine occurred. To examine G/S ratio and phase separation after 3 hr. settling was shown in Table 1.

Table 1. Analysis of the G/S ratio by the difference catalysts.

Type of catalysts	Abs. (UV-Vis)	wt.% Glycerol (G)	wt.% Soap (S)	G/S
KOCH_3	0.923	16.21	3.11	5.21
KOH	0.664	11.36	10.42	1.09

The free glycerol in biodiesel (wt.%) was investigated by the calibration curve from the spectrophotometric method in figure (b). The figure (c) shows the final result of the G/S ratio at 5.21 by KOCH_3 , which is higher than the critical ratio but for using KOH catalyst, the G/S value was 1.09.

Conclusion

The G/S ratio was a significant factor on phase separation. In the case of methoxide catalyst, soap produced was lower than the corresponding hydroxide catalyst. Hence, using of methoxide catalysts could obtain the G/S ratio in the system higher than the critical value and consequently, resulted to glycerine phase separation. Following the above conditions, 89.0 and 83.4 wt.% of ester purity by using KOCH_3 and KOH as catalysts were obtained respectively. The best ethyl ester yield was 91.5 wt.% from KOCH_3 .

Acknowledgement: The authors are grateful to Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University for financial support and a long-term research fellowship.

References

1. Ruwwe J. Metal alkoxides as catalysts for the biodiesel production, *Biofuel Chemistry Today*, **26**, 26-28, 2008.
2. Suppalakpanya K., Ratanawilai S.B. and Tongurai C. Production of ethyl ester from crude palm oil by two-step reaction with a microwave system, *Fuel*, **89**, 2140-2144, 2010.
3. Bondioli P. and Bella L. D. An alternative spectrophotometric method for the determination of free glycerol in biodiesel, *Technol*, **107**, 153-157, 2005.
4. Nikhom R. Continuous Ethyl Ester from Refined Palm Oil, *Thesis (PhD)*, Prince of Songkla University, 2011.

ข. ผลงานการนำเสนอ ระดับชาติ

แบบจำลองไดอิเล็กตริกหลายชั้นของผลปาล์มสำหรับการอบแห้งด้วยวิธีคลื่นไมโครเวฟ

Oil Palm Multilayer Dielectric Model for Microwave Drying Technique

กฤษฎา พวงสุวรรณ¹ มิตรชัย จงเชื้อวานานญ² ชاکริต ทองอุไร³

Kritsada Pongsuwan¹, Mitchai Chongcheawchamnan² and Chakrit tongurai³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองไดอิเล็กตริกหลายชั้นสำหรับผลปาล์มเพื่อทำนายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการอบผลปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคไมโครเวฟ แบบจำลองนี้จำลองลักษณะผลปาล์มพันธุ์เทอนาร่าประกอบด้วยชั้นเนื้อสารต่างๆตามลักษณะกายภาพจริงได้แก่ชั้นผิว (Exocarp) เนื้อ (Mesocarp) กะลา (Shell) และเนื้อใน (Kernel) ภายใต้สมมติฐานสำคัญคือลักษณะทางกายภาพในแต่ละชั้นเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) แบบจำลองที่นำเสนอเมื่อนำไปประมวลผลบนโปรแกรมวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ COMSOL และเทียบเคียงผลทำนายกับผลทดลองจริงด้วยเตาไมโครเวฟความถี่ 2.45 กิกะเฮิร์ตซ์ ณ ระดับกำลังงานสี่ระดับ คือ 160, 320, 480 และ 800 วัตต์ พบว่าให้ผลการทำนายอุณหภูมิในชั้นเนื้อใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองไดอิเล็กตริกที่นำเสนอ ซึ่งยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองที่นำเสนอและสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการอบแห้งผลปาล์มด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

ABSTRACT

This paper presents a multilayer dielectric model for oil palm fruit for microwave heating to predict the temperature characteristic. The model under homogeneous assumption of is oil palm species *Tenera* developed as four physical layers which are exocarp, mesocarp, shell and kernel. The proposed dielectric model is implemented to simulate microwave drying of a palm fruit with COMSOL Multiphysics software. Several experiments on microwave heating at 2.45 GHz for four different power levels (160, 320, 480, 800 W) confirm that the model can predict the temperature characteristic of mesocarp accurately. It is the authors' belief that the proposed model should be very useful to microwave drying application for oil palm fruit.

Key Words: microwave technique, oil palm fruit, dielectric

E-mail address: Kritsada_enet05@hotmail.com

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

^{1,2} Computer Engineering Department, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkha 90112

³ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

³ Chemical Engineering Department, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkha 90112

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของภาคใต้โดยเป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมาณน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น(ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2546) ผลผลิตน้ำมันจากปาล์มน้ำมันเป็นอันดับที่ 1 ในบรรดาพืชน้ำมันด้วยกันและมีผลผลิตน้ำมันสูง (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2553) ผลผลิตน้ำมันได้จากการสกัดจากผลปาล์มซึ่งปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยมีกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ 2 ประเภท คือ แบบมาตรฐานขนาดใหญ่ด้วยการใช้ไอน้ำ และขนาดเล็กซึ่งใช้วิธีทอดผลปาล์ม และอาจสกัดแยกน้ำมันเปลือกออกจากน้ำมันเมล็ดในปาล์ม หรือหีบน้ำมันแบบผสมก็ได้ โดยแต่ละประเภทต่างมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน (ผาสุข กุลละวณิช และคณะ, 2528)

มีงานวิจัยที่นำเสนอการอบแห้งผลปาล์มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อแทนที่การอบแห้งโดยหลักการพาความร้อน เนื่องจากเทคนิคไมโครเวฟเหนือกว่าระบบการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผลิตผลทางการเกษตรหรืออาหารที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นวัสดุพรุน (Porous media) จึงทำให้การอบแห้งเสร็จสิ้นด้วยเวลารวดเร็ว ไม่มีควันไอเสียเกิดขึ้นในกระบวนการจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้จากการอบแห้งแล้ว Sukaribin and Khalid (2009) ยังศึกษาประสิทธิภาพการหลุดร่วงผลปาล์มจากทะเลาะปาล์มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทดแทนวิธีการนึ่งปาล์มในแบบมาตรฐาน ซึ่งพบว่าให้ประสิทธิภาพการหลุดร่วงสูงสุด ณ ระดับคลื่น 2 กิโลวัตต์ (kW) ประมาณ 10 นาที นอกจากนี้ มีงานวิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องอบปาล์มด้วยไมโครเวฟสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง ซึ่งพิจารณาอัตราการป้อนปาล์มน้ำมัน และปรับค่าพลังงานไมโครเวฟที่ 440 W 520 W และ 2 kW เพื่อวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุด (กฤษ สมนึก และคณะ, 2551)

อย่างไรก็ดี งานวิจัยที่ได้ระบุไว้ข้างต้นไม่ได้กล่าวถึงกลไกอธิบายปรากฏการณ์ถ่ายเทความร้อนในผลปาล์มซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่กระบวนการถ่ายเทมวลที่เป็นกุญแจสำคัญอันจะนำไปสู่การออกแบบระบบอบแห้งปาล์มด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่ดีได้ (Datta, 2006) การที่จะอธิบายปรากฏการณ์ทั้งสองได้จะต้องพัฒนาแบบจำลองไดอิเล็กตริกของผลปาล์มสุก โดยเหตุนี้จึงได้เสนอแบบจำลองไดอิเล็กตริกหลายชั้นของผลปาล์มสุกเพื่อประยุกต์ใช้ในการคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและการแผ่ความร้อน แบบจำลองไดอิเล็กตริกของผลปาล์มสุกนี้จะนำไปสังเคราะห์และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงการค้า COMSOL และยืนยันผลความแม่นยำแบบจำลองนี้ด้วยผลทดลองอบแห้งผลปาล์มด้วยเตาไมโครเวฟ ณ ระดับกำลังงานคลื่นค่าต่างๆ

แบบจำลองไดอิเล็กตริกของผลปาล์มน้ำมันสุก

ในการศึกษากลไกที่เกี่ยวข้องต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อแบบจำลองอุณหภูมิของผลปาล์มสุกจากการอบด้วยไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz จะต้องอาศัยแบบจำลองไดอิเล็กตริกของผลปาล์มน้ำมันสุก ในทางกายภาพ แบบจำลองผลปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราจะประกอบด้วย 4 ชั้นได้แก่ชั้นผิว เนื้อ กะลา และ เนื้อใน ซึ่งสามารถประมาณได้ว่าลักษณะรูปร่างของ

ผลปาล์มน้ำมันเกือบจะเป็นรูปทรงกลม โดยเชิงสถิติ ผลปาล์มพันธุ์เทเนอร์่าที่มีอายุเกิน 8 ปีขึ้นไปจะมี ส่วนประกอบในแต่ละชั้นดัง Figure 1 (ผาสุก กุลละวณิชย์ และคณะ, 2528)

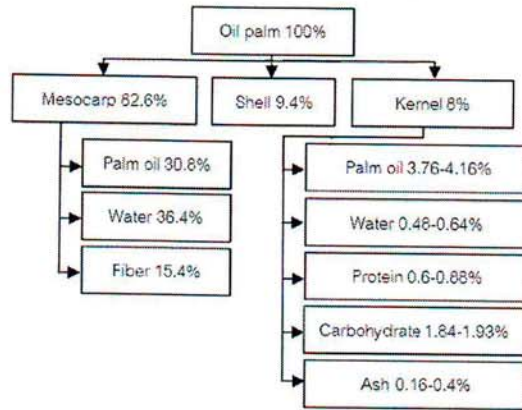


Figure 1 Oil palm species tenera

Table1 Dielectrics properties of oil palm on the frequency 2450 MHz

Layer	Dielectric Constant (ϵ')	Loss Factor(ϵ'')
Shell	5.1	1.8
Mesocarp	11.5	4.2
Kernel	11.7	5.8

Table1 แสดงคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของผลปาล์มน้ำมันแต่ละชั้น (Chow and Ma, 2007) ณ ความถี่ 2450 MHz สำหรับค่าคุณสมบัติทางกายภาพความร้อนของผลปาล์มน้ำมันจะนิยามจากการนำ ความร้อน(k) ความหนาแน่น (ρ) ความจุความร้อนจำเพาะ(C_p) และคุณสมบัติทางกายภาพความร้อนในแต่ละองค์ประกอบในผลปาล์มได้แก่ น้ำมัน น้ำ โปรตีน แป้ง คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ เถ้า (Choi and Okos, 1986; Narv ez *et al.*, 2008) ตามสัดส่วนภายในชั้นผลปาล์มน้ำมันดังแสดงใน Figure 1(ผาสุก กุลละวณิชย์ และคณะ, 2528)

คุณสมบัติการนำความร้อนของผลปาล์มโดยรวมกับอุณหภูมิ ($k_o(T)$) จะคำนวณจากผลรวมแบบปริมาตรเฉลี่ย($X_i^V(T)$)ของการนำความร้อนขององค์ประกอบของผลปาล์มแต่ละชนิด ($k_i(T)$) ตามสัดส่วนมวลที่เป็นเป็นองค์ประกอบของผลปาล์มน้ำมัน ($X_i^W(T)$)ดังสมการที่(1)

$$k_{Total}(T) = \sum_i k_i(T)X_i^V(T) \tag{1}$$

เมื่อ

$$X_i^V(T) = (X_i^W(T)/\rho_i(T)) / \sum_i (X_i^W(T)/\rho_i(T)) \tag{2}$$

ในส่วนคุณสมบัติการนำความร้อนเปลือกผลปาล์มน้ำมันมีการเรียงตัวเป็นเส้นใย สามารถอธิบายด้วยวิธีของ Kopelman (1966) ภายใต้สมมติฐานที่เป็นเนื้อเดียวทั้งหมด (Homogeneous structure) จะสามารถคำนวณจาก k_{Homo} ซึ่งนิยามจากสมการที่ (3) จะใช้ค่าการนำความร้อนของน้ำ(k_w)

$$k_{\text{Homo}} = k_w \left[\frac{1 - \left(\frac{x_i^v(T)}{x_{\text{Mesocape}}^v(T)} \right)^{2/3}}{1 - \left(\frac{x_i^v(T)}{x_{\text{Mesocape}}^v(T)} \right)^{2/3} \left(1 - \left(\frac{x_i^v(T)}{x_{\text{Mesocape}}^v(T)} \right)^{1/3} \right)} \right] \quad (3)$$

คุณสมบัติความหนาแน่นผลปาล์ม ($\rho_{\text{oil palm}}(T)$) คำนวณจากผลรวมแบบส่วนกลับน้ำหนักเฉลี่ยของความหนาแน่นขององค์ประกอบของผลปาล์มน้ำมันแต่ละชนิด $\rho_i(T)$ ตามสัดส่วนขององค์ประกอบของผลปาล์ม ($X_i^w(T)$) ดังนี้

$$\rho_{\text{Total}}(T) = 1 / \sum_i \frac{X_i^w(T)}{\rho_i(T)} \quad (4)$$

คุณสมบัติความจุความร้อนจำเพาะผลปาล์ม ($C_{p \text{ oil palm}}(T)$) คำนวณจากผลรวมแบบน้ำหนักเฉลี่ยของความจุความร้อนจำเพาะขององค์ประกอบของผลปาล์มน้ำมันแต่ละชนิด $C_{p,i}(T)$ ตามสัดส่วนมวลที่เป็นองค์ประกอบของผลปาล์ม ($X_i^w(T)$) ดังนี้

$$C_{p,\text{Total}}(T) = \sum_i X_i^w(T) C_{p,i}(T) \quad (5)$$

การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและปัญหาการถ่ายเทความร้อน

พฤติกรรมสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะอธิบายได้สมบูรณ์ด้วยชุดสมการแมกซ์เวลล์ (Maxwell's Equations) ดังต่อไปนี้

$$\nabla \times (\mu_r^{-1} \nabla \times \vec{E}) - k_0^2 \left[\epsilon_r - \frac{j\sigma}{\omega \epsilon_0} \right] \vec{E} = 0 \quad (6)$$

กำหนดให้ \vec{E} แทนความเข้มของสนามไฟฟ้า (V/m) \vec{H} แทนความเข้มของสนามแม่เหล็ก (A/m) k_0 คือ การแผ่ของคลื่น σ คือค่าความนำไฟฟ้า (S/m) μ_r คือ ค่าสภาพการซึมผ่านของสนามสนามแม่เหล็กสัมพัทธ์ (Relative Magnetic Permeability) ω แทนความเร็วเชิงมุมของคลื่นไมโครเวฟ (rad/s) ϵ_0 แทนคุณสมบัติไดอิเล็กตริกในสภาวะสุญญากาศ (F/m) และ ϵ_r คือ คุณสมบัติไดอิเล็กตริกคงที่สัมพัทธ์ (Relative Dielectric Constant) ซึ่งกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟภายในท่อนำคลื่นและควิตีให้เป็นตัวนำยิ่งยวดสมบูรณ์และสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\vec{n} \times \vec{E} = 0 \quad (7)$$

ณ ผิวยอต่อระหว่างโหลดและอากาศภายในควิตีสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณรอยต่อนี้ย่อมเท่ากันและ ณ เวลาเริ่มต้น ไม่ปรากฏสนามไฟฟ้างดสมการที่ (8), (9)

$$\vec{n} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{n} \times (\vec{E}_1 - \vec{E}_2) = 0 \quad (8)$$

$$E_x(t_0), E_y(t_0), E_z(t_0) = 0 \quad (9)$$

การวิเคราะห์ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในผลปาล์มซึ่งเกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในควิตีในแบบจำลอง 3 มิติ โดยสมมุติให้ภายในผลปาล์มถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว

และผลปาล์มนั้นสามารถกำเนิดความร้อนภายในด้วยการเปลี่ยนพลังงานไมโครเวฟเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้น สามารถเขียนเป็นสมการถ่ายเทความร้อนได้ดังนี้

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = Q \tag{10}$$

$$Q = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon_r |\vec{E}|^2 \tan \delta \tag{11}$$

เมื่อ T แทนอุณหภูมิ (K) t แทนเวลาใดๆ (s) C_p แทนค่าความจุความร้อนของสสาร (J/ (kg·K)) ρ แทนค่าความหนาแน่น (kg/m³) k แทนค่าการนำความร้อน (W/ (m·K)) Q แทนปริมาณความร้อนเชิงปริมาตรที่ผลิตขึ้นภายในวัสดุ (W/m³) ซึ่งได้จากการดูดซับพลังงานไมโครเวฟและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ในการวิเคราะห์ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะพิจารณาที่ผลปาล์มเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเงื่อนไขขอบเขตความร้อนจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวผลปาล์มเท่านั้น ไม่มีการถ่ายเทความร้อนออกจากผลปาล์มเนื่องจากกำหนดให้ผนังผลปาล์มเป็นฉนวนและกำหนดให้อุณหภูมิเริ่มต้นเป็น T_0 ดังนั้น

$$\nabla \cdot (-k \nabla T) = 0 \tag{12}$$

$$T(t_0) = T_0 \text{ K} \tag{13}$$

การออกแบบทดลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองจะสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 3 มิติและนำสมการวิเคราะห์จาก (6) - (13) วิเคราะห์โดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์บนซอฟต์แวร์ COMSOL Multiphysics เพื่อจำลองการทำงาน ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกับเตาไมโครเวฟรุ่น LG MS2349HK มีกำลังของหลอดแมกนีตรอน 160 W, 320 W, 480 W และ 800W ติดตั้งที่ผนังด้านข้างของเตา ขนาดของตู้อบแห้งเท่ากับ 485x385x280 mm. ดังในรูป Figure 2

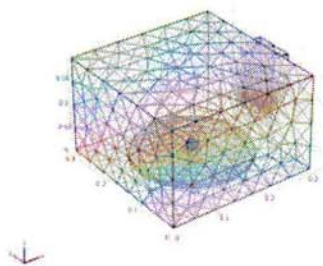


Figure 2 FEM mesh structure with palm fruit.

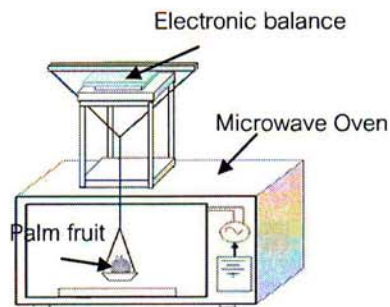
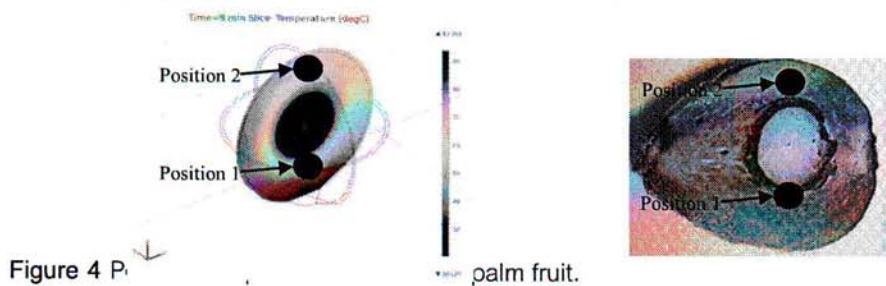


Figure 3 Microwave heating system.

การทดลองจะทำในห้องปฏิบัติการ ดัง Figure 2 เพื่อให้กำลังงานของคลื่นที่กระทบกับผลปาล์มที่วางกึ่งกลางตู้สุ่ม่าเสมอ ผลปาล์มน้ำมันจะผูกติดด้วยเชือกและแขวนอย่างอิสระ เมื่อเริ่มทดลองผลปาล์มจะหมุนรอบตัวอย่างอิสระทำให้ทุกๆจุดรอบผลปาล์มน้ำมันได้รับพลังงานไมโครเวฟอย่างสม่ำเสมอ การทดลองอบแห้งจะคัดเฉพาะผลปาล์มน้ำมันสุกพันธุ์เทเนอราจำนวน 92 ผล ซึ่งตัดมาไม่

เกิน 24 ชั่วโมง ผลปาล์มมีความยาว 43.32(±1.17) mm. ความกว้าง 30.32 (±1.15) mm. ผลปาล์มมีน้ำหนักตั้งแต่ 17.37 (±1.4) g มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30% เริ่มการทดลองอบด้วยเตาอบไมโครเวฟปรับระดับกำลังของไมโครเวฟไปที่ 160 W เมื่ออบแล้วเสร็จตามเวลาจะผ่าซีกผลปาล์มน้ำมันเพื่อวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดโดยวัด ณ ตำแหน่งเนื้อที่บริเวณด้านข้างของผลปาล์มทำซ้ำกับผลอื่นๆจนถึงวันที่ 8 และทดลองซ้ำ 3 รอบ หลังจากนั้นจะทดลองอบผลปาล์มน้ำมันเช่นเดิมแต่เปลี่ยนระดับพลังงานไมโครเวฟเป็น 320 W และ 480 W ตามลำดับ ที่ระดับพลังงานไมโครเวฟ 800 W เนื่องจากอุณหภูมิในผลปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและพบว่า ณ เวลา 3 นาที ผลปาล์มเริ่มไหม้จึงทำการทดลองเพียง 3 นาที การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองและการวัดผลอุณหภูมิ ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองและผลวัดจริง ณ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ภายในผลปาล์มน้ำมันต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนไปตาม Figure 4



ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Figure 5 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบตัวแปรที่ได้ศึกษาจากการทดลอง ณ ระดับกำลังงานปรับได้ 4 ระดับ คือ 160,320,480 และ 800 W ตามลำดับ จากผลพบว่า ณ ระดับกำลังงานสูงจะทำให้อุณหภูมิภายในผลปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วต่อเนื่องมากกว่ากรณี ณ ระดับกำลังงานต่ำ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีดังกล่าวที่ (11) ที่อธิบายว่าปริมาณค่าการดูดซับ(Q)แปรผันตามความเข้มสนามไฟฟ้ากำลังสองความถี่และคุณสมบัติไดอิเล็กตริก จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาแบบจำลองเทียบเคียงกับการวัดจริงการกระจายอุณหภูมิภายในผลปาล์มทั้งสองตำแหน่งเมื่อความเข้มสนามไฟฟ้าที่ได้รับเปลี่ยนแปลง ผลแตกต่างระหว่างผลการคำนวณจากการทำนายอาจเกิดจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของผลปาล์ม ผลของไดอิเล็กตริกของเนื้อปาล์มที่อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิซึ่งผลดังกล่าวจะส่งผลต่อความชื้นที่หลงเหลือในผลปาล์มและส่งผลกระทบต่อค่าไดอิเล็กตริกของเนื้อปาล์มโดยตรง อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่ได้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์แล้วจะให้ค่าสหสัมพันธ์ ที่กำลังไมโครเวฟ 160 W, 320 W, 480 W และ 800 W มีค่าระหว่าง 0.95-0.99 ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ที่แม่นยำและเที่ยงตรงสูง แต่ในกรณี 160 W ณ ตำแหน่งวัด 2 มีระดับที่แม่นยำและเที่ยงตรงลดลง (0.68) ทั้งนี้อาจเพราะความไม่แน่นอนในขณะวัดที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ในภาพรวมแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่น่าเสนอสามารถทำนายการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเนื้อปาล์มได้ค่อนข้างแม่นยำและน่าจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับศึกษากระบวนการอบแห้งผลปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟได้

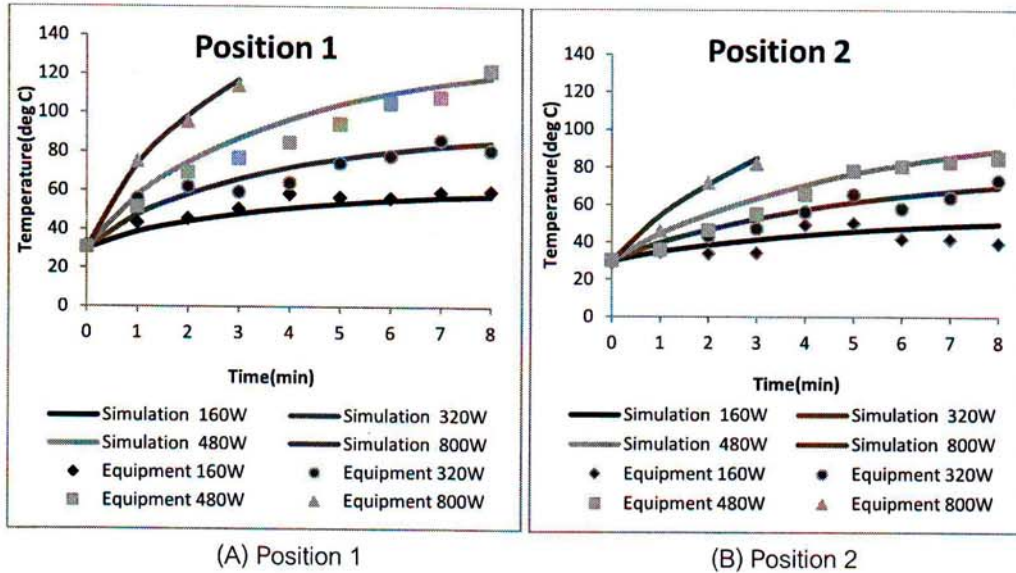


Figure 5 Comparison between simulated and measured of temperatures

สรุป

จากการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีและการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายถึงผลกระทบที่สำคัญภายในผลปาล์มน้ำมัน สำหรับพลังงานป้อนเข้าด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือน พบว่าแบบจำลองไดโพลไดอิเล็กตริกของผลปาล์มแบบหลายชั้นที่นำเสนอสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเนื้อปาล์มได้ค่อนข้างแม่นยำ จากผลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงกำลังงานที่ป้อนเข้ามากส่งผลให้เกิดการผลิตปริมาณความร้อนในผลปาล์มได้มากขึ้น เนื่องจากปริมาณค่าการดูดซับ (Q) แปรผันตามความเข้มสนามไฟฟ้ากำลังสอง ความถี่และคุณสมบัติไดโพลไดอิเล็กตริก จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แนวทางวิจัยศึกษาต่อไปในส่วนการพัฒนาจำลองทางคณิตศาสตร์ของเตาให้วิเคราะห์เพิ่มปรากฏการณ์การถ่ายเทมวลสารในผลปาล์มเทียบเคียงการวัดจริงที่มีผลต่ออุณหภูมิ ความชื้น อัตราการอบแห้ง การใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) และขยายไปสู่การทำนายอุณหภูมิจากการอบทะเลลายปาล์มและการทดสอบผลลัพธ์ อื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทุนการศึกษาของราชภัฏวชิรวิทยาดอนเมือง (R.B.S.C) ที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง


- กฤษ สมนึก, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ และ วรท กาลาสี. 2551. พัฒนาการอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟ ชนิดสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง, น.382-387. ใน การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ. 2546. คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน. พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะ ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ผาสุข กุลละวณิชย์ และคณะ. 2528. ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม:คู่มือเกษตรกร. ชมรมเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ศุภวิทย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2553. ศักยภาพปาล์มน้ำมัน. วิชาการปาล์มน้ำมัน. แหล่งที่มา:<http://it.doa.go.th/palm/linkTechnical/efficiency.html>, 26 ธันวาคม 2553.
- Choi, Y. and M.R. Okos. 1986. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods, pp. 93–101. In *Transport Phenomenon*, L. Maguer and P. Jelen., eds. *Food Engineering and Process Applications*. Elsevier, New York.
- Chow, M. C. and A. N. Ma. 2007. Processing of fresh palm fruits using microwaves, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy* 40 (3): 165-173.
- Datta, A. K. 2006. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations. *Journal of Food Engineering* :80-95.
- Kopelman, I. J. 1966. *Transient heat transfer and thermal properties in food systems*. Ph.D. Thesis, Michigan State University.
- Narvez, P. C., S. M. Rincón, L. Z. Castañeda and F. J. Sánchez. 2008. Determination of some physical and transport properties of palm oil and of its methyl esters. *Latin American applied research* 38 (1): 1-6.
- Sukaribin, N. and K. Khalid. 2009. Effectiveness of sterilisation of oil palm bunch using microwave technology. *Industrial Crops and Products* 30 (2): 179-183.


ค. สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

สำเนา

แบบสพ/สพ/อสป/001-ก

หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า

 คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input checked="" type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2542	คำขอรับเจ้าหน้าที่	
	วันรับคำขอ 31 มี.ค. 2555	เลขที่คำขอ
	วันยื่นคำขอ 26 เม.ย. 2555	1203000082
	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
	ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์	
ประเภทผลิตภัณฑ์		วันประกาศโฆษณา
		เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่		
1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ การทอดผลปลาล่มร่วนแบบต่อเนื่องสำหรับหีบน้ำมันปลาล่มดิบ		
2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่ ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน		
3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถนนกาญจนาภิเษก อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา		3.1 สัญชาติ ไทย 3.2 โทรศัพท์ 0-7428-9321 3.3 โทรสาร 0-7428-9339 3.4 อีเมล jiltiyul.y@psu.ac.th
4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น		
5. ตัวแทน (ถ้ามี) ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด ประเทศ รหัสไปรษณีย์)		5.1 ตัวแทนเลขที่ 5.2 โทรศัพท์ 5.3 โทรสาร 5.4 อีเมล
6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ) รองศาสตราจารย์ดร.ชากริต ทองดูไร และนายธนศ วิษุวรรณ ที่อยู่ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110		
7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ถือว่าคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตรเลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ <input type="checkbox"/> คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง <input type="checkbox"/> ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ <input type="checkbox"/> ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ แบบเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำที่เอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้ โดยระบุหมายเลขคำกับข้อและหัวข้อที่ แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย		

8. การยื่นคำขออนุญาตออกวีซ่า				
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์เจ้าเนกการ ประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย <input type="checkbox"/> ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ <input type="checkbox"/> ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้				
9. การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด				
10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ		
11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำ เป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอใช้เป็นภาษา <input type="checkbox"/> อังกฤษ <input type="checkbox"/> ฝรั่งเศส <input type="checkbox"/> เยอรมัน <input type="checkbox"/> ญี่ปุ่น <input type="checkbox"/> อื่น ๆ				
12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ. <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอ ให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา				
13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 3 หน้า ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า ง. รูปเขียน 1 รูป 1 หน้า จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> รูปเขียน รูป หน้า <input type="checkbox"/> ภาพถ่าย รูป หน้า ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า		14. เอกสารประกอบคำขอ <input checked="" type="checkbox"/> เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> หนังสือมอบอำนาจ <input type="checkbox"/> เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ <input type="checkbox"/> เอกสารการขอรับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่น คำขอในประเทศไทย <input type="checkbox"/> เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเทศของสิทธิ <input type="checkbox"/> เอกสารอื่น ๆ		
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า <input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....				
16. ลายมือชื่อ (<input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; <input checked="" type="checkbox"/> ตัวแทน)				
 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ ลิ้มสกุล) รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน อธิการบดีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์				

หมายเหตุ มุกลงคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงาน
เจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

ง. รายงานการเงิน

ชื่อบัญชี NAME		สถาบันวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์			
		ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED			
		0565 สาขามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์			
เลขที่บัญชี ACCOUNT NO.		565-288927-4			
บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ SAVINGS ACCOUNT					
1001574		(สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องป้อนสมุดอัตโนมัติได้)			
12	11/05/11	CW	-----32,000.00	+++++469,991.23	0819B
13	19/05/11	CW	-----50,000.00	+++++419,991.23	0816B
14	23/05/11	C1 STISA	++++++95,000.00	+++++514,991.23	0756A
15	23/05/11	CW	-----30,000.00	+++++484,991.23	0756A
16	24/05/11	C1 DoE (๒)	+++++200,000.00	+++++684,991.23	0050A
17	24/05/11	XW ตอน STISA	-----75,000.00	+++++609,991.23	0756A
18	27/05/11	X1 นน.บม.ช	++++++89,784.00	+++++699,775.23	81170
19	30/05/11	CW	-----193,089.00	+++++506,686.23	0818B
20	31/05/11	QN ไชยวัฒน์	++++++10,400.00	+++++517,086.23	1168E
21	06/06/11	CW	-----40,000.00	+++++477,086.23	0753E
22	13/06/11	QN ไชยวัฒน์	++++++10,400.00	+++++487,486.23	0819A

งวดที่ 1 (20,000บาท)

SCB Business Cash Management บริการบริหารเงินเพื่อธุรกิจ
ธนาคารยินดีที่จะบริการและให้คำปรึกษาด้านการบริหารเงินเพื่อธุรกิจ โดยบุคลากรที่มีประสบการณ์และความชำนาญงานเพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำกำไรและลดต้นทุน การดำเนินงานของธุรกิจอย่างครบวงจร ด้วยบริการ SCB Business Liquidity (การจัดการสภาพคล่อง) SCB Business Collect (การเรียกเก็บ) และ SCB Business Pay (การชำระเงิน)

หมายเหตุ : งวดที่ 3 โอนเงินมาในวันที่ 24 ตุลาคม 2554 จำนวน 200,000 บาท
ซึ่งแบ่งเป็นเงินงวดที่ 3/2554 จำนวน 180,000 บาท
และเงินงวดที่ 1/2555 จำนวน 20,000 บาท