

การพัฒนาเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

The Development of Splitting Flesh and Fibers Palmyra Fruit Machine

วรพงศ์ บุญช่วยแทน^{1*} ชาตรี หอมเขียว² และวรรณพร ชีววุฒิพงศ์¹
 Worapong Boonchouytan^{1*} Chatree Homkiew²
 and Watthanaphon Cheewawuttipong¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยจากผลตาลโตนด โดยที่เครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดโครงเครื่อง ชุดดึงเส้นใยผลตาลโตนด และชุดถึงปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนด ปัจจัยการทดลองประกอบด้วยความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 150 250 และ 350 รอบต่อนาที และน้ำหนักผลตาลโตนดสุก 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 กิโลกรัม ใช้ปริมาณน้ำ 15 ลิตร และเวลาในการปั่น 20 นาที ผลการทดลองพบว่าการแยกเนื้อผลตาลโตนดโดยใช้ความเร็วรอบที่ 350 รอบต่อนาที และใช้น้ำหนักผลตาลโตนดสุก 15 กิโลกรัม ได้น้ำหนักเท่ากับ 6.757 กิโลกรัม ซึ่งได้น้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดมากที่สุดของการทดลอง ส่วนการแยกเส้นใยผลตาลโตนดพบว่า ภายในเวลา 5 นาที สามารถแยกเส้นใยผลตาลโตนดได้เฉลี่ย 0.571 กิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกเนื้อผลตาลโตนดระหว่างแรงงานคนกับเครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพมากกว่าแรงงานคนเท่ากับ 92.85 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปัจจัยหลักมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (α) = 0.05 เช่นเดียวกับปัจจัยร่วม

คำสำคัญ: กรรมวิธีการแยก เครื่องแยก เส้นใยผลตาลโตนด ผลตาลโตนด

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* Corresponding author e-mail: worapong.b@rmutsv.ac.th

Received: 27 April 2021, Revised: 20 May 2021, Accepted: 20 May 2021

Abstract

The objective of this research was to obtain a prototype of splitting flesh and fiber separator from palm fruit machine. The prototype consisted of the chassis set, the palm fiber pulling set, and the spinning cylinder splitting flesh of Palmyra fruit set. Experimental factors consisted of 3 rotation speeds: 150, 250, and 350 rpm, and 3 grades of ripe palmyra fruit weights: 5, 10 and 15 kg. The amount of water used was 15 liters and the rotation time was 20 minutes. The results showed that using the splitting flesh of Palmyra fruit at 350 rpm and 15 kg of ripe palmyra fruit weight got the weight of 6.757 kg, which was the highest weight of the fruit gained in the experiment. In separating the palmyra fruit fibers, it was found that within 5 minutes, an average of 0.571 kg of fruit fiber was extracted. When comparing the efficiency of palmyra fruit separation between human labor and machine, it was found that the machines were 92.85 percent more efficient than human labor. In addition, the statistical analysis found that the main factor had the same effect as the contributing factor on the weight of the ripe palmyra fruit at the confidence level of 95% (α) = 0.05.

Keywords: Separation method, Splitting machine, Palmyra fruit fiber, Palmyra Fruit

บทนำ

ตาลโตนดจัดเป็นพืชที่มีความสัมพันธ์กับเศรษฐกิจและสังคมไทยชนิดหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในท้องถิ่นแล้วยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมแปรรูปต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์สินค้ามากมายอีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในวิถีชีวิตคนไทย (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2558) ประโยชน์จากตาลโตนดมีอย่างมากมายทั้งในด้านอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร หัตถกรรม งานฝีมือ สิ่งประดิษฐ์ การเกษตร และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เพราะตาลโตนดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แทบทุกส่วนก็ว่าได้ และยังใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ (กาญจนา และคณะ, 2554) ส่วนผลตาลโตนดสุกจะมีกลิ่นหอมเนื้อเป็นสีเหลืองนำไปทำขนมตาล เส้นใยที่ยังติดอยู่กับเมล็ดหลังจากการแยกเนื้อซึ่งผลตาลโตนดสุกจะให้เส้นใยลูกตาลคิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 23-37 เปอร์เซ็นต์ ของผล เส้นใยตาลโตนดมีองค์ประกอบคือ ลินิน 12.20 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 62.90 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 18.42 เปอร์เซ็นต์ และเพกติน 1.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณเซลลูโลสสูง (จันทร์เพ็ญ และพิทักษ์, 2556) จากการ

ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ทำให้ทราบลักษณะภายในตามภาคตัดขวางของเส้นใยลูกตาลว่ามีลักษณะเป็นรูปรีเกือบกลม มีลูเมนเห็นได้ชัดเจน ผงเซลลูล์ค่อนข้างบาง (พิทักษ์ และคณะ, 2552)

ในปัจจุบันวิธีการแยกเนื้อผลตาลโตนดสุกและเส้นใยผลตาลโตนดมีหลายวิธี เช่น การต้มเนื้อผลตาลโตนด และวิธีการขยี้ลูกตาล เพื่อนำไปแปรรูปทำขนมตาลหรือจำหน่ายนั้นกระทำได้โดยวิธีการต้มแล้วใช้ตะกร้าหรือช้อนในการขยี้และชูดเพื่อแยกเนื้อผลตาลโตนดออก ส่วนเส้นใยผลตาลโตนดใช้แรงงานคนในการตัดหรือดึงออกจากกะลาซึ่งมีกระบวนการที่ยุ่งยากเพราะเนื้อผลตาลโตนดและเส้นใยผลตาลโตนดที่ติดอยู่กับผลตาลโตนดนั้นมีความเหนียวมากทำให้เสียเวลาและแรงงานในการแยกเนื้อตาลและเส้นใยผลตาลโตนด (วรพงศ์ และคณะ, 2559) จากการศึกษาเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดที่เกี่ยวข้องนั้น เช่น (1) เครื่องแยกเนื้อตาลสุก (จตุรงค์ และคณะ, 2559) เพื่อลดเวลาและแรงงานในการแยกเนื้อตาลสุก และช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนของประเทศไทยให้มีความเข้มแข็ง จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบที่ใช้ขับเคลื่อนชุดแยกเนื้อตาล 280 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การแยกเนื้อตาลสุก 96.8 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำงาน 37.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (2) การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเส้นใยลูกตาลสุก (จตุรงค์ และคณะ, 2559) เพื่อลดเวลาและแรงงานในการแยกเส้นใยจากเมล็ดตาลสุก จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของชุดแยกเส้นใยลูกตาล 400 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การแยกเส้นใยลูกตาลสุก 94.3 ± 1.5 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 4.8 ± 0.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.68 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 1,440 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 6 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 164 ชั่วโมงต่อปี (3) การออกแบบและสร้างเครื่องขยี้ผลตาลโตนดเพื่อการแปรรูปอาหาร (อรุณ และคณะ, 2559) หาประสิทธิภาพของเครื่องขยี้ผลตาลโตนด และหาความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องขยี้ผลตาลโตนด พบว่าเครื่องออกแบบให้สามารถใช้งานได้สะดวกและใช้งานได้จริง ช่วยลดเวลาในกระบวนการขยี้ลูกตาลโตนดและการใช้แรงงานคนซึ่งวัสดุที่ใช้ทำด้วยสแตนเลสโดยคำนึงถึงความสะอาดและปลอดภัยความเร็วรอบของมอเตอร์ 100 รอบต่อนาที ทำให้ผิวของเนื้อตาลแยกออกจากเส้นใยตาลได้ดี ในการขยี้ผลตาลโตนดที่น้ำหนัก 1.6 กิโลกรัมต่อครั้ง ได้เนื้อตาลเฉลี่ย 306 กรัม คิดเป็น 1.3 เท่าของแรงงานคนที่ขยี้เนื้อตาล ส่วนของเวลาในการขยี้ผลตาลโตนด มีเวลาเฉลี่ย 5.6 นาที คิดเป็น 8.3 เท่าของแรงงานคนที่ขยี้เนื้อตาล จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น เครื่องแยกเนื้อตาลสุกสามารถแยกได้แค่เนื้อตาลโตนดเพียงอย่างเดียวหรือเครื่องแยกเส้นใยตาลโตนดก็สามารถแยกได้แค่เส้นใยตาลโตนดเพียงอย่างเดียวเช่นกัน ส่วนเครื่องที่สร้างขึ้นมานี้ใหม่ จะมีการทำงานสองกระบวนการในเครื่องเดียว คือ แยกเนื้อผลตาลโตนดและเส้นใยผลตาลโตนด

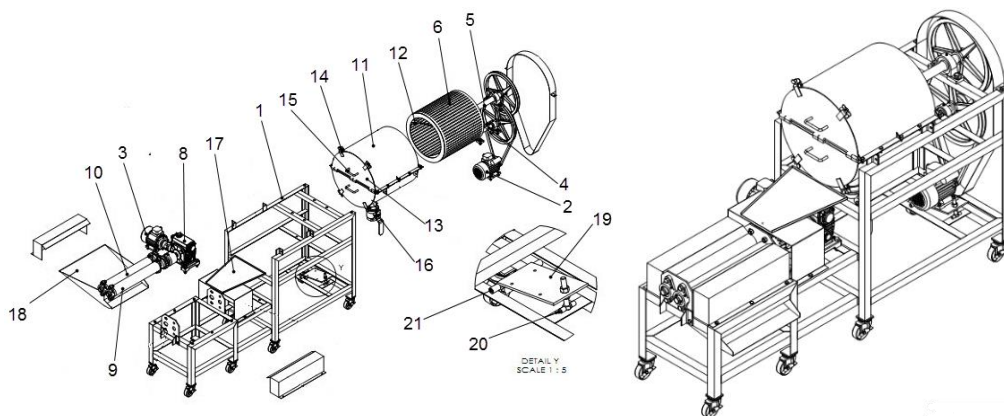
ดังนั้นจึงได้คิดค้นออกแบบและสร้างเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยจากผลตาลโตนด สำหรับผลิตเนื้อผลตาลโตนด และผลิตเส้นใยผลตาลโตนด เพื่อนำผลิตที่ได้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมตาล กระจาดที่สามารถทำเองได้ และใช้ในงานหัตถกรรม งานบรรจุภัณฑ์ สร้างรายได้ให้กับชุมชน ภายใต้ขอบเขต เครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดประกอบด้วย 2 ชุด คือชุดแยกเนื้อผลตาลโตนดและชุดแยกเส้นใยผลตาลโตนด

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนของการออกแบบ พัฒนา และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ

สำหรับกระบวนการแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดของเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดตามการประดิษฐ์นี้ (วรพงศ์ และคณะ, 2559) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

ที่มา: วรพงศ์ และคณะ, 2559

2. ส่วนประกอบของเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

2.1 ชุดโครงเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดได้ออกแบบมีขนาด 526 x 1,164 x 750 มิลลิเมตร โดยมีชุดแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดยึดติดอยู่ แสดงดังภาพที่ 2



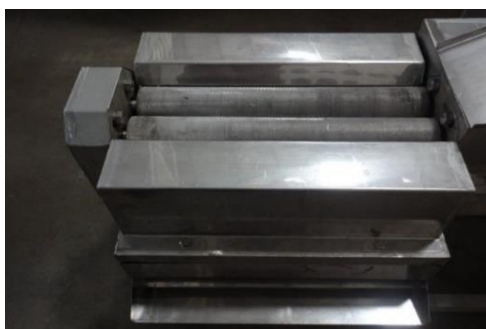
ภาพที่ 2 ชุดโครงเครื่อง

2.2 ชุดถังปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนด โดยมีการออกแบบเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 มิลลิเมตร และความยาว 425 มิลลิเมตร โดยประกอบติดกับถังปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ชุดถังปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนด

2.3 ชุดตั้งเส้นใยผลตาลโตนดมีการออกแบบโดยลูกกลิ้งหมุนเข้าหากัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง 75 มิลลิเมตร และความยาว 450 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดตั้งเส้นใยผลตาลโตนด

3. วิธีการทดสอบเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

การทดสอบในการแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด ใช้ผลตาลโตนดสุกเป็นวัตถุดิบในการแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด โดยการใช้ถังปั่นเนื้อผลตาลโตนดในการแยกเนื้อ และใช้เพลลาในการดึงเส้นใยผลตาลโตนด การทดสอบประสิทธิภาพการแยกเนื้อผลตาลโตนด โดยการนำผลตาลโตนดสุกน้ำหนัก 5 10 และ 15 กิโลกรัม มาทดสอบปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนดโดยใช้ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 150 250 และ 350 รอบต่อนาที โดยใส่น้ำในการทดสอบ 15 ลิตร หรือประมาณครึ่งถังของเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด ใช้เวลาในการปั่น 20 นาที ผลการทดสอบที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของเนื้อผลตาลโตนด โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.1 เตรียมผลตาลโตนดสุกโดยการปอกเปลือกสีดำออก แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลตาลโตนดสุกที่ปอกเปลือกสีดำแล้ว

3.2 เตรียมถังปั่นในการแยกเนื้อผลตาลโตนด ในการทดลองเครื่องครั้งนี้ โดยการนำผลตาลโตนดสุกใส่ลงไป และใส่น้ำตามไป แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การเตรียมถังปั่นในการแยกเนื้อผลตาลโตนด

- 3.3 ทำการปิดฝาช่องใส่ผลตาลโตนดของถังปั่นในการแยกเนื้อผลตาลโตนด
- 3.4 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทำการต่อปลั๊กไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ กดปุ่ม start เพื่อปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนด โดยใช้เวลาในการปั่น 20 นาที
- 3.5 เมื่อครบ 20 นาที กดปุ่ม stop เปิดฝาช่องใส่ผลตาลโตนดออก
- 3.6 เปิดท่อเอาเนื้อออกจากถังปั่น ลงบนที่กรองแบบละเอียด
- 3.7 นำผลตาลโตนดที่แยกเนื้อเสร็จแล้ว ใส่ลงในชุดดั่งเส้นใยผลตาลโตนดต้องการ
- 3.8 ในขั้นตอนนี้เมื่อได้เนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดที่แยกเสร็จแล้ว นำมาชั่งน้ำหนัก

ผลการวิจัย

จากการปรับปรุงแก้ไขและทดลองเครื่องจักรจนมั่นใจในประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแล้ว ขั้นตอนของผลการทดลองจะดำเนินการทดลองโดยการขยี้เนื้อตาล และตัดเส้นใยตาลเป็นเส้น โดยที่ผลตาลโตนดจะทำการปอกเปลือกออกเรียบร้อยแล้ว เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดกับแรงงานคน 1 คน ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

1. การศึกษาการทำงานด้วยแรงงานคน

จากการทดลองด้วยแรงงานคนในการขยี้ผลตาลโตนด โดยการนำผลตาลโตนดสุกมาขยี้แล้วจับเวลาใน 20 นาที แล้วขยี้จนกว่าจะเห็นว่าเนื้อของผลตาลโตนดติดอยู่ที่ก้นผลตาลโตนดน้อยที่สุดแล้วทำการกรองเนื้อผลตาลโตนดออกจากน้ำ จากนั้นนำเนื้อตาลโตนดที่แยกเสร็จแล้วมาชั่งน้ำหนักและทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง ต่อมานำผลตาลโตนดที่แยกเนื้อเสร็จแล้วนำมาแยกเส้นใยด้วยการตัดด้วยกรรไกร จับเวลา 5 นาที และบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง จึงได้ผลการทดลองด้วยแรงงานคน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการขยี้และการตัดเส้นใยผลตาลโตนดด้วยแรงงานคน

ครั้งที่	การขยี้ผลตาลโตนด		การตัดเส้นใยผลตาลโตนด	
	เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	20	0.485	5	0.131
2	20	0.496	5	0.151
3	20	0.478	5	0.177
4	20	0.469	5	0.187
5	20	0.488	5	0.191
ค่าเฉลี่ย	20	0.483	5	0.167

จากการทดลองด้วยแรงงานคน พบว่าการทดลองการขยี้ผลตาลโตนดด้วยแรงงานคนในเวลา 20 นาที จะได้เนื้อผลตาลโตนดสุกเฉลี่ย 0.483 กิโลกรัม และการตัดเส้นใยผลตาลโตนดด้วยแรงงานคนในเวลา 5 นาที แล้วสามารถตัดเส้นใยผลตาลโตนดได้เฉลี่ย 0.167 กิโลกรัม

2. การศึกษาการทำงานด้วยเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

การทดสอบประสิทธิภาพการแยกเนื้อผลตาลโตนด โดยการนำผลตาลโตนดสุกน้ำหนัก 5 10 และ 15 กิโลกรัม มาทดสอบปั่นแยกเนื้อผลตาลโตนดโดยใช้ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 150 250 และ 350 รอบต่อนาที ใส่ น้ำ ในการทดสอบประมาณ 15 ลิตร หรือประมาณเกือบครึ่งถังของเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด ใช้เวลาในการปั่น 20 นาที ผลการทดสอบที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของเนื้อผลตาลโตนด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3 ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพการแยกเส้นใยผลตาลโตนด โดยการนำเอาผลตาลโตนดสุกที่ผ่านการแยกเนื้อออกแล้วมาเป็นวัสดุทดลอง ใช้เวลาการหมุนแยกเส้นใยตาลโตนด 5 นาที ผลการทดสอบที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของเส้นใยผลตาลโตนด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการแยกเนื้อผลตาลโตนด

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนักผลตาลโตนดสุก (กิโลกรัม)	เวลา (นาที)	ผลการทดลอง (กิโลกรัม)
1	150	5	20	0.696
2	150	10	20	1.857
3	150	15	20	3.076
4	250	5	20	0.743
5	250	10	20	2.857
6	250	15	20	4.985
7	350	5	20	0.927
8	350	10	20	3.838
9	350	15	20	6.757

จากผลการทดสอบการแยกเนื้อผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด พบว่า การแยกเนื้อผลตาลโตนดโดยใช้ความเร็วรอบสูงที่ 350 รอบต่อนาที ใช้ผลตาลโตนด 15 กิโลกรัม น้ำ 15 ลิตร และเวลา 20 นาที ได้น้ำหนักเท่ากับ 6.757 กิโลกรัม ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองสภาวะอื่น ๆ ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการแยกเส้นใยผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด พบว่าในเวลา 5 นาที สามารถการแยกเส้นใยผลตาลโตนดได้เฉลี่ย 0.571 กิโลกรัม

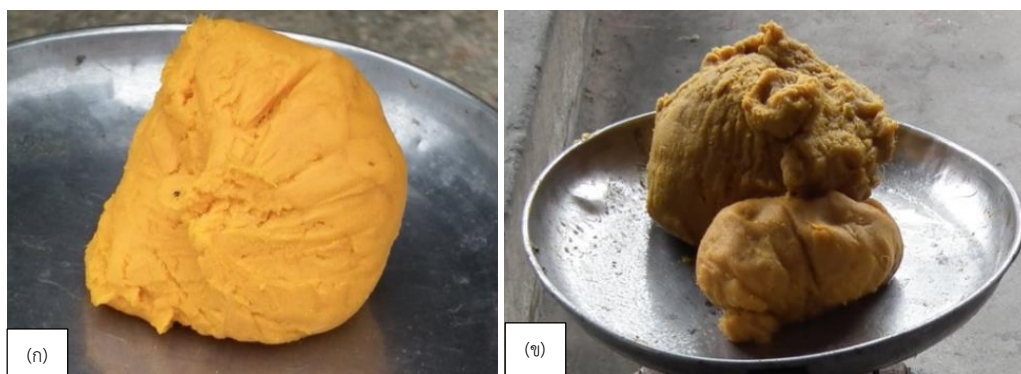
3. การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเครื่องกับแรงงานคน

จากการทดลองการการแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด เปรียบเทียบระหว่างแรงงานคน กับเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด โดยผลการทดลองแยกเนื้อผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเนื้อ และเส้นใยผลตาลโตนด มีความสามารถในการแยกเนื้อผลตาลโตนดได้ 20.271 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แรงงานคนมีความสามารถในการขยี้เนื้อผลตาลโตนดได้เพียง 1.449 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนการแยกเส้นใยผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเส้นใยผลตาลโตนดสามารถแยกเส้นใยผลตาลโตนดได้ 6.852 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แรงงานคนมีความสามารถในการตัดเส้นใยผลตาลโตนดได้ 2.004 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อแรงงานคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น ในขณะที่เครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง แสดงดังตารางที่ 3

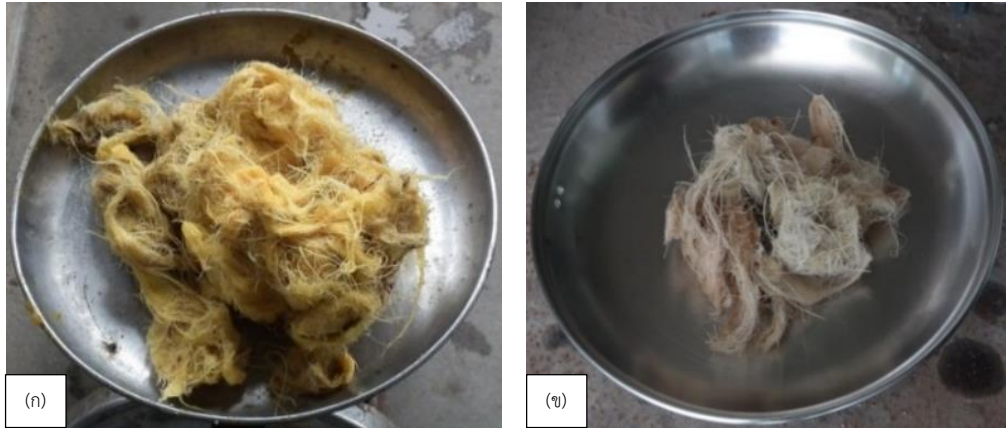
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบในการแยกเนื้อผลตาลโตนดระหว่างเครื่องกับแรงงานคน

ลักษณะการทำงาน	แยกเนื้อผลตาลโตนด		แยกเส้นใยผลตาลโตนด	
	เวลา (ชั่วโมง)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง	เวลา (ชั่วโมง)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด	1	20.271	1	6.852
แรงงานคน	1	1.449	1	2.004

จากตารางที่ 3 สามารถแสดงลักษณะการแยกเนื้อผลตาลโตนดและการแยกเส้นใยผลตาลโตนดด้วยเครื่องกับแรงงานคน แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ลักษณะการแยกเนื้อผลตาลโตนดด้วยเครื่อง (ก) และแรงงานคน (ข)



ภาพที่ 8 ลักษณะการแยกเส้นใยผลตาลโตนดด้วยเครื่อง (ก) และแรงงานคน (ข)

การอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบจากความถูกต้องของตัวแบบ (model adequacy checking) ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าน้ำหนักของเนื้อผลตาลโตนดสุก แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองแยกเนื้อผลตาลโตนดสุกของเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนักผลตาลโตนดสุก (กิโลกรัม)	เวลา (นาที)	ผลการทดลอง (กิโลกรัม)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
150	5	20	0.696	0.565	0.711
150	10	20	1.857	1.758	1.945
150	15	20	3.076	3.103	3.133
250	5	20	0.743	0.786	0.786
250	10	20	2.857	2.957	2.917
250	15	20	4.985	4.885	4.876
350	5	20	0.927	0.967	0.921
350	10	20	3.838	3.966	3.936
350	15	20	6.757	6.889	6.885

1. การตั้งสมมุติฐานการทดลอง

1.1 ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect)

ทดสอบสมมุติฐานของอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนด กำหนดให้ α_1 α_2 α_3 คือ ความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดที่ 150 250 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

$H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$ สำหรับบางระดับ อิทธิพลของความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

ทดสอบสมมุติฐานอิทธิพลของปัจจัยน้ำหนักผลตาลโตนดสุก กำหนดให้ β_1 β_2 β_3 คือ น้ำหนักผลตาลโตนดสุกที่ 5 10 และ 15 กิโลกรัม ตามลำดับ

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของน้ำหนักผลตาลโตนดสุกไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$ สำหรับบางระดับ อิทธิพลน้ำหนักผลตาลโตนดสุกมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

1.2 ผลกระทบของปัจจัยร่วม (factor interaction effect)

ทดสอบสมมุติฐานอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักผลตาลโตนดสุก กำหนดให้ $\alpha\beta_1$ $\alpha\beta_2$ $\alpha\beta_3$ คือ ปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักผลตาลโตนดสุก

$H_0 : \alpha\beta_1 = \alpha\beta_2 = \alpha\beta_3$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักผลตาลโตนดสุกไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

$H_1 : \alpha\beta_1 \neq \alpha\beta_2 \neq \alpha\beta_3$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักผลตาลโตนดสุกมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อตาลโตนดสุก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุก จากปัจจัยหลักความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนด (rotation speed) และน้ำหนักตาลโตนดสุก (feed palmyra) และปัจจัยร่วมความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับน้ำหนักตาลโตนดสุก (rotation speed * feed palmyra) แสดงดังตารางที่ 5 ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 99.58 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ความผันแปรต่าง ๆ ของการทดลองที่สามารถควบคุมได้ (controllable) เช่น ปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสุกหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดให้คงที่ ในการทดลอง มีค่าเท่ากับ 99.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประมาณ 0.42 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากปัจจัย

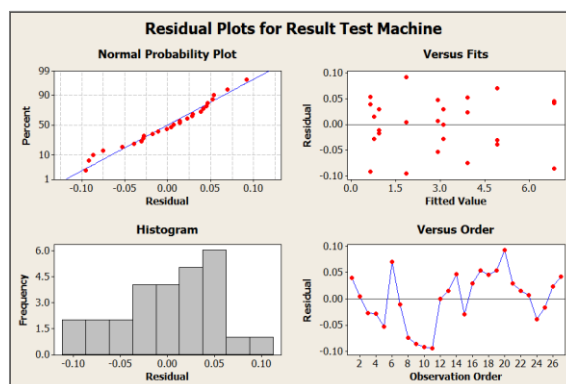
ต่าง ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ (uncontrollable) ดังนั้นการออกแบบการทดลองครั้งนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p-value
rotation speed	2	18.489	18.489	9.245	2478.51	< 0.001
feed palmyra	2	78.073	78.073	39.037	10465.71	< 0.001
rotation speed * feed palmyra	4	8.982	8.982	2.245	602.00	< 0.001
error	18	0.067	0.067	0.004		
total	26	105.612				

S = 0.0610734 R-Sq = 99.58% R-Sq (adj) = 99.39%

การวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบ ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (normal) ความเป็นอิสระ (independence) และความแปรปรวนคงตัว (constant variance) จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบการทดลอง

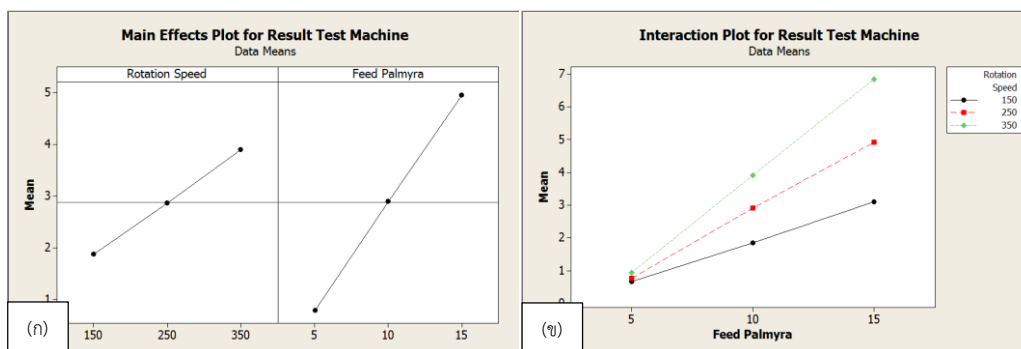
2. ทดสอบสมมติฐานของการทดลอง

อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโดนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโดนดสุกและอันตรกิริยา หรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโดนดสุก

2.1 ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect)

ทดสอบสมมติฐานของอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนด จากข้อมูลในตารางที่ 5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p -value ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับค่า α (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่า อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบสมมติฐานอิทธิพลของปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสุก จากข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p -value ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับค่า α (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าอิทธิพลของปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสุกมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้แสดงดังภาพที่ 10 (ก) ซึ่งปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสุกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุก จากภาพที่ 10 (ก) จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดเพิ่มขึ้นทำให้ค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุกมีค่ามากขึ้นด้วย ส่วนน้ำหนักตาลโตนดสุกจะเห็นได้ว่าถ้าน้ำหนักตาลโตนดสุกมากขึ้นจะให้ค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุกมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสุก

(ก) ปัจจัยหลัก (ข) ปัจจัยร่วม

2.2 ผลกระทบของปัจจัยร่วม (factor interaction effect)

ทดสอบสมมติฐานอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสุก จากข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอันตรกิริยาด้วยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p -value ซึ่งมีค่าน้อยกว่า

เมื่อเทียบกับค่า α (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้อธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสูงมีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสูงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายเพิ่มเติม แสดงดังภาพที่ 10 (ข) การเพิ่มค่าของปัจจัยความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนดกับปัจจัยน้ำหนักตาลโตนดสูงส่งผลให้มีค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องมาจากแรงหมุนเหวี่ยงที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดการหมุนเหวี่ยงเนื้อตาลโตนดไปกระแทกกับถังปั่นมากขึ้น ทำให้เกิดการหลุดออกของเนื้อตาลโตนดสูงที่มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้เมื่อน้ำหนักผลตาลโตนดสูงที่ใส่เข้าไปในถังปั่นเพิ่มขึ้นก็จะทำให้มีเนื้อผลตาลโตนดสูงเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องมาจากเนื้อตาลโตนดที่ใส่เข้าไปเกิดการหมุนชนกัน การเสียดสีกัน การกระแทกกันภายในถังปั่นมากขึ้นทำให้เนื้อตาลโตนดสูงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองด้วยแรงงานคนในการขยี้ผลตาลโตนด โดยการนำผลตาลโตนดสูงมาขยี้ด้วยเวลา 20 นาที และขยี้จนกว่าเห็นว่าเนื้อของผลตาลโตนดติดอยู่ที่กะลาผลตาลโตนดน้อยที่สุด จากนั้นทำการกรองเนื้อตาลโตนดออกจากน้ำ จึงนำเนื้อตาลโตนดที่แยกเสร็จแล้วนำมาชั่งน้ำหนักและทำการปั่นที่กผลจนครบ 5 ครั้ง ต่อมานำผลตาลโตนดที่แยกเนื้อเสร็จแล้วมาแยกเส้นใยด้วยการตัดด้วยกรรไกร จับเวลา 5 นาที ทำการปั่นที่กผลจนครบ 5 ครั้ง จึงได้ผลการทดลองจากแรงงานคน โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพการแยกเนื้อผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด พบว่าการแยกเนื้อผลตาลโตนดโดยใช้ความเร็วรอบสูงที่ 350 รอบต่อนาที ใช้ลูกตาลโตนด 15 กิโลกรัม น้ำ 15 ลิตร และเวลา 20 นาที ได้น้ำหนัก 6.757 กิโลกรัม ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองสภาวะอื่น ๆ ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการแยกเส้นใยผลตาลโตนดด้วยเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด พบว่าในเวลา 5 นาที สามารถการแยกเส้นใยผลตาลโตนดได้เฉลี่ย 0.571 กิโลกรัม

2. เครื่องแยกเส้นใยผลตาลโตนดสามารถแยกเส้นใยผลตาลโตนดได้ 6.852 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่แรงงานคนมีความสามารถในการตัดเส้นใยผลตาลโตนดได้ 2.004 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพราะเมื่อแรงงานคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น ในขณะที่เครื่องแยกเนื้อและเส้นใยตาลโตนดสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

3. ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเร็วรอบการปั่นเนื้อผลตาลโตนด และน้ำหนักตาลโตนดสูง มีผลต่อค่าน้ำหนักเนื้อผลตาลโตนดสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (α) = 0.05 เช่นเดียวกับปัจจัยร่วม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) รหัสโครงการ PRP5905010560

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา บุญส่ง พจนารถ บังเขียว อรอนงค์ ศรีพวาทกุล และชานานุช เงินทอง. (2554). *แนวทางการสืบสวนวัฒนธรรมतालเมืองเพชรที่เอื้อต่อวิถีชีวิตของชุมชนบ้านลาด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม.
- จตุรงค์ ลังกาพันธ์ สุนัน ปานสาคร ภูรินทร์ อัครกุลธร สุภษฎ์ สร้อยแมน และสุภณัฐ สร้อยแมน. (2559). การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเนื้อตาลสุก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, 14(1), 47-54.
- จตุรงค์ ลังกาพันธ์ สุนัน ปานสาคร ภูรินทร์ อัครกุลธร สุภษฎ์ สร้อยแมน และสุภณัฐ สร้อยแมน. (2559). การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเส้นใยลูกตาลสุก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, 14(2), 37-44.
- จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และพิทักษ์ อุปัญญา. (2556). การสร้างมูลค่าเพิ่มวัสดุเหลือทิ้งจากตาลโตนด. *รายงานวิจัย*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.
- พิทักษ์ อุปัญญา อรสา แถบเกิด และจุฑามาศ ซ่อนนาค. (2552). *การเพิ่มมูลค่าเส้นใยลูกตาลเป็นสิ่งทอธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์ผ้าทอมือจากเส้นใยลูกตาล*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- วรพงศ์ บุญช่วยแทน ชาตรี หอมเขียว และวรรณพร ชีววุฒิพงศ์. (2559). *การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนดและพัฒนาเส้นใยผลตาลโตนดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษพื้นบ้านตำบลท่าหิน อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).
- วรพงศ์ บุญช่วยแทน ชาตรี หอมเขียว และวรรณพร ชีววุฒิพงศ์. (2559). เครื่องแยกเนื้อและเส้นใยผลตาลโตนด. *อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 12394*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.
- สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา. (2558). *ตาลโตนด (palmyra palm) ประโยชน์ และสรรพคุณตาลโตนด*. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2562, จาก: <https://puechkaset.com>.
- อรุณ สุขแก้ว วิมล บุญรอด และสุจิต สิงห์พันธุ์. (2559). การออกแบบและสร้างเครื่องขยี้ผลตาลโตนดเพื่อการแปรรูปอาหาร. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54*. กรุงเทพฯ.