การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

# ผลของอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการเกิดกรดไขมันอิสระและความแข็งของที่ผิวผลปาล์ม

# The effects of palm fruit temperature on the free fatty acid occurring and the surface hardness

ชัยวัฒน์ พรหมเพชร[1], นันทพันธ์ นภัทรานันทน์[1] และ กำพล ประทีบชัยกูร[1]

[1]สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90112 โทรศัพท์: 086 9632 232, โทรสาร: 074 212 893
E-mail: nunthaphan@me.psu.ac.th, wat_tsu@hotmail.com

***บทคัดย่อ***

บทความนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) และการลดความแข็งของผิวผลปาล์ม โดยทำการอบผลปาล์มจนมีอุณหภูมิภายในเป็น 60, 80, 100, และ 120 °C แล้วนำไปวัดความแข็งที่ผิวและบีบดูปริมาณน้ำมันที่ได้และปริมาณของ FFA จากการทดลองพบว่า เมื่ออบผลปาล์มให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ความแข็งของผิวผลปาล์มจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ลดลงต่ำสุดที่อุณหภูมิผลปาล์ม 100 °C โดยลดลงจาก 22 N (ที่อุณหภูมิบรรยากาศ) เหลือ 13 N หรือลดลงเหลือ 60 % ของความแข็งเริ่มต้น และความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นต่อไปอีก โดยที่อุณหภูมิในผลปาล์ม 120 °C ความแข็งจะเพิ่มขึ้นเป็น 27 N มากกว่าความแข็งเริ่มต้นเนื่องจากผลปาล์มไหม้ สำหรับการเกิด FFA พบว่า FFA จะเพิ่มขึ้นเมื่อทิ้งผลปาล์มไว้ในบรรยากาศนานขึ้น โดย FFA เริ่มต้นที่ 28.47 wt.% เพิ่มเป็น 29.14 wt.% เมื่อตั้งทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง เมื่ออบผลปาล์มจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น FFA จะลดลง โดยที่อุณหภูมิ 60-120 °C (คงอุณหภูมิไว้ 1-2 ชั่วโมง) น้ำมันที่บีบได้จะมี FFA ร้อยละ 4.13 wt.% หากอบนานกว่านี้ จะทำให้ FFA สูงขึ้นเล็กน้อย จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การอบผลปาล์มให้มีอุณหภูมิ 100 °C และคงไว้ 1-2 ชั่วโมง มีผลให้ความแข็งของผิวผลปาล์มและ FFA ในน้ำมันที่บีบได้ต่ำที่สุด

***คำหลัก:*** อุณหภูมิ ผลปาล์ม กรดไขมันอิสระ ความแข็ง

***Abstract***

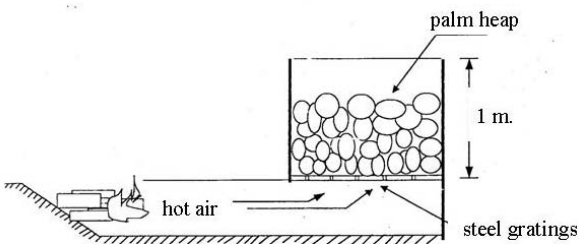
The objectives of this study were to investigate the effect of plam fruit temperatures on the inhibition of free fatty acid (FFA) in palm oil and the surface hardness reduction of plam fruit. Palm fruits were dried until its temperature was at 60, 80, 100 and 120 °C respectively. The surface hardness of palm fruit, the amount of pressed palm oil and the concentration of free fatty acid were examined. The results showed that when temperatures were increased, the surface hardness continually decreased. The surface hardness was found to be at the lowest at 100 °C. Its value reduced from 22 N (at ambient temperature) to 13 N or in other words its surface hardness reduced as 60% of its initial value. However

when temperatures was increased beyond 120 $^{0}$C, the surface hardness increased to 27 N because the palm fruits were burned. The FFA increased from 28.47 wt.% to 29.14 wt.% when the plam fruits were kept at ambient temperature for 8 hours and it reduced when the temperatures of plam fruit increased. Palm oil which collected at 60 – 120 $^{0}$C (kept temperature constant for 1 - 2 hour) had the lowest FFA at 4.13 wt.%. Again the FFA slightly increased if they were dried for longer than this condition. It can be summarized that the suitable temperature of palm fruits drying is 100 $^{o}$C because it gives the lowest surface hardness of palm fruit and the free fatty acid concentration in pressed plam oil.

***Keywords**:* temperature, palm fruit, free fatty acid, hardness.

## 1. บทนำ

ไบโอดีเซลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญ เนื่องจากราคาน้ำมันดีเซลที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิต และการขนส่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้ว่ารัฐได้มีการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราร้อยละ 5 (B5) เพื่อลดราคาจำหน่ายน้ำมันดีเซลลง แต่ราคาก็ยังคงสูงอยู่เมื่อเทียบกับราคาเมื่อหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งภาคเกษตรกรรมและชุมชนชนบทได้รับผลกระทบอย่างมากจากราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ในขณะที่ราคาผลผลิตทางการเกษตรกลับไม่ได้สูงตามราคาน้ำมัน จึงทำให้เกษตรกรอยู่ด้วยความลำบาก ปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต ที่รัฐบาลมีการวางยุทธศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม ส่งเสริมการปลูกต้นปาล์มน้ำมัน [1-3] และการผลิตน้ำมันปาล์มที่มีระบบง่ายที่สุดคือ น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม ซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากการหีบเส้นใยและเมล็ดในปาล์มรวมกัน โดยใช้เครื่องอัดแบบสกรู (screw press) ซึ่งก่อนการหีบจำเป็นต้องอบให้ผลปาล์มสุกก่อน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาลิโปไลซิสที่จะสร้างกรดไขมันอิสระ และไล่น้ำออกจากผลปาล์ม การอบแห้งผลปาล์มในระดับชุมชนจะอบแห้งโดยบรรจุผลปาล์มในกระบะซีเมนต์ ที่ปูพื้นด้วยตะแกรงเหล็กด้านล่าง มีช่องให้ลมร้อนไหลขึ้นผ่านตะแกรงเหล็กได้ ลมร้อนที่ใช้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ไม้ยางพารา ดังรูปที่ 1 ซึ่งการอบแห้งเช่นนี้ทำให้ช่วงแรกของการอบแห้งไอน้ำจะกลั่นตัวที่ชั้นบนของกองปาล์มซึ่งอุณหภูมิยังต่ำอยู่ทำให้ไม่อาจยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซน์ได้ นอกจากนั้นยังพบว่าผลปาล์มทั้งกองแห้งไม่สม่ำเสมอ โดยผลปาล์มชั้นล่างอาจจะแห้งเกินไป ผลปาล์มที่แห้งเกินจะแข็งและทำให้สกรูบีบสึกหรอได้ง่าย ผลปาล์มชั้นบนที่แห้งไม่สนิทจะมีน้ำปนทำให้ได้น้ำมันปาล์มด้อยคุณภาพ [4, 5]




รูปที่ 1 การย่างผลปาล์มในโรงงานแบบหีบรวม [4]

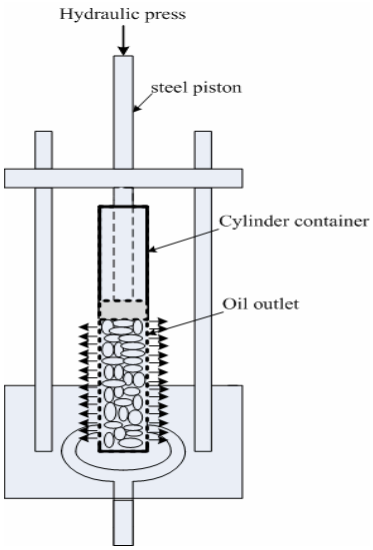
ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอบผลปาล์ม โดยบทความนี้ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ และการลดความแข็งของผิวผลปาล์มเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบสกรูสำหรับอบผลปาล์ม ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการอบแห้งผลปาล์มดังกล่าวข้างต้น และพัฒนาระบบการอบแห้งผลปาล์มที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการต้นทางที่ควบคุมคุณภาพน้ำมันปาล์ม

## 2. เครื่องมือวัดและวิธีการทดลอง

### 2.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลของอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการเกิดกรดไขมันอิสระและความแข็งของที่

ผิวผลปาล์ม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ตู้อบไฟฟ้า (Memmert model 400) ใช้ในการอบผลปาล์ม โดยก่อนอบต้องชั่งน้ำหนักผลปาล์มด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (LIBROR รุ่น EB-3200H Capacity 3,120 g ความละเอียด 0.01 g) และวัดอุณหภูมิภายในของผลปาล์มโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Thermocouple Thermometer, Specification 1-1000 °C) ทั้งก่อนอบและหลังอบ ในขณะเดียวกันจะวัดความแข็งของที่ผิวผลปาล์มโดยใช้เครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (FORCE GAUGE, Specification 0.01 - 49.03 N) หลังจากนั้นนำผลปาล์มที่ผ่านการอบแล้วมาบีบน้ำมันด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคก์ ดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 ชุดบีบน้ำมันด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคก์

**2.2 วิธีการทดลอง**

การทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการเกิด FFA และความแข็งของผิวผลปาล์ม แบ่งออกเป็น 5 กรณีคือ ที่อุณหภูมิ 30, 60, 80, 100, และ 120 °C ตามลำดับ ซึ่งตัวแปรที่ได้ศึกษามีดังนี้ ปริมาณน้ำมันที่บีบได้ ความชื้น กรดไขมันอิสระ (FFA) และความแข็งของผิวผลปาล์ม ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้ เริ่มจากเตรียมตัวอย่างผลปาล์มร่วงจากทลายเดียวกัน ดังรูปที่ 3 นำผลปาล์มร่วงที่เตรียมไว้มาใส่ตะแกรงลวด ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 300 กรัม จากนั้นวัดความแข็งของที่ผิวผลปาล์มก่อนอบ นำผลปาล์มเข้าตู้อบไฟฟ้า ขณะที่อบทำการวัดอุณหภูมิของผลปาล์มทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าจะได้อุณหภูมิต่างๆ ตามแต่ละกรณีศึกษา แล้วทำการชั่งน้ำหนักผลปาล์ม วัดความแข็งของที่ผิวผลปาล์มหลังอบอีกครั้ง นำผลปาล์มที่ผ่านการอบมาบีบน้ำมันด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคก์ เมื่อได้น้ำมันปาล์มดิบแล้วนำมาอุ่นให้ความร้อน แล้วชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งวัดปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่บีบได้ แล้วทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่กล่าวจนครบอุณหภูมิทั้ง 5 กรณีศึกษา

รูปที่ 3 ตัวอย่างผลปาล์มร่วงจากทลายเดียวกัน

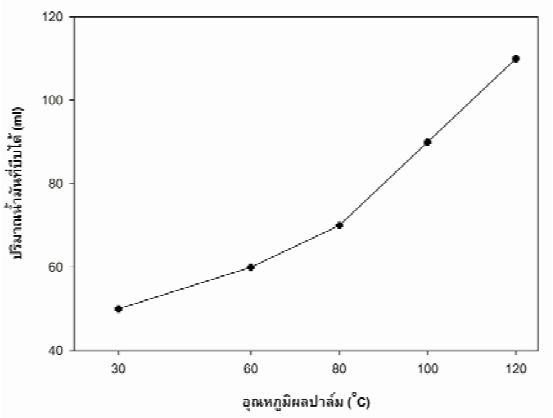
น้ำมันปาล์มดิบที่บีบได้ในแต่ละเงื่อนไข นำมาทดสอบหาค่าร้อยละของกรดไขมันอิสระโดยวิธีการไทเทรตด้วย NaOH 0.1 molar จนสีเริ่มเปลี่ยน แล้วคำนวณร้อยละของกรดไขมัน Free fatty as Palmitic ดังสมการที่ (1) [6]

$$\% \text{ FFA} = \frac{NaOH(ml) \times 25.6 \times 0.0977}{3.0(g)} \qquad (1)$$

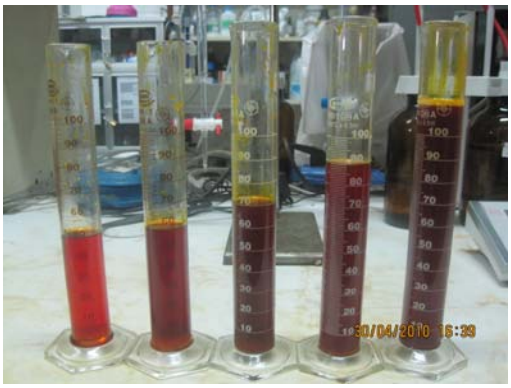
**3. ผลการทดลองและวิจารณ์**

ผลจากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำมันที่บีบได้เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในผลปาล์มสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4 ที่อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิบรรยากาศ 30 °C) จะได้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด เนื่องจากผลปาล์มยังไม่ได้รับความร้อน และเมื่อได้ความร้อนทำให้ปริมาณน้ำมันที่บีบเพิ่มขึ้น แต่ความร้อนที่ให้ควรไม่เกิน 120 °C เพราะจะ

ทำให้ผลปาล์มไหม้ซึ่งมีผลต่อคุณภาพปริมาณน้ำมัน ดังแสดงใน รูปที่ 5 ซึ่งเปรียบเทียบสีของน้ำมันที่อุณหภูมิผลปาล์มต่างๆ จะเห็นว่าที่อุณหภูมิผลปาล์ม 120 °C น้ำมันที่ได้จะมีสีดำต่างจากที่อุณหภูมิอื่นๆ

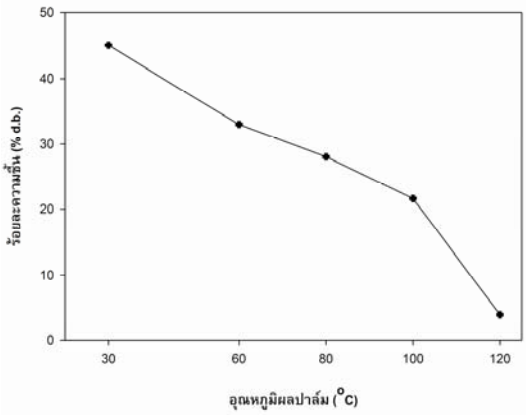



รูปที่ 4 ปริมาณน้ำมันจากการบีบที่ได้

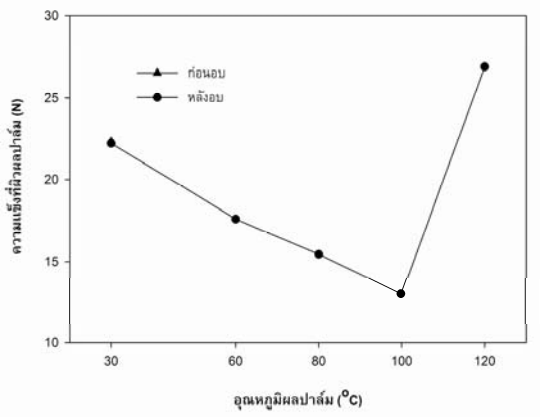


รูปที่ 5 สีของน้ำมันที่บีบได้

รูปที่ 6 แสดงความชื้นที่เหลือในผลปาล์มเมื่อผลปาล์มมีอุณหภูมิต่างๆ พบว่าความชื้นในผลปาล์มลดลงอย่างมาก เมื่ออุณหภูมิในผลปาล์มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่ออุณหภูมิในผลปาล์มเพิ่มขึ้นจาก 100 °C เป็น 120 °C ความชื้นในผลปาล์มลดลงถึงร้อยละ 20 จากร้อยละ 23 เหลือเพียงร้อยละ 3 จนส่งผลต่อความแข็งของผิวผลปาล์ม ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความแข็งของที่ผิวผลปาล์ม ก่อนอบที่อุณหภูมิบรรยากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 22 N เมื่ออุณหภูมิผลปาล์มสูงขึ้น ความแข็งของผิวผลปาล์มลดลง และมีค่าต่ำที่สุดที่ 13 N ที่อุณหภูมิผลปาล์ม 100 °C ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 60 และหากอุณหภูมิผลปาล์มยังคงสูงขึ้นอีก ความแข็งของผิวผลปาล์มก็จะสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 120 °C ความแข็งของผิวผลปาล์มเท่ากับ 27 N เนื่องจากการให้ความร้อนต่อผลปาล์ม มีผลให้ผลปาล์มสุกและนิ่ม ทำให้ความแข็งของผิวผลปาล์มลดลง แต่ถ้าผลปาล์มได้รับความร้อนต่อและมีอุณหภูมิสูงเกินไปก็มีผลให้ผลปาล์มไหม้ และทำให้ความแข็งของผิวผลปาล์มเพิ่มขึ้น



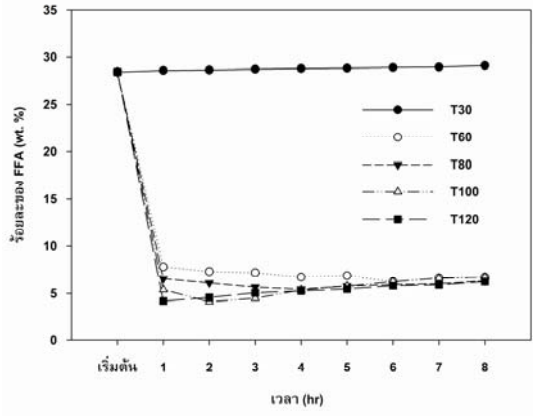

รูปที่ 6 ความชื้นของผลปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ




รูปที่ 7 ความแข็งของผิวผลปาล์ม

ผลของเปอร์เซ็นต์ FFA พบว่า ร้อยละของ FFA ในน้ำมันที่บีบได้จากผลปาล์มที่ตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากเริ่มต้นที่ร้อยละ 28.47 เป็นร้อยละ 29.14 เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง การ

เพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ FFA เนื่องจากกรดไขมันทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดการแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ แต่ในการทดลองนี้ตั้งผลปาล์มทิ้งไว้ในบรรยากาศเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้น จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ FFA ค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่เห็นผลแตกต่างมากนัก และอาจเป็นเพราะว่าการทดลองเก็บผลปาล์มสด ได้กระจายผลปาล์มออกทำให้อากาศถ่ายเทสะดวกไม่มีการหมักบ่ม ผลปาล์มเน่าเสียช้ากว่าปกติ ดังแสดงในรูปที่ 8 การนำผลปาล์มไปอบ จนอุณหภูมิในผลปาล์มเพิ่มขึ้นเป็น 60, 80, 100, และ 120 °C ทำให้ร้อยละของ FFA ลดลงอย่างมาก โดยค่าร้อยละของ FFA ต่ำที่สุดคือ 4.13 wt. % ที่อุณหภูมิในผลปาล์ม 100 °C เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิผลปาล์มเพิ่มขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างโมเลกุลน้ำมันปาล์ม (triglyceride) เกิดการแตกตัวเป็นกลีเซอรอล (glycerol) กับกรดไขมัน (fatty acid) ซึ่งในช่วงแรกๆ triglyceride จะแตกตัวเป็น glycerol ในสัดส่วนที่มาก มีผลทำให้สัดส่วนร้อยละของ FFA น้อย แต่หากคงอุณหภูมิในผลปาล์มไว้เป็นระยะเวลานาน จะทำให้ร้อยละของ FFA เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย




รูปที่ 8 ร้อยละของ FFA น้ำมันที่บีบได้

## 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในผลปาล์มต่อการยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระและการลดความแข็งของผิวผลปาล์ม สามารถสรุปได้ว่า การอบผลปาล์มจนให้มีอุณหภูมิภายในผลปาล์มเป็น 100 °C จะทำให้ความแข็งของผิวผลปาล์มลดลงต่ำสุดเหลือ 13 N หรือลดลงเหลือ 60 % ของความแข็งเริ่มต้น และมีค่าร้อยละของFFA ในน้ำมันที่บีบได้ต่ำสุดที่ FFA ร้อยละ 4.13 wt.% จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การอบผลปาล์มให้มีอุณหภูมิ 100 °C และคงไว้ 1-2 ชั่วโมง มีผลให้ความแข็งของผิวผลปาล์มและ FFA ในน้ำมันที่บีบได้ต่ำที่สุด จากข้อสรุปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบสกรูสำหรับอบผลปาล์มต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) และบัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือเพื่อใช้ในทำการทดลองในครั้งนี้

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2549). คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค, กรุงเทพฯ: ครั้งที่ 1 มติชน.

[2] จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน (สกว.) เดือน ธันวาคม 2545 – กมภาพันธ์ 2546 ปีที่ 3 ฉบับที่ 4.

[3] ชนินทร พรนภดล (2550). การวิเคราะห์และออกแบบตู้นึ่งปาล์ม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 2.

[4] บัญญัติ นิยมวาส (2544).การพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์ม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 6 – 8.

[5] สำนักวิจัยงานและพัฒนา (2540). การพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์มโดยใช้ช่อทะลายปาล์มน้ำมันและวัสดุเหลือใช้จากการสกัดน้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง, หาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 8.

[6] ปัญญา แดงวิไลลักษณ์และคณะ (2551). พัฒนาการอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟชนิดสายพานลาเลียงแบบต่อเนื่อง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต กรุงเทพฯ.