



การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะ A DEVELOPMENT OF OIL PALM FRUIT SEPARATOR MACHINE

สมพร พรหมดวง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต thum15@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับปาล์มน้ำมัน และสะดวกต่อการขนส่งไปสู่โรงงานแปรรูป เครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะประกอบไปด้วย โครงสร้างเครื่อง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดส่งกำลัง ชุดตีแยกผลปาล์ม ช่องทางออกของวัตถุดิบ และระบบควบคุมการทำงาน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นเครื่องต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเป็นแบบกรงกระรอกหมุน (Squirrel cage Rotor) แนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.7 เมตร จากการทดสอบการทำงานของเครื่องพบว่าการใช้ความเร็วรอบ 2 ระดับ คือ 30 และ 70 รอบต่อนาที ที่เวลาการตีแยกผลปาล์ม 3 และ 2 นาที ตามลำดับ เครื่องมีประสิทธิภาพในการแยกผลปาล์มสูงสุดที่ 87.2 เปอร์เซ็นต์ และมีกำลังการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 275 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: เครื่องแยกผลปาล์มน้ำมัน, กำลังการผลิต

ABSTRACT

A separator machine for oil palm is designed and developed to add value by making it easier to transport and process at a factory. The palm fruit separator machine comprises of a slot for raw material, a transmission set, a fruit separation set, an exit opening for raw material, and a one horsepower electric motor. The machine works by rotating a horizontal squirrel cage rotor with a diameter of 1.2 meters and 1.7 meters in length. From the experiment, it was found that using 2 speeds of 30 and 70 rpm at fruit separation time of 3 and 2 minutes respectively, the machine was able to separate palm fruit at maximum efficiency at 87.2% with production capacity on the average of 275 kg/hr.

Keywords: oil palm fruit separator machine, capacity

1. บทนำ

ปัจจุบันปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งด้านการผลิต และการตลาด ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว โดยมีประเทศผู้ผลิตที่สำคัญคือ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และ ไทย ซึ่งมีกำลังการผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการปลูกพืชปาล์มน้ำมันมีการปลูกอย่างแพร่หลายในหลายๆ พื้นที่แต่ละภูมิภาคภายในประเทศ เพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันปาล์ม น้ำมันสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในลักษณะต่างๆ (ศิริชัย ต่อสกุล และคณะ, 2558) และใช้ในการผลิตเป็นน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นส่วนผสมของน้ำมันดีเซลหรือไบโอดีเซลเพื่อใช้ทดแทนการใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์ (จักรพงษ์ ไชยบุรี และ สรพงษ์ แสงสุวรรณ, 2556)



สำหรับการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่จะทำการตัดทะลายปาล์มจากต้นปาล์มแล้วบรรทุกไปขายให้กับโรงงานแปรรูป หรือจุดรับซื้อต่างๆ ในพื้นที่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง และยังทำให้เกิดภาระเพิ่มขึ้นกับโรงงานที่จะต้องกำจัด เศษก้านปาล์มหรือทะลายปาล์ม ทั้งที่สามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยชีวภาพในสวนปาล์มได้ (วารจิต พยอม และคณะ, 2558) มีเกษตรกรบางส่วนได้แยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มก่อนนำไปขาย โดยการใช้น้ำร้อนเพื่อแยกออกมาเป็นทะลายย่อยก่อนแล้วจึงแยกผลปาล์มอีกครั้งหนึ่ง (วุฒิชัย รอดคุ้ม, 2552) ซึ่งต่อมาได้มีการนำเครื่องแยกผลปาล์มมาใช้เพื่อใช้ในการทดแทนแรงงาน และเพิ่มกำลังการผลิตให้กับเกษตรกร โดยเครื่องแยกที่มีารออกแบบเพื่อใช้งานมีอยู่ 2 ชนิดหลักๆ ด้วยกัน (Maycock, 1987) คือ แบบวงล้อหมุน ซึ่งใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ และแบบแขนตี ซึ่งเหมาะกับกำลังการผลิตที่ไม่มากหรือสำหรับเกษตรกรรายย่อย

มีการศึกษาและพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายอย่างต่อเนื่อง โดย (จำลอง ปรามแก้ว และคณะ, 2545) ได้ทำการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยการสับแยกช่อทะลายก่อนป้อนเข้าเครื่อง ซึ่งการทำงานของเครื่องเป็นแบบถังหมุนแนวตั้ง ภายในถังมีเดือยเหล็กติดอยู่โดยรอบ เมื่อถังหมุนจะเกิดการตีกระทบระหว่างทะลายปาล์มน้ำมันกับเดือยเหล็ก ทำให้ผลปาล์มหลุดออกจากทะลาย ต่อมา (วุฒิพล จันทร์สระคู และคณะ, 2556) ได้ทำการพัฒนาเครื่องผลิตผลปาล์มออกจากทะลายโดยไม่ต้องสับแยกทะลายก่อนป้อนเข้าเครื่อง การทำงานของเครื่องเป็นแบบถังหมุนแนวตั้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตร ภายในถังมีเดือยเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ติดอยู่โดยรอบ สามารถปรับความยาวได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย และพัฒนารูปแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยไม่ต้องสับแยกทะลายก่อนป้อนเข้าเครื่อง ซึ่งมีหลักการการทำงานของเครื่องเป็นแบบกรงกระรอกหมุนในแนวนอน เพื่อเป็นทางเลือกให้กับ เกษตรกรนำไปใช้เพื่อลดค่าขนส่งและทำให้ขายผลปาล์มได้ในราคาที่สูงขึ้น และยังเป็นทางเลือกสำหรับ โรงงานขนาดเล็กนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

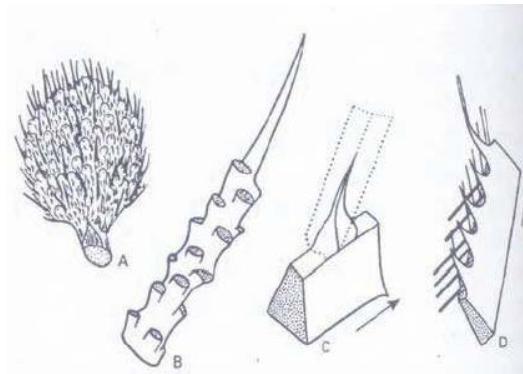
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาการออกแบบและสร้างเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงมีความสามารถในการแยกผลปาล์มน้ำมันได้รวดเร็วขึ้น

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลสำหรับการออกแบบ

ทะลายปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล ดังรูปที่ 1 ในแต่ละทะลายมีน้ำหนักผลประมาณ 45-70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทะลายปาล์มน้ำมันเมื่อสุกแก่เต็มที่ที่มีน้ำหนักประมาณ 1-60 กิโลกรัม แปรไปตามอายุของปาล์มน้ำมันและปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยสังเกตพบว่าปาล์มที่มีอายุน้อยจะมีจำนวนทะลายต่อต้นมากแต่ทะลายมีขนาดเล็ก และเมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้นจะมีจำนวนทะลายต่อต้นน้อยลงแต่ขนาดทะลายจะใหญ่ขึ้น โดยจำนวนทะลายต่อต้นกับน้ำหนักทะลายมีสหสัมพันธ์ทางลบกัน (อรรัตน์ วงศ์ศรี, 2560)

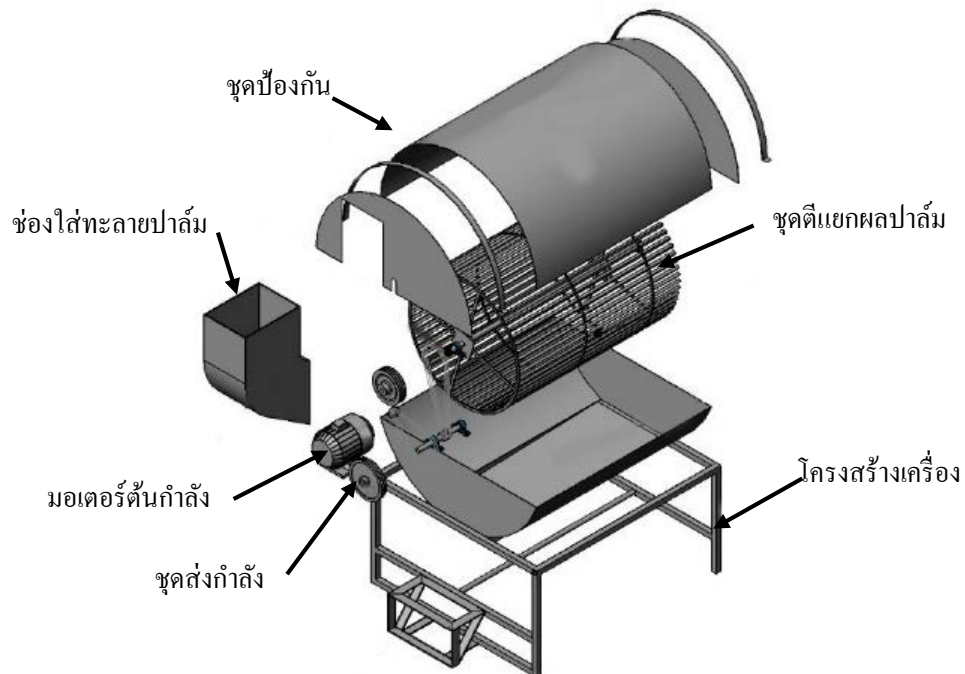


รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบหลายปาล์มน้ำมัน

(<http://www.doa.go.th/palmsurat/images/e-book/compressed.pdf>)

3.2 การออกแบบ

จากผลการศึกษาปัญหาและข้อมูลต่างๆ สำหรับการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายนั้นสามารถออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่องออกเป็น 6 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ชุดตีแยกผลปาล์ม ชุดส่งกำลัง มอเตอร์ต้นกำลัง ช่องใส่ทะลายน้ำมัน ชุดป้องกัน ดังรูปที่ 2 การทำงานของเครื่องเป็นแบบกรงกระรอกหมุน (Squirrel cage Rotor) แนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.7 เมตร ตัวเครื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นเครื่องต้นกำลัง



รูปที่ 2 แบบเครื่องที่ออกแบบด้วยโปรแกรม CAD



รูปที่ 3 เครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะ

3.3 การทดลอง

หลังจากการทดลองเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะได้ถูกทดลองและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการแยกผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งการทดลองเบื้องต้นที่ความเร็วรอบ 100 และ 50 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการทดลอง 5 นาที พบว่าความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกผลปาล์มน้ำมัน โดยการทดลองที่ 50 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าความเร็วรอบที่ 100 รอบต่อนาที ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มที่หลุดออกจากทะเลาะและมีความสมบูรณ์ 67.3 % ขณะที่การใช้ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มที่หลุดออกจากทะเลาะเพียง 43.4 % ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีการทดลองการทำงานของเครื่องภายใต้ตัวแปรความเร็วที่รอบแตกต่างกัน โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 30 50 70 และ 90 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการทดลอง 5 นาทีต่อตัวแปร และใช้ปาล์มน้ำมันจำนวน 3 ทะละาะในการทดลองแต่ละครั้ง ซึ่งปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองจะผ่านการบ่ม 3 วันก่อนการทดลอง (จำลอง ปรอบแก้วและคณะ2545) หลังจากทำการทดลองตามตัวแปรที่กำหนด ผลปาล์มที่ได้จะถูกนำมาตรวจสอบทางกายภาพ และทำการชั่งน้ำหนักเพื่อนำไปคำนวณค่าประสิทธิภาพการแยกผลปาล์ม ดังสมการที่ 1 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลปาล์ม ดังสมการที่ 2

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่หลุดออกจากทะเลาะ} = \frac{\text{จำนวนผลปาล์มที่แยกได้ และไม่เสียหาย (kg)}}{\text{จำนวนผลปาล์มทั้งหมด (kg)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลปาล์ม} = \frac{\text{จำนวนผลปาล์มที่เสียหาย (kg)}}{\text{จำนวนผลปาล์มทั้งหมด (kg)}} \times 100 \quad (2)$$

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาะภายใต้ตัวแปรที่แตกต่างกันนั้น พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน และใช้ระดับความเร็วรอบระดับเดียวในการทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ความเร็วรอบในการแยกผลปาล์มสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบที่ 90 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำสุด เนื่องจากมีความสามารถแยกผลปาล์มออกจากทะเลาะได้เพียง 48.2 เปอร์เซ็นต์ และมีผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลาะอีก 39 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้ความเร็วรอบต่ำสุดที่ 30 รอบต่อนาทีเครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด ซึ่ง



สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะเลาได้ 73.3 เปอร์เซ็นต์ มีผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลาเพียง 14.2 เปอร์เซ็นต์ และจากการพิจารณาปริมาณผลปาล์มที่เสียหายในแต่ละตัวแปรความเร็วรอบ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่เสียหายอยู่ระหว่าง 10-15 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาภายใต้ตัวแปรความเร็วรอบระดับเดียว

ความเร็วรอบ	ปริมาณผลปาล์มทั้งหมด (kg)	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่หลุดออกจากทะเลา	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลา	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่เสียหาย
30	32.2	73.3	14.2	12.5
50	36.8	67.3	17.1	15.6
70	31	62.9	26.8	10.3
90	33.8	48.2	39	12.8

อย่างไรก็ตามจากการตั้งข้อสังเกตระหว่างการทดลอง พบว่า ผลปาล์มจะมีอัตราการหลุดออกจากทะเลาสูงในช่วง 3 นาทีแรก และหลังจากนั้นจะมีการหลุดน้อยลง โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบ 2 ระดับ ใช้ความเร็วรอบในการทดลองที่ 30:50, 30:70 และ 30:90 รอบต่อนาที ช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลองคือ 3 นาที แรกจะใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ในการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลา และใช้เวลาอีก 2 นาที ในการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาภายใต้ความเร็วรอบ 50 70 และ 90 รอบต่อนาที จากผลการทดลองในแบบที่ 2 พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเครื่องได้ โดยการใช้ความเร็วรอบที่ 30:50 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 8.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะเลาได้ 81.6 เปอร์เซ็นต์ มีผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลาเพียง 4.6 เปอร์เซ็นต์ และมีผลปาล์มที่เสียหาย 13.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้ความเร็วรอบที่ 30:70 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 13.9 เปอร์เซ็นต์ สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะเลาได้ 87.2 เปอร์เซ็นต์ มีผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลาเพียง 2.4 เปอร์เซ็นต์ และมีผลปาล์มที่เสียหาย 10.4 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ความเร็วรอบที่ 30:90 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 3.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะเลาได้ 76.6 เปอร์เซ็นต์ มีผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลา 10.2 เปอร์เซ็นต์ และมีผลปาล์มที่เสียหาย 13.2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลาภายใต้ตัวแปรความเร็วรอบ 2 ระดับ

ความเร็วรอบ	ปริมาณผลปาล์มทั้งหมด (kg)	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่หลุดออกจากทะเลา	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่ติดอยู่กับทะเลา	เปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่เสียหาย
30:50	33	81.6	4.6	13.8
30:70	35.4	87.2	0.4	12.4
30:90	30.8	76.6	10.2	13.2

จากผลการทดลองเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะเลา พบว่าการใช้ความเร็วรอบ 30:70 รอบต่อนาที เครื่องมีประสิทธิภาพในการแยกผลปาล์มสูงสุดภายใต้ตัวแปรที่กำหนด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแยกผลปาล์มออก



จากออกจากทะลายนํ้า 87.2 เปอร์เซ็นต์ และจากการประเมินกำลังการผลิตของเครื่อง และการทำงานของคณงานที่ป้อน
ทะลายนํ้าเข้าเครื่อง พบว่ามีกำลังการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 275 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองแยกผลปาล์มนํ้ามันออกจากทะลายนํ้าที่ความเร็วรอบระดับเดียวด้วยระยะเวลาในการตีแยก 5
นาที พบว่าเครื่องแยกผลปาล์มนํ้ามันออกจากทะลายนํ้ามีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที
ซึ่งสามารถแยกผลปาล์มออกจากทะลายนํ้าได้ 73.3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 2 ระดับ ที่เวลาการ
ตีแยกผลปาล์ม 3 และ 2 นาที ตามลำดับ เครื่องมีประสิทธิภาพในการแยกผลปาล์มเพิ่มขึ้น โดยการตีแยกผลปาล์มที่
ความเร็วรอบ 30:70 รอบต่อนาที เครื่องแยกผลปาล์มนํ้ามันออกจากทะลายนํ้าสามารถแยกผลปาล์มออกจากทะลายนํ้า
87.2 เปอร์เซ็นต์

การนำปาล์มนํ้ามันหลังการเก็บเกี่ยวมาบ่มไว้ 3 วันช่วยให้สามารถแยกผลปาล์มนํ้ามันออกจากทะลายนํ้าได้ง่าย
ขึ้น แต่อาจจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของนํ้ามัน เนื่องจากระหว่างการเก็บเกี่ยวผลปาล์มนํ้ามันมีโอกาสซ้ําจากการเคลื่อนย้าย
และเมื่อนำมาเก็บไว้เกิน 24 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณของกรดไขมันอิสระมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้
เกิดปฏิกิริยาทางเคมีของนํ้ามัน

เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ ไชยบุรี และ สรพงษ์ แสงสุวรรณ. (2556). การผลิตนํ้ามันไบโอดีเซลจากนํ้ามันปาล์มบริสุทธิ์โดยใช้ตัวเร่ง
ปฏิกิริยา KF/CaO ในตัวทำละลายร่วม ว.วิทย. มข. 41(1) 176-182 (2556).
- จำลอง ปรามแก้ว, จารุวัตร เจริญ และ ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. (2545). รายงานวิจัยเรื่อง เครื่องแยกผลจากทะลายนํ้า
ปาล์มนํ้ามันสำหรับกลุ่มเกษตรกร, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วราจิต พยอม และคณะ. (2558). เครื่องแยกทะลายนํ้าขนาดเล็ก. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงาน
ทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วุฒิชัย รอดคุ้ม. (2552). การเก็บเกี่ยวทะลายนํ้าสด อุปกรณ์การเก็บเกี่ยวและการขนย้ายปาล์มนํ้ามัน. (สืบค้นเมื่อ 15
พฤษภาคม 2560) <http://palmmalaysia.blogspot.com>.
- วุฒิปด จันทร์สระคู และคณะ. (2556). การทดสอบและพัฒนาเครื่องผลิตผลปาล์มออกจากทะลายนํ้านํ้ามัน ในเขต
พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ศิริชัย ต่อสกุล และคณะ. (2558). การออกแบบและพัฒนารดตัดและเก็บทะลายนํ้ามันแบบเอนกประสงค์.
รายงานการวิจัยและพัฒนาการวิจัยการเกษตร. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).
- อรรถัน วงศ์ศรี, กรมวิชาการเกษตร. (สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2560) <http://www.doa.go.th/palmsurat/images/e-book/compressed.pdf>.
- Maycock, J.H., (1987). *Palm Oil Factory Process Handbook Part 1: General Description of the Palm Oil Milling Process*. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Ministry of Primary Industrial Malaysia.