



การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อตาลออกจากผลตาลสุก
(Improvement of pulp separator for Palmyra palm fruit)

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา วิบูลย์ศิริกุล

ว่าที่ร้อยตรี พยองค์ น้อยคล้าย

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อตາลจากผลตາลสูก

เนื้อตາลสูกเป็นผลิตผลจากผลตາลโคนด ซึ่งเป็นพืชที่มีมากในจังหวัดเพชรบุรี และมีเกษตรกร ในจังหวัดสามารถสร้างรายได้จากการขายเนื้อตາลสูกจำนวนมาก เนื่องจากในช่วงฤดูฝนของปีจะมีผลตາลสูกในปริมาณมาก ทำให้วิธีการยีตາลที่เกษตรกรใช้ไม่สามารถผลิตเนื้อตາลสูกออกขายได้ทันเวลา ก่อนเนื้อตາลสูกเน่าเสีย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อพัฒนาเครื่องแยกเนื้อตາลสูกให้มีประสิทธิภาพในการแยกเนื้อตາลสูกเพิ่มขึ้นกว่าเครื่องยีตາล-สลัดน้ำซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาก่อนหน้านี้ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องแยกเนื้อตາลสูกประกอบด้วยโครงสร้างเป็นสแตนเลส มีถังแยกเนื้อตາลที่มีรูปร่างทรงกระบอก และผนังมีรูพรุน วางอยู่ในอ่างรองรับเนื้อตາลสูก ตัวถังแยกเนื้อตາลถูกควบคุมการหมุนผ่านมอเตอร์เกียร์ ภายในมีแผ่นกันสแตนเล斯วางตัวแนวยาวของถังจำนวน 5 แผ่น เพื่อช่วยควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของผลตາลภายในถัง มีอ่างรับน้ำสำหรับฉีดพ่นบนถังแยกเนื้อตາลสูก โดยใช้ปั๊มน้ำพาน้ำที่ผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองไปซีดพ่นลงบนถังแยกเนื้อตາลสูก มอเตอร์เกียร์และปั๊มน้ำถูกควบคุมผ่านกล่องควบคุมระบบไฟฟ้า เครื่องแยกเนื้อตາลสูกนี้สามารถบรรจุผลตາลสำหรับการแยกเนื้อตາลได้สูงสุด 190 กิโลกรัม และใช้เวลาในการแยกเนื้อตາลสูกประมาณ 10 นาที ใช้เวลาในการสะเด็ดน้ำจากเม็ดตາล 6 นาที และใช้เวลาในการนำเม็ดตາลออกจากถังนานประมาณ 7 นาที ความสามารถในการแยกเนื้อตາลของเครื่องแยกเนื้อตາลประมาณ 19 กิโลกรัม/นาที ซึ่งสูงกว่าเครื่องยีตາล-สลัดน้ำประมาณ 9 เท่า เนื้อตາลสูกที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อตາลสูกและเครื่องยีตາล-สลัดน้ำมีค่าพีโซะและค่าสี L*a*b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : เนื้อตາลสูก เครื่องแยกเนื้อตາลสูก ประสิทธิภาพ

Abstract

Improvement of pulp separator for Palmyra palm fruit

Jintana Wiboon Sirikul

Ripen Palmyra palm (*Borassus flabellifer* Linn.) pulp is a kind of produces derived from its fruits and abundant in Phetchaburi province. Many farmers gain their income from producing ripen pulp and distributing to various markets in both Phetchaburi and other provinces. During raining season, there are too many ripen Palmyra palm fruits to produce for ripen pulp in time before decomposition by a conventional method. The objective of the research was aimed to improve the efficiency of the pulp separator to be higher than the former pulp separator developed in 2015. The results showed that the present separator composed of stainless steel structure and a cylinder separator tank with porous wall lied in half-cylinder tank for water reservoir and mixture of water and pulp. The separator tank was controlled by gear motor and equipped with 5 pieces of baffles. In addition, there was a stainless pipe on the separator tank connected from a pump equipped to the overflow water from the half-cylinder tank for spraying water to the surface of the separator tank. The capacity of the separator tank was 190 kg, and pulp was separated from the palmyra palm fiber. The separating time was around 10 min, water removal from the Palmyra palm seed and fiber was around 6 min, and seed removal time was around 7 min. The capacitor of the separator was 19 kg/min, which was 9 times higher than the former separator. The quality of Palmyra palm pulp derived from both separators had no significant difference in pH and color values of $L^*a^*b^*$.

Key words : ripen Palmyra palm pulp, pulp separator, efficiency

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้การสนับสนุนและจัดการทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณคุณณอมและคุณอำนาจ ภู่เงิน สำหรับการอื่อเพื่อสถานที่และข้อมูลเกี่ยวกับการยืดตัว สำหรับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเตรียมเนื้อตัวสุกเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพ

คณผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญภาพ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	15
วัสดุ อุปกรณ์.....	15
วิธีดำเนินงานวิจัย.....	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย.....	21
ผลการประกอบเครื่องแยกเนื้อตາลสูก.....	21
ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อตາลสูก.....	27
ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี.....	29

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะการวิจัย.....	31
วัตถุประสงค์ สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป.....	31
สรุปผลการวิจัย.....	32
ข้อเสนอแนะ.....	32
เอกสารอ้างอิง.....	33
หลักฐานการเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	36

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะต้นตาลโคนด (<i>Borassus flabellifer</i> Linn.).....	3
2.2 ลักษณะเนื้อตาลสุก (ซ้าย) ผลตาลที่แยกส่วนตามจำนวนเมล็ดตาลเป็น 3 ส่วน และ (ขวา) พุตราลที่แยกออกจากผลตาลรองการแยกเนื้อตาลสุก.....	5
2.3 ลักษณะเนื้อตาลสุก.....	6
2.4 เครื่องยีตาล-สลัดน้ำ.....	13
4.1 เครื่องแยกเนื้อตาลสุก (ซ้าย) ด้านข้าง (ขวา) ด้านหน้าของเครื่อง.....	21
4.2 อ่างรองรับเนื้อตาลสุกผสมน้ำและถังแยกเนื้อตาลสุก.....	22
4.3 แผ่นกันสแตนเล斯ภายในถังแยกเนื้อตาลสุก.....	23
4.4 ไมเตอร์เกียร์และปั๊มน้ำของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก.....	24
4.5 อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก.....	25
4.6 การนำเมล็ดตาลที่ถูกแยกเนื้อตาลออกรถแล้วออกจากเครื่องแยกเนื้อตาลสุก.....	26

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของเนื้อตานดอนดสุก.....	6
4.1 เวลาในการแยกเนื้อตานจากผลตานสุกระหว่างเครื่องแยกเนื้อตานและ เครื่องยีตาล-สลัดน้ำ.....	27
4.2 ค่าพีเอชและค่าสีของเนื้อตานสุกที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อตานและเครื่องยีตาล-สลัดน้ำ.....	28
4.3 คะแนนความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดการใช้เครื่องแยกเนื้อตานสุก.....	29

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื้อตalaสุกได้จากผลตalaโตนด (*Borassus flabellifer* Linn.) ซึ่งมีมากตามธรรมชาติในจังหวัดเพชรบุรี และในบางฤดูกาลโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูร้อนถึงต้นฤดูหนาว จะมีมากจนเกษตรกรที่มีอาชีพเก็บและขายผลิตผลจากต้นตalaโตนดไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันเวลา ก่อให้ผลตalaสุกจะเน่าเสีย เนื้อตalaสุกสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิดทั้งอาหารคาวและหวาน เมื่อเก็บผลแล้วและผลไม่ทั่วไป มีกลิ่นสับและความหวานเฉพาะตัวที่แตกต่างจากผลไม่ทั่วไป มีสารแครโตรีโนยดซึ่งใช้ในการสร้างวิตามินเอในปริมาณสูง เมื่อเทียบกับผักและผลไม้อื่น และให้ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจแก่เกษตรกรมากกว่าการปลูกผักและผลไม่ทั่วไป เนื่องจากเป็นต้นไม้มีอายุนาน ไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาด้วยปุ๋ยหรือธาตุอาหารของพืชอย่างสมำเสมอ ซึ่งต่างจากการปลูกพืชผักผลไม้ชนิดอื่น มีศัตรูพืชน้อยมาก ดังนั้นมีอัตราการเสียหายต่ำ เมื่อเทียบกับการขายผลิตผลทางการเกษตรอื่น นอกจากนี้กรรมทรัพย์สินทางปัญญา กระหวงพาณิชย์ ได้คัดเลือกจังหวัดเพชรบุรี เป็น 1 ใน 10 จังหวัดเมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ในด้าน “เมืองเพชร เมืองตalaโตนด” ดังนั้นจังหวัดเพชรบุรีจึงกำหนดให้เป็นศูนย์กลางศาสตร์จังหวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ตามนโยบายของรัฐบาล โดยกำหนดให้มีการสร้างมูลค่าเพิ่ม การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากต้นตalaโตนด ซึ่งรวมทั้งเนื้อตalaสุก

การแยกเนื้อตalaออกจากผลตalaหรือการยีตalaเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาและแรงงานคนมาก ในปีพ.ศ. 2557 คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องยีตala-สลัดน้ำเพื่อแก้ปัญหาเรื่องการใช้เวลาและแรงงานคนในการยีตala โดยเครื่องยีตala-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นช่วยลดระยะเวลาในการผลิตเนื้อตalaสุกโดยรวมได้เร็วขึ้นประมาณ 3 เท่า โดยเฉพาะในขั้นการแยกน้ำออกจากของผสมของเนื้อตalaกับน้ำ อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการแยกเนื้อตalaออกจากผลตalaสุกยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรใช้ประมาณ 3 เท่า เนื่องจากขนาดบรรจุและวิธีการกวนด้วยใบกวนในถังผสมไม่เหมาะสมในการแยกเนื้อตalaออกจาก พุตala ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกเนื้อตalaให้เร็วขึ้น โดยการเปลี่ยนวิธีทางกลในการแยกเนื้อตalaจากการกวนผสมเป็นการขัดถูกับผนังที่มีรูพรุนของถัง

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องแยกเนื้อตາลออกจากผลตากสุกที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยีตาล-สลัดน้ำ และถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรที่มีอาชีพผลิตเนื้อตากสุกเพื่อจำหน่าย

สมมติฐานการวิจัย

การแยกเนื้อตากสุกโดยใช้การขัดสีระหว่างผิวนังถังแยกและผลตากสามารถแยกเนื้อตากออกจากผลตากสุกได้เร็วกว่าการใช้วิธีการปั่นหรือการผสมในถังกวนที่มีใบกวน

ขอบเขตการวิจัย

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกเนื้อตากออกจากผลตากสุกระหว่างเครื่องแยกเนื้อตากที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบันและเครื่องยีตาล-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2558 และผลตากโคนดที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแยกเนื้อตากสุกได้จากสวนตากของคุณณอม ภูเงิน ในต.ถ้ำรงค์ อ.เมือง จ.เพชรบุรี

เครื่องแยกเนื้อตากประกอบด้วยถังแยกเนื้อตาก อ่างรับน้ำ ไมเตอร์เกียร์ ปั๊มน้ำ และโครงสร้างเป็นสแตนเลส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้เครื่องแยกเนื้อตากที่มีประสิทธิภาพในการแยกเนื้อตากสุก
- ระยะเวลาในการผลิตเนื้อตากสุกลดลง

นิยามศัพท์

เมล็ดตาก หมายถึง เมล็ดของผลตากสุก เป็นเปลือกแข็ง ภายในมีเนื้อสีขาวเมื่อผลตากสุกเต็มที่ พุตราล หมายถึง ส่วนของผลตากสุกที่แยกเป็นส่วน ๆ ตามจำนวนเมล็ดตาก ซึ่งยังมีเนื้อตากสุกสีเหลือง เมล็ดตากและเส้นใยตาก

เครื่องแยกเนื้อตากสุก หมายถึง ชุดอุปกรณ์ที่สามารถแยกเนื้อตากสุกสีเหลืองซึ่งเกาะติดกับเส้นใยที่ยึดติดแน่นกับเมล็ดตากได้

ประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อตากสุก หมายถึง จำนวนกิโลกรัมเนื้อตากสุกต่อเวลาที่เครื่องแยกเนื้อตากสุกสามารถแยกเนื้อตากออกจากเส้นใยตากได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตาลโตนด (*Borassus flabellifer* Linn.)

Palmyra Palm (*Borassus flabellifer* Linn.) เป็นพืชในตระกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* Linn. มีลักษณะดังภาพที่ 2.1 สามารถขึ้นได้ในเขตอุ่น พบรโดยทั่วไปในประเทศไทย ไทย พม่า ศรีลังกา และ กัมพูชา สำหรับประเทศไทย ต้นตาลโตนดขึ้นหนาแน่นในแถบภาคใต้ของประเทศไทย นับตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี จนถึงจังหวัดสงขลา นอกรจากนี้ยังพบในจังหวัดอื่น ๆ เช่น พิษณุโลก บุรีรัมย์ สิงห์บุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม นครศรีธรรมราช และสงขลา เป็นต้น โดยจังหวัดเพชรบุรี เป็นจังหวัดที่มีจำนวนต้นตาลโตนดมากที่สุดประมาณ 2 ล้านต้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2551)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นตาลโตนด (*Borassus flabellifer* Linn.)

ที่มา : ภาพถ่ายโดยคณะผู้วิจัย

2.1.2 ลักษณะทางสีริวิทยาและนิเวศวิทยาของต้นตาลโตนดและผลตาลโตนด

ตาลโตนด เป็นไม้วงศ์ปาล์ม เช่นเดียวกับมะพร้าว แต่ตาลโตนดมีความแข็งแรง ทนทาน และอายุยืนยาวกว่ามะพร้าวมาก โดยมีอายุยืนยาวประมาณ 80-100 ปี โตเต็มที่จะสูงประมาณ 2,700 เซนติเมตร (90 ฟุต) หรือมากกว่า มีเส้นรอบวงโคนต้นอยู่ระหว่าง 60-120 เซนติเมตร (2-4 ฟุต) และ มีใบเป็นรูปพัด (Fan Leaf) ขนาดใหญ่แข็งและหนา โดยจะให้ผลผลิตหลังจากปลูกแล้วประมาณ 10-15 ปี ตาลโตนดขึ้นได้บนดินทุกชนิด ทนทั้งความแห้งแล้งและน้ำท่วม มีรากลึกมาก โดยหากของ ตาลโตนดไม่แพร่ออกด้านข้าง จึงสามารถปลูกร่วมกับพืชอื่นได้ดี ตาลโตนดที่ขึ้นอยู่ในบริเวณข้าว จึง ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันลมพายุ เป็นที่อยู่อาศัยของนกและค้างคาวซึ่ง ช่วยควบคุมแมลง และให้ปุ๋ยแก่ชานาอีกด้วย ตาลโตนดที่ขึ้นอยู่โดยทั่วไปมีลักษณะและส่วนประกอบ ดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

(1) ราก เป็นรากเสี้ยนกลมยาว เป็นกระჯุกคล้ายมะพร้าว แต่หัวรากเล็กไปในดินได้ลึก มาก ไม่แพร่ไปตามผิวดินเหมือนรากมะพร้าว จึงยึดกับดินได้ดี โอกาสที่จะโค่นล้มหรือถอนรากเป็นไปได้ ยาก จึงใช้ปลูกเพื่อเป็นหลักในการแบ่งเขตของคันนาหรือเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับต้นในบริเวณที่ ทำการทดลองเข้ามา

(2) ลำต้น ตาลโตนดเป็นพืชลำต้นเดี่ยวที่มีลักษณะสูงชะลุด ความสูงโดยทั่วไป ประมาณ 18-20 เมตร โตเต็มที่จะสูงประมาณ 25-27 เมตร (บางต้นอาจสูงถึง 30 เมตร) ลำต้นตรง หรือโค้งเล็กน้อย โคนต้นอวบใหญ่รัดโดยรอบได้ประมาณ 1 เมตร เมื่อมีความสูงประมาณ 4 เมตร ลำ ต้นจะเริ่มเรียวลง วัดโดยรอบได้ประมาณ 40 เซนติเมตร ระยะความสูง 10 เมตร วัดจากพื้นดิน ลำต้น จะเริ่มขยายออกใหม่ วัดโดยรอบได้ประมาณ 50 เซนติเมตร และคงขนาดนี้ไปจนถึงยอด เปลือกลำต้น ชรุยะ และมีสีเขียวเข้ม เป็นวงซ้อน ๆ กัน เป็นเสี้ยนแข็ง เหนียว ไม่หักง่าย ส่วนเนื้อไม้ภายในออกแข็งแรง และค่อย ๆ อ่อนเข้าไปอยู่ภายในลำต้น

(3) ใบ มีลักษณะเป็นรูปพัด (Fan leaf หรือ Palmette) ขนาดใหญ่แข็งและหนา โดย แต่ละใบจะมีเบี่ยงอยู่เรียกว่า Segment ซึ่งจะแตกออกจากกันเป็น ยอดตาลแต่ ละต้นประกอบด้วยใบตาลประมาณ 25-40 ใบ (แล้วแต่อายุต้น) ใบสีเขียวเข้มเป็นรูปพัด ถ้า ตาลต้น ได้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ใบแก่จะมีสีน้ำตาลอ่อนห้อยแบบลำต้น ความกว้างของใบวัดได้ ประมาณ 50-70 เซนติเมตร ใบแต่ละใบอายุไม่เกิน 3 ปี ตาลโตนดต้นหนึ่ง ๆ สามารถให้ใบตาลได้ 12-15 ใบต่อปี ส่วน ที่เป็นก้านใบหรือทางตาลยาวประมาณ 1-2 เมตร ทางตาลนี้จะหนาโค้งตามความยาว รอบขอบทาง ตาลทั้งสองข้างมีหนามแหลมสั้น ขนาดไม่สม่ำเสมอ กัน

(4) ดอก ออกรอกเป็นช่อ โดยดอกตัวผู้และตัวเมียจะอยู่แยกต้นกัน ช่อดอกของต้นตัวผู้เรียกว่า “งวงตาล” แตกแขนงออกเป็น 2-4 งวงต่อช่อ ยาวwang และประมาณ 30-40 เซนติเมตร แต่ละงวงมีดอกเล็ก ๆ ต้นตัวผู้ต้นหนึ่งจะมีช่อดอก 3-9 ช่อ ส่วนช่อดอกของต้นตัวเมียเรียกว่า “จั้นหรือทลาย” ต้นตัวเมียจะออกช่อหางต้นตัวผู้เล็กน้อยมีประมาณ 10 ช่อ ขนาดใหญ่และชุ่มน้ำหวานมากกว่า ในแต่ละช่อจะมีดอกน้อยกว่าดอกตัวผู้ โดยทั้งต้นตัวผู้และต้นตัวเมียจะทยอยออกช่อเรื่อย ๆ สามารถเก็บรอน้ำตาลได้ตลอดปี

(5) ผล จะออกกับต้นตัวเมียเท่านั้น ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บผลอ่อน ใช้เวลาประมาณ 75-80 วัน โดยผลจะออกเวียนรอบต้นตามก้านใบ โดยในแต่ละก้านใบจะออกหนึ่งปลี โดยแต่ละปลีจะให้ช่อดอกประมาณสามช่อ ในหนึ่งช่อดอกให้ผลหนึ่งหลา โดยในแต่ละหลายมี 10-20 ผล ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำเป็นมัน ตั้งภาพที่ 2.2 เนื้อภายในเป็นเส้นใยละเอียด เมื่อสุกเต็มที่ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล มีสีเหลืองส้มและมีกลิ่นหอม มีลักษณะดังภาพที่ 2.3 นิยมนำไปใช้ทำ ขนมตาล และใช้แต่งสีขนมต่าง ๆ โดยทั่วไปในแต่ละผลจะประกอบด้วยเมล็ดหรือเต้าตาลสามเมล็ดอยู่ภายในผล เมล็ดมีลักษณะแบบ ยาวประมาณ 4 นิ้ว และหนาประมาณ 1.5 นิ้ว ส่วนประกอบต่าง ๆ ของผล แบ่งออกได้ 3 ส่วน คือ เอ็กโซкарป (exocarp) เป็นเปลือกชั้นนอก มีผิวเรียบเป็นมัน มีโซкарป (mesocarp) เป็นส่วนของเส้นใยละเอียด และเอ็นโดкарป (endocarp) เป็นเปลือกหรือกล้าแข้งหุ้มเมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) เนื้อตาล (Palmyra fruit pulp) เป็นส่วนของผลตาลที่เกาและกับเส้นใย มีสีเหลือง บางสายพันธุ์มีสีส้ม ซึ่งสามารถถูกแยกออกจากผลตาล โดยใช้น้ำในอัตราส่วนของผลตาลต่อน้ำประมาณ 1:1 หรือ 1:2 โดยใช้มือและแรงงานคนหรือการใช้เครื่องแยก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544; Jansz และคณะ, 2002)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะภายนอกของผลตาลสุกและไม่สุก



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเนื้อตalaสุก (ซ้าย) ผลิตาลที่แยกส่วนตามจำนวนเม็ดตalaเป็น 3 ส่วน และ (ขวา)
พูตalaที่แยกออกจากผลิตาลรอการแยกเนื้อตalaสุก

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อตalaสุก

เนื้อตalaสุกมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณดังตารางที่ 2.1 โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ในส่วนของแข็งมีคาร์บอไฮเดรตในรูปของไขอาหาร แป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเนื้อตalaโทนดสุก

องค์ประกอบ	ปริมาณ(ต่อ 100 กรัม)
ความชื้น (กรัม)	77-79
พลังงาน (กิโลแคลลอรี)	87
โปรตีน (กรัม)	0.7-2.8
ไขมัน (กรัม)	0.2-1.0
คาร์บอไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	18-20
น้ำตาล (กรัม)	1.4-1.6
เส้นใยหยาบ (กรัม)	1.5
เก้า (กรัม)	4.3

ที่มา: ตัดแปลงจาก Jansz, Wickremasekara, & Sumuduni, 2002

นอกจากนี้เนื้อตalaสุกยังมีองค์ประกอบที่สำคัญอีก ๑ ได้แก่ กรดอะมิโนอิสระ กรดไขมันในลิพิด และสเตอรอลอิสระ โดยมีกรดอะมิโนอิสระประมาณ 0.42 กรัม/100 กรัม ซึ่งส่วนใหญ่

ประกอบด้วย ไลซีน และพาเทต กลูตาเมตและฟินิโลอลานีน กรดไขมันในลิพิดประกอบด้วย โอลิอेट ปาล์มิเตทและ ลิโนลิอे�ทเป็นส่วนใหญ่ และมีสเตอรอลประมาณ 0.3 % โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีสารชาพอนิน (Saponin) ประมาณ 0.15 - 0.4 มิลลิกรัม/100 กรัม

คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อตาน้ำใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ (Digestible carbohydrate) จำพวกแป้งและน้ำตาลที่ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กๆ ได้แก่ ซูโคส กลูโคสและฟรักโทสในประมาณ 6.6 3.5 และ 3.4 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ และยังมีเแรมโนส เป็นองค์ประกอบในปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งโอลิโกแซคคาไรด์ประมาณ 1.5 กรัม/100 กรัม มีเพกตินประมาณ 4.4-6.7 กรัม/100 กรัม และยังมีกลูแคนชนิดกิ่ง (Branched glucan) ด้วย (Jansz, Wickremasekara, & Sumuduni, 2002)

เนื้อตาน้ำมีแครอทินอยู่เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกันตามสีของเนื้อตาน้ำตั้งแต่ 1-253 มิลลิกรัม/100 กรัม แครอทินอยู่ในเนื้อตาน้ำเป็นของผสมของแครอทินอยู่ชนิดต่าง ๆ 4 ชนิด คือ แอลfa-แครอทีน (α -carotene), บีتا-ซีแครอทีน (β -zeacarotene) ซึ่งเป็นโครงสร้างของ pro-vitamin A, ไลโคปีน (lycopene) และ ซีตา-แครอทีน (γ -carotene) แครอทินอยู่เหล่านี้ไม่คงตัวและง่ายที่จะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxygenation) (Jansz, Wickremasekara, & Sumuduni, 2002)

องค์ประกอบที่มีในปริมาณน้อยในเนื้อตาน้ำ ได้แก่ วิตามินซี ประมาณ 28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณสูง (Macronutrients) ต่างๆ เช่น พอแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม ในปริมาณโดยประมาณ คือ 5.7 0.2 0.6 และ 0.7 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งมีแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย(Micronutrients) ต่างๆ ได้แก่ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส โครเมียม ทองแดง โคลบอต นิกเกิล และบอรอน ในปริมาณ 22 17 95 1.6 4.3 0.6 0.8 และ 2.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งตะกั่วในปริมาณน้อยมาก (Jansz, Wickremasekara, & Sumuduni, 2002)

นอกจากนี้เนื้อตาน้ำยังมีสารประกอบที่ให้รสมเป็นองค์ประกอบทำให้การนำเนื้อตาน้ำไปใช้ไม่สะดวก สารประกอบที่ให้รสมของเนื้อตาน้ำเป็นสารพากอัลคาลอยด์หรือกรดไขมัน ได้แก่ flabelliferins ซึ่งมีอย่างน้อย 14 ชนิด และเป็นสารพากชาพอนินที่เป็นสเตรอรอยด์ มีน้ำตาล aglycone, flabelliferin I (F-I) ซึ่งเป็น ซึ่งเป็นสารที่มีในเนื้อตาน้ำอีกต้น, flabelliferin II (F-II) ซึ่งเป็นสาร flabelliferin ที่ให้รสมและแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยกลูโคสและเแรมโนสอย่างละ 2 โมเลกุล เป็นสารที่ไม่คงตัวเมื่อได้รับความร้อนโดยมีเอนไซม์ amylase อยู่ด้วย, flabelliferin B (FB) เป็นสาร

flabelliferin ที่มีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) ซึ่งมีทั้งกลูโคสและแรมโนสเป็นองค์ประกอบ, flabelliferin C, flabelliferin D, flabelliferin N, flabelliferin E, และ flabelliferin F เป็นองค์ประกอบ การกำจัดรสมทำได้โดยการให้ความร้อนกับเนื้อตາล การใช้เอนไซม์ naringinase หรือ amylase ชนิดที่คงตัวต่อความร้อน แต่การใช้วิธีการเหล่านี้อาจทำให้สาร flabelliferin ที่ไม่ให้สมดุกทำลายด้วย และอาจเร่งอัตราการหมักในเนื้อตາลด้วย

2.1.4 การใช้ประโยชน์และอายุการเก็บรักษาเนื้อตາลสุก

เนื้อตາลสุกเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำข้นและอาหารได้หลายชนิด เช่น ขنمตาล หมากฝรั่ง แยน เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหวาน (liqueur) ซอส มาร์ชแมลโล ทอฟฟี่ และยังใช้เป็นองค์ประกอบในไอศครีม บิสกิต ผลไม้แท่งและของหวานชนิดอื่น

เมื่อเนื้อตາลสุกที่แยกจากผลตາลแล้วมีอายุการเก็บรักษาสั้น ประมาณ 3-5 วันในตู้เย็น ไม่สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ เนื่องจากมีความชื้นสูงมากกว่า 90 % และมีน้ำตาลปริมาณสูง ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ง่ายและเกิดการเสื่อมเสีย นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อตາลสุกด้วยวิธีการต่างๆ เช่น มนัสันท์ บุญทราพงศ์ และคณะ (2544) ได้นำเนื้อตາลสุกไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที พบร่วงสามารถทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราได้ลดลงน้อยกว่า 250 โคลoniต่อกรัม และยังพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อตາลสุกที่ลดลงจนถึง 2.8 จากการเติมโพแทสเซียมเมتاไบซัลไฟต์ ทำให้เนื้อตາลสุกมีอายุการเก็บรักษาได้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) และทำให้ข้นตามที่ได้จากเนื้อตາลสุกพาสเจอร์ไรซ์มีความแข็งและยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ภัททิรา เลิศปุ่งคง (2550) ได้ศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อตາลสุกโดยการลดค่าอวเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ร่วมกับการแข็ง化 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยนำเนื้อตາลสุกผสมกับน้ำตาลทรายเพื่อลดค่า a_w และจึงนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที และแข็ง化ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบร่วงสามารถเก็บรักษาได้โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสานสัมผสหลังจากนำเนื้อตາลสุกที่ลดค่า a_w และแข็ง化ไปทำเป็นขนมตาลไม่แตกต่างจากเนื้อตາลสุกที่ไม่ผ่านการลดค่า a_w

2.1.5 กระบวนการแยกเนื้อตາลจากผลตາลสุก

การแยกเนื้อตາลออกจากผลตາลสุกทำได้คล้ายกับกระบวนการสกัดหรือแยกเนื้อผลไม้ออกจากผลไม้อื่นโดยเริ่มจากการแยกส่วนของข้าวของผลตາลออก โดยใช้มือหมุนข้าวให้แยกออกจาก

ผลatal แล้วจึงลอกเปลือกสีน้ำตาลเข้มออกโดยการใช้มือลอกออกหรือใช้มีดช่วย จะมีเนื้อสีเหลืองส้มห่อหุ้มเมล็ดatal ที่มีเปลือกแข็ง การเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกเนื้อatalสุก จำเป็นต้องลดขนาดของผลatalลง เพื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสของผลatalต่อปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้แยกเนื้อatalสุก วิธีการที่ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำคือการใช้มือในการแยกผลatalตามจำนวนเมล็ดatalของผลatalนั้น การแยกเนื้อatalสุกจากผลatalต้องใช้ตัวทำละลายเพื่อถ่ายเทเนื้อatalที่เกาะกับเส้นใยของเมล็ดatal ตัวทำละลายที่ใช้ คือ น้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่หาง่าย ราคาถูก ไม่มีอันตรายทางเคมีกับมนุษย์ น้ำทำให้เกิดการผสมระหว่างเนื้อatalสุกซึ่งจัดเป็นของแข็งกับน้ำ เนื่องจากเนื้อatalสุกประกอบด้วยส่วนที่ละลายน้ำได้และส่วนที่แขวนลอยในน้ำ น้ำสามารถแยกเนื้อatalสุกออกจากมาได้มาก หรือน้อยและมีประสิทธิภาพในการแยกเพียงได้ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.1.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกเนื้อatalสุกออกจากผลatalโดยใช้น้ำ มีดังนี้

(1) ความสามารถในการละลายน้ำหรือกระจายตัวในน้ำ การผสมจะทำได้ง่าย โดยการผสมจะทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อมีการกวน คนหรือปั่น องค์ประกอบบางอย่างในเนื้อatalสุกจะลายได้ในน้ำ ในขณะที่องค์ประกอบบางส่วนจะแขวนลอยหรือเป็นคลอลอยด์กับน้ำ ความสามารถในการละลายหรือกระจายตัวในน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น

(2) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเนื้อatalสุกที่กระจายตัวในน้ำ เนื้อatalสุกส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือที่ละลายน้ำได้เพียงบางส่วน จะตกลงกอนกันที่ด้านล่างภาชนะ เนื่องจากแข็งมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ องค์ประกอบในเนื้อatalสุกที่มีอนุภาคใหญ่จะเกิดการแยกขึ้นออกจากน้ำได้เร็วขึ้น ดังนั้นการกระจายตัวของเนื้อatalสุกในน้ำจะสม่ำเสมอมากขึ้น เมื่องค์ประกอบในเนื้อatalสุกมีอนุภาคเล็ก เพื่อให้การกระจายตัวของเนื้อatalสุกในน้ำมีความสม่ำเสมอ กการกวน คนและปั่นจะช่วยให้เนื้อatalสุกกระจายตัวในน้ำได้ดีขึ้น และลดการตกตกลงของเนื้อatalสุก

(3) ความหนืดของน้ำที่ใช้แยกเนื้อatalสุก การเพิ่มความหนืดของน้ำให้สูงขึ้น เป็นวิธีที่ทำให้ของแข็งที่ไม่ละลายในน้ำในเนื้อatalสุกผสมกันได้ดีขึ้น (รุ่งนภา พงศสวัสดิ์มานิต, 2541)

เนื่องจากผลatal tone จัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่ง องค์ประกอบที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ของเนื้อatalสุก คือ คาร์บอไฮเดรต โดยเฉพาะน้ำตาลและพอลิแซคคาไรด์ในรูปของแป้งและไขอาหาร ซึ่งเกาะยึดกับเส้นใยเซลลูโลสที่ยึดติดกับเมล็ดatal กระบวนการแยกเนื้อatalสุกจึงทำได้คล้ายกับการสกัดแยกเนื้อผลไม้ทั่วไป หลักการทั่วไปของการแยกองค์ประกอบหนึ่งที่กระจายหรือละลายน้ำออก

จากองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่กระจายหรือละลายน้ำในอาหาร โดยการเติมของเหลว ได้แก่ น้ำ ซึ่งเป็นของเหลวที่มักใช้ในการแยกสารที่ต้องการออกจากอาหาร องค์ประกอบในอาหารซึ่งเป็นเฟสของแข็งที่ต้องการแยกออกจากส่วนอื่นจะกระจายตัวอยู่ในน้ำซึ่งเป็นเฟสของเหลว และน้ำก็จะกระจายตัวอยู่ระหว่างองค์ประกอบในเนื้อตາลสุก เนื้อตາลสุกจากผลตากจะหลุดจากเส้นใยอย่างช้า ๆ และกระจายตัวอยู่ในน้ำ ทำให้มีเนื้อตາลสุกน้อยลงซึ่งยังคงเหลือเกาดิดกับเส้นใย การแยกที่มากที่สุด (maximum separation) เกิดขึ้นเมื่อการกระจายของเนื้อตາลสุกในน้ำและน้ำกระจายในเนื้อตາลสุกอยู่ในสภาพสมดุล และอาจแยกเฟสหั้งสองออกจากกันได้โดยใช้แรงโน้มถ่วง ระยะเวลาที่ทำให้เกิดการแยกเนื้อตາลสุกออกจากผลตากขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.5.2 สมดุลระหว่างของแข็งและของเหลว

ของเหลวในที่นี่ คือ น้ำมีความสามารถในการละลายของแข็งที่สัมผัสอยู่ได้ขึ้นกับปริมาณน้ำและของแข็งที่มีอยู่หรือความสามารถในการละลายของแข็งในน้ำ ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิของแข็งและน้ำที่สัมผัสนกัน ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการกระจายตัวของของแข็งในน้ำในระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ของผสมเกิดสมดุลระหว่างของแข็งและน้ำ เรียกว่า ของผสมอิมตัว (saturated mixture or solution) เมื่อเกิดสมดุลขึ้นจะทำให้ของแข็งไม่สามารถละลายหรือกระจายตัวในน้ำได้เพิ่มขึ้นอีกต่อไป จนกว่าจะเกิดการเปลี่ยนของเหลว อย่างไรก็ตาม เมื่อของผสมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการละลายของของแข็งในน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเข้าสู่สมดุลระหว่างเนื้อตາลสุกและน้ำเพื่อแยกเนื้อตາลออกจากเส้นใยของผลตากยังต้องอาศัยระยะเวลาในการให้น้ำสัมผัสนกับเนื้อตາลสุก เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการเลือกสารที่ต้องการละลายได้ต่ำ ดังนั้นของแข็งทุกชนิดทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน สารสีรวมทั้งสิ่งปฏิปันเปี้ยนอื่น จะถูกน้ำพาออกจากเส้นใยของผลตาก รวมทั้งจุลินทรีย์ต่างๆ ที่มีความธรรมชาติ

2.1.5.3 การควบคุมการแยกเนื้อตາลออกจากผลตากสุก ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- (1) การเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเนื้อตາลสุกและน้ำ
- (2) การเพิ่มเวลาที่เนื้อตາลสุกและน้ำสัมผัสนกัน
- (3) การควบคุมเนื้อตາลสุกในการกระจายตัวในสภาพสมดุลขององค์ประกอบในเนื้อตາลสุกที่เคลื่อนที่สู่น้ำ
- (4) จำนวนครั้งที่เนื้อตາลสุกสัมผัสนกับน้ำหรือความเข้มข้นของเนื้อตາลสุกในน้ำที่ใช้แยกเนื้อตາลออกจากเส้นใย

นอกจากนี้ในการแยกเนื้อตາลสุกจากเส้นใยของผลตาน องค์ประกอบอื่นในผลตานที่เป็นของแข็งอาจขัดขวางการแพร่และควบคุมอัตราการแยกเนื้อตานได้

2.1.5.4 อัตราการแยกเนื้อตาน

กระบวนการแยกหรือกระจายตัวของเนื้อตานสุกในน้ำ อาจใช้สมการอัตราแบบปกติของอัตราการละลายตามสมการ (2.1)

$$\text{อัตราการละลาย} = \frac{\text{แรงขับเคลื่อน}}{\text{การต้านทาน}} \quad (2.1)$$

เมื่อ แรงขับเคลื่อน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเนื้อตานสุกที่บริเวณผิวน้ำและในระบบน้ำ

เมื่อเนื้อตานสุกเกิดการกระจายตัวสูน้ำ อัตราเร็วในการกระจายตัวสูน้ำอาจแทนด้วยสมการ (2.2)

$$\frac{dw}{dt} = KA(y_s - y) \quad (2.2)$$

เมื่อ $\frac{dw}{dt}$ คือ อัตราการละลายหรือการกระจายตัวของเนื้อตานสุกในน้ำ

K คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลซึ่งเกี่ยวข้องกับการแพร่

A คือ พื้นที่ระหว่างผิวสัมผัสของน้ำและเนื้อตานสุก

y_s คือ ความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ละลายได้หรือกระจายตัวได้ในน้ำทั้งหมดในถังผสม

y คือ ความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ละลายได้หรือกระจายตัวได้ที่บริเวณพื้นผิวสัมผัส

ระหว่างเนื้อตานสุกกับน้ำ

จากสมการ (2.2) แสดงผลของปัจจัยบางอย่างที่อาจใช้เพื่อเพิ่มอัตราการละลายหรือการกระจายตัวของเนื้อตานสุกในน้ำ การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเนื้อตานสุกกับน้ำ โดยการแบ่งเนื้อตานสุกเป็นส่วน ๆ ตามจำนวนเม็ดตาน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวที่เนื้อตานสุกที่สัมผัสถกับน้ำ วิธีการผสมที่ดีต้องทำให้ความเข้มข้นของเนื้อตานสุกกับน้ำในแต่ละจุดเล็ก ๆ เท่ากับความเข้มข้นของเนื้อตานสุกในระบบทั้งหมดกับน้ำ นั่นคือจะต้องไม่มีจุดใด ๆ ในถังผสมที่จะเกิดความเข้มข้นของเนื้อตานสุกเพิ่มขึ้น ถ้าเกิดการกวนที่ไม่เพียงพอระหว่างการแยกจะทำให้ค่า y เพิ่มขึ้น และส่งผลให้อัตราการละลายหรือการกระจายตัวของเนื้อตานสุกในน้ำลดลง นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิของทั้งระบบในการผสม จะเพิ่มอัตราการละลายหรือการกระจายตัวของเนื้อตานสุกในน้ำ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่จะทำให้ค่า K ซึ่ง

เกี่ยวข้องกับการเพิ่มค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการละลายหรือการกระจายตัวของเนื้อตາลสูกเพิ่มขึ้น และทำให้ค่า y_s เพิ่มขึ้น (Earle and Earle, 1983)

ในการแยกของแข็งโดยใช้ของเหลวอย่างร่าย ด้วยการทำให้ของเหลวสัมผัสกับของแข็งนั้น สมการที่ใช้พิจารณาอัตราการแยก คือการทำสมดุลมวลของตัวถูกละลายหรือเนื้อตาลสูกที่จะกระจายในน้ำ ดังสมการ (2.3)

$$dw = Vdy \quad (2.3)$$

เมื่อ V คือ ปริมาณน้ำในกระแสน้ำ

หลังจากแทนค่า dw ในสมการ (2.3) ด้วยสมการ (2.2) จะได้สมการ (2.4)

$$Vdy/dt = KA(y_s - y) \quad (2.4)$$

หลังจากอินทิเกรตกับเวลาซึ่งความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเริ่มต้น y_0 ถึงความเข้มข้น y จะได้สมการ (2.5)

$$\ln[(y_s - y_0)/(y_s - y)] = tKA/V \quad (2.5)$$

สมการ (2.5) แสดงว่าการเข้าสู่สมดุลของการแยกเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงแบบเอกซ์โพเนนเชียลกับเวลา แต่เนื่องจากสมการนี้ยากที่จะประยุกต์ใช้ในการวัดจริง เนื่องจากความยากในการวัดพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเนื้อตาลสูกับน้ำ (A) ในทางปฏิบัติเวลาในการแยกที่เหมาะสมอาจวัดได้จากการทดลองภายใต้สภาวะเฉพาะที่กำหนด (Earle and Earle, 1983)

การแยกเนื้อตาลสูกออกจากเส้นใยของผลตากอาจถูกพิจารณาว่าเป็นการล้างผลตากด้วยน้ำ เพื่อให้น้ำซึ่งมีรากฐานและหาได้ง่าย เป็นตัวกลางในการนำเนื้อตาลสูกออกจากเส้นใยที่ติดอยู่กับเม็ดตาก หลังจากแยกเนื้อตาลสูกออกจากผลตากแล้ว เนื้อตาลสูกจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมากขึ้นตอนแรกในการแยกเนื้อตาลสูก คือ การเพิ่มพื้นที่ผิวของการแยก โดยการแยกเนื้อตาลสูกตามจำนวนเม็ดตาก เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้น้ำได้สัมผัสนอกเหนือตากสูกในพื้นที่เพิ่มมากกว่าการไม่แยกเนื้อตากสูกเป็นส่วนย่อย

2.1.6 การแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากเนื้อตากสูก

การแยกสิ่งปนเปื้อน เช่น เส้นใยของผลตาก แมลงและของแข็งอื่นรวมทั้งน้ำออกจากเนื้อตากสูกหลังการแยกเนื้อตากทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ คือ การแยกทางกล ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ การตกตะกอน (sedimentation) การแยกตะกอนโดยการปั่นเหวี่ยง (centrifugal separation) การกรอง (filtration) และ การร่อน (sieving) ในการแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากเนื้อตากสูกจำเป็นต้องอาศัยการแยกทางกลหลายชนิดร่วมกัน เพื่อให้การแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากเนื้อตากสูกมีประสิทธิภาพ

การแยกทางกลของสิ่งปนเปื้อนและน้ำออกจากเนื้อตานสูกต้องใช้แรงกระทำต่อสิ่งปนเปื้อนและน้ำ ทำให้สิ่งปนเปื้อนเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับเนื้อตานสูก แรงเหล่านี้อาจเป็นแรงที่กระทำโดยตรงหรือโดยอ้อมซึ่งมาจากแรงโน้มถ่วงหรือแรงหมุนเหวี่ยง ลักษณะการแยกที่เกิดขึ้นขึ้นกับลักษณะของอนุภาคที่ต้องการแยกและแรงที่กระทำต่ออนุภาค ลักษณะที่สำคัญของอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนและเนื้อตานสูก ได้แก่ ขนาด รูปร่างและความหนาแน่น ส่วนลักษณะสำคัญของเหลวได้แก่ ความหนืดและความหนาแน่น ปฏิกิริยาขององค์ประกอบต่าง ๆ ต่อแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างน้ำและอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนรวมทั้งเนื้อตานสูก และระหว่างอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนที่มีลักษณะต่างกัน ภายใต้การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ อนุภาคต่าง ๆ และของเหลวจะสะสูนในบริเวณที่แตกต่างกัน รวมกันเป็นฟิลเตอร์เค้ก (filter cake) เกาะที่ผิวของตัวกรอง ทำให้มีผลต่ออัตราเร็วในการแยกสิ่งปนเปื้อนได้ รวมทั้งการกรองด้วยวัสดุต่าง ๆ ที่มีรูพรุน เช่น ผ้าขาวบาง ตาข่ายไนล่อน ตะแกรงพลาสติก เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรพงศ์ บุญช่วย (2559) ได้คิดค้นและประกอบเครื่องปั่นลูกตาล 3 IN 1 ซึ่งสามารถแยกเนื้อตาน เส้นไขและน้ำออกได้ โดยเป็นเครื่องที่มีการทำงานแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกเป็นถังสำหรับปั่น โดยใช้มอเตอร์ต่อเข้ากับเพลาถังปั่น ซึ่งสามารถแยกเปลือกด้านนอกออกจากผลตานโトンดได้ จากนั้นส่งผลตานเข้าชุดเครื่องมือที่ 2 เพื่อยแยกเส้นไขผลตานโトンด โดยใช้เพลา กับไม้ที่หมุนเข้าหากัน ทำหน้าที่บีบผลตานโトンด ให้เนื้อแตกแยกออกไปทางด้านหนึ่ง และอีกด้านหนึ่งจะดึงเส้นไขออกจากผล น้ำจากผลตานจะไหลออกทางด้านล่างเครื่องมือ จะได้เนื้อ เส้นไขและน้ำแยกออกจากกัน โดยเครื่องปั่นลูกตาล 3 IN 1 สามารถแยกเนื้อตานได้ 4.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถแยกเส้นไขได้ 6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ศุภนันธ์ สร้อยแม่น และสุกฤษฐ์ สร้อยแม่น (2559) ได้พัฒนาเครื่องแยกเนื้อตานสูก ประกอบด้วยชุดแยกเนื้อตาน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 450 มิลลิเมตร ช่องป้อนลูกตาล ช่องทางออกของเนื้อตานสูกและลูกตาล และระบบส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้น กำลัง เครื่องแยกเนื้อตานสูกสามารถทำงานที่ความเร็วรอบในการขับเคลื่อนชุดแยกเนื้อตานสูก 280 รอบต่อนาที สามารถแยกเนื้อตานสูกได้ 96.8% มีความสามารถในการทำงาน 37.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.72 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

อรุณ สุขแก้ว วิมล บุญรอด และสุจิริต สิงหพันธุ์ (2558) ออกแบบและสร้างเครื่องยีตาลไตน์ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบดยีคัดแยกเนื้อตala เป็นตะแกรงสแตนเลสและมีแป้นกดลูกลาต สามารถถอดประกอบได้ ส่วนปรับระดับด้วยเนื้อตala ทำหน้าที่ควบคุมชุดคัดแยกเนื้อตala ให้ได้ระดับในการบดด้วย ประกอบแกนยกหม้อและคันโยก และส่วนตันกำลังและควบคุมความเร็วของเตอร์ ให้ความเร็วของมอเตอร์ 100 รอบต่อนาที ทำให้ผิวของเนื้อตala แยกออกจากเส้นใยได้ดี สามารถยึดตala ได้ครั้งละ 1.6 กิโลกรัม ได้เนื้อตala เฉลี่ย 306 กรัม คิดเป็น 1.3 เท่าของแรงงานคนที่ยื่นเนื้อตala

jintha วิบูลย์ศิริกุล และพยองค์ น้อยคล้าย (2560) รายงานผลการสร้างเครื่องยีตาล-สลัดน้ำ มีลักษณะดังภาพที่ 2.4 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการยีตาลและแยกน้ำโดยวิธีดั้งเดิม พบร่วมกับเครื่องยีตาล-สลัดน้ำแบบกึ่งอัตโนมัติประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ ส่วนถังกว้าง มีหน้าที่ปั่นแยกเนื้อตala จากเมล็ดตala มีความจุของถังประมาณ 110 ลิตร สามารถบรรจุเมล็ดตala และน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัม และส่วนถังสลัดน้ำ มีหน้าที่แยกน้ำออกจากเนื้อตala สุก มีความจุของถังประมาณ 35 ลิตร สามารถปั่นเหวี่ยงเนื้อตala ผสมน้ำได้ครั้งละประมาณ 20 กิโลกรัม เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตเนื้อตala ด้วยเครื่องยีตาล-สลัดน้ำโดยรวมลดลงประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการยีตาลและกำจัดน้ำแบบเดิม โดยส่วนของถังกว้างมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่าวิธีการยีตาลแบบเดิมเนื่องจากมีความจุของเนื้อตala ในการทำงานแต่ละครั้งต่ำกว่า แต่ในส่วนของถังสลัดน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการสะเด็ดน้ำแบบเดิม โดยช่วยลดระยะเวลาในการกำจัดน้ำออกจากเนื้อตala สุกผสมน้ำลงได้ 30 เท่า เนื้อตala สุกที่แยกได้จากเครื่องยีตาล-สลัดน้ำมีค่า pH สูงกว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า เนื้อตala สุกที่ได้จากการบวนการยีตาลแบบเดิม สีของเนื้อตala สุกที่ได้จากการทั้งสองมีค่า $L^*a^*b^*$ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 2.4 เครื่องยีตาล-สลัดน้ำ

ที่มา: จินตนา วิบูลย์ศิริกุล และพยองค์ น้อยคล้าย, 2560

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

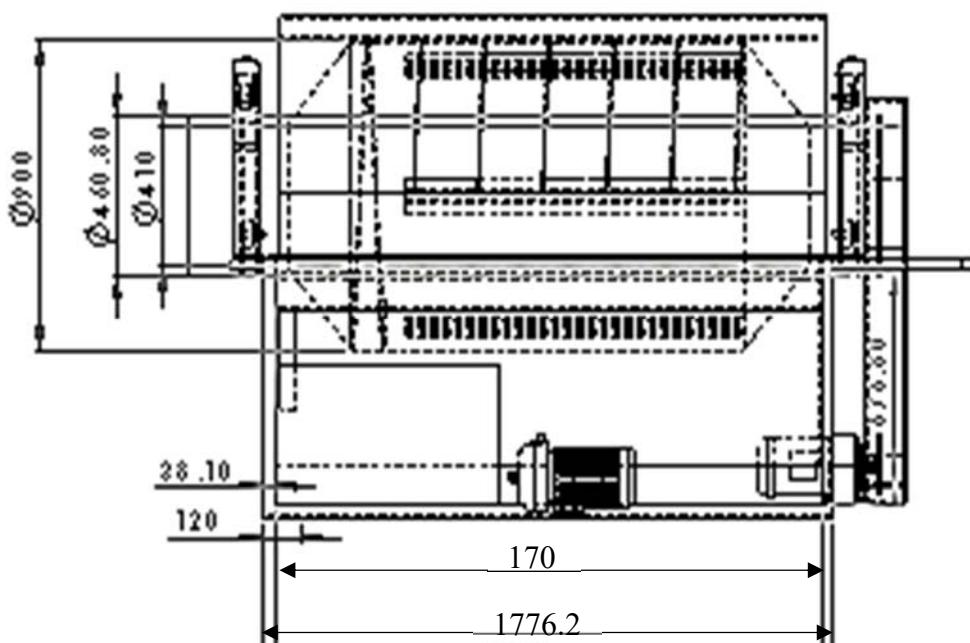
- 1.1 วัสดุที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงสร้างและขึ้นส่วนต่าง ๆ มีดังนี้
- | | |
|---|---------------|
| 1.1.1 กล่องสแตนเลส ขนาด 1×1 นิ้ว หนา $1/8$ นิ้ว (sus 304) | จำนวน 6 เส้น |
| 1.1.2 ท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $1 \frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6 เมตร | จำนวน 1 เส้น |
| 1.1.3 แผ่นสแตนเลส 120×240 เซนติเมตร หนา 0.24 เซนติเมตร | จำนวน 6 แผ่น |
| 1.1.4 ล้อยางลูกปืน $4'$ ล้อตาย | จำนวน 10 ล้อ |
| 1.1.5 เหล็กฉากขนาด 2×2 นิ้ว หนา $1/8$ นิ้ว ยาว 120 เซนติเมตร (sus 304) | |
| จำนวน 6 เส้น | |
| 1.1.6 แผ่นตราชาร์เกรงสแตนเลสขนาด 120×240 เซนติเมตร หนา 0.24 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนที่ผนัง 1 เซนติเมตร | จำนวน 2 แผ่น |
| 1.1.7 เหล็กกรงขนาด 4×2 นิ้ว หนา $1/8$ นิ้ว (sus 304) | จำนวน 2 เส้น |
| 1.1.8 แผ่นตราชาร์เกรงสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\varnothing 0.5$ เซนติเมตร 120×240
เซนติเมตร | จำนวน 1 แผ่น |
| 1.1.9 แผ่นแตนเหล็กขนาด 120×240 เซนติเมตร หนา 0.15 เซนติเมตร | จำนวน 2 แผ่น |
| 1.1.10 ลวดเติมสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร | จำนวน 2 กล่อง |
| 1.1.11 แก๊สอาร์กอน | จำนวน 4 ถัง |
| 1.1.12 ทินเนอร์ | จำนวน 1 ขวด |
| 1.1.13 น้ำยาล้าง สแตนเลส | จำนวน 2 ขวด |
| 1.1.14 สายไฟขนาด 0.000775 ตารางนิ้ว | จำนวน 1 ม้วน |
| 1.2 อุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้เป็นส่วนประกอบเครื่องยืดหยุ่น | |
| 1..2.1 มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้า ($220\text{ v }3\text{ phase}$) ขนาด 1 แรงม้า | จำนวน 1 ตัว |
| 1.2.2 ชุดควบคุมความเร็วrob ขนาด 1 แรงม้า | จำนวน 1 ตัว |
| 1.2.3 ปั๊มน้ำขนาด 1 แรงม้า | จำนวน 1 ตัว |

1.2.4	มอเตอร์พัดลมไฟฟ้า ขนาด 20 วัตต์	จำนวน 1 ตัว
1.2.5	ตู้ควบคุม	จำนวน 1 ตู้
1.2.6	ชุดควบคุมปั๊มน้ำ	จำนวน 1 ตัว
1.2.7	สวิทซ์ปิด – เปิด ,หลอดไฟ ON-OFF, 220 โวลท์	จำนวน 3 ตัว
1.2.8	พิวส์ ขนาด 10 แอมป์	จำนวน 1 ตัว
1.2.9	สวิทซ์ปิด – เปิด ฝาถัง, 220 โวลท์	จำนวน 1 ตัว
1.2.10	อุปกรณ์จับเวลา ขนาด 5 วินาที	จำนวน 1 ตัว
1.2.11	คอนแทรค รีเรย์ ขนาด 10 Amp 4 contrac	จำนวน 1 ตัว
1.2.14	เบรกเกอร์ ขนาด 30 แอมป์, 220 โวลท์	จำนวน 1 ตัว
1.2.15	ขาตั้งมอเตอร์	จำนวน 1 ตัว
1.2.16	ชีลป้องกันน้ำมันรั่ว	จำนวน 1 ตัว
1.2.17	Hex.Bolt,Nut,Washer M12 x 50 มิลลิเมตร	จำนวน 32 ชุด
1.2.18	Hex.Bolt,Nut,Washer M16 x 60 มิลลิเมตร	จำนวน 4 ชุด
1.2.19	Hex.Bolt,Nut,Washer M12 x 200 มิลลิเมตร	จำนวน 4 ตัว
1.3	เครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการประกอบเครื่องแยกเนื้อตานุสก์ มีดังนี้	
1.3.1	เครื่องกลึงพร้อมอุปกรณ์	จำนวน 1 ตัว
1.3.2	เครื่องเชื่อม TIG	จำนวน 1 ตัว
1.3.3	เครื่องม้วนแผ่นเหล็ก	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.4	เครื่องเจียรนัย	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.5	เครื่องเจาะ	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.6	เลือยไฟฟ้า	จำนวน 1 ชุด
1.4	อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ	
1.4.1	เครื่องวัดพีเอชพร้อมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH เท่ากับ 4 และ 7	
1.4.2	เครื่องวัดสี (Colorflex, VA, USA)	

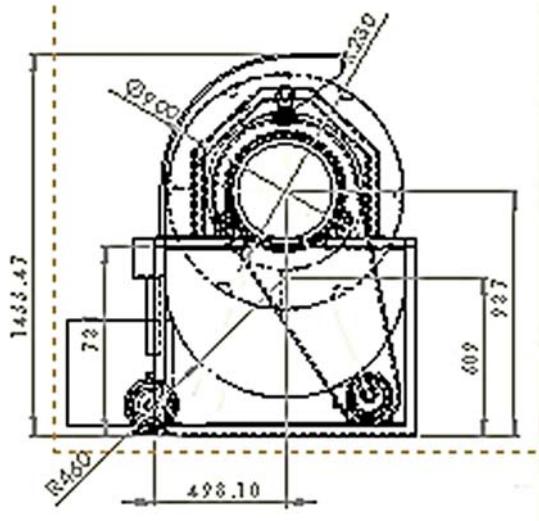
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ออกรแบบเครื่องแยกเนื้อตາลจากผลตากสุก ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

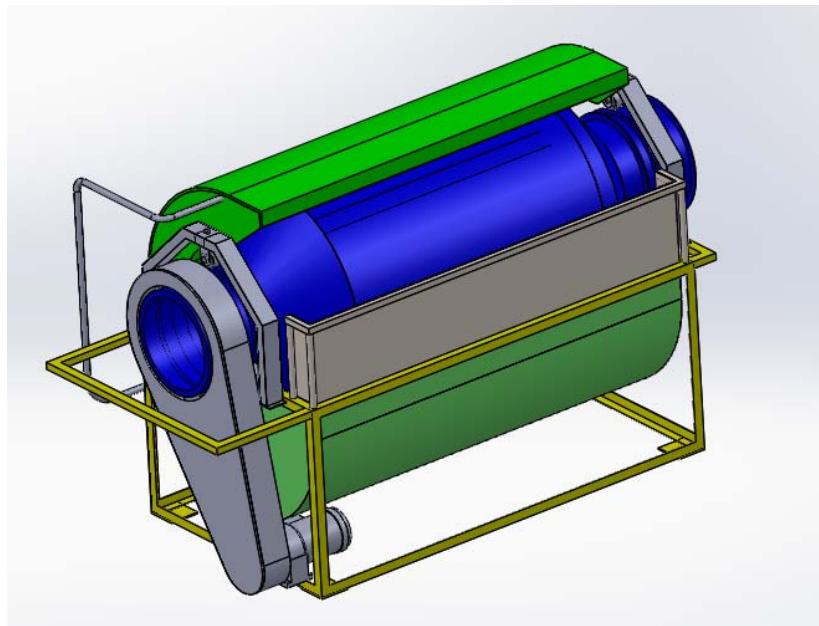
(1) การออกแบบและจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์สำหรับเครื่องแยกเนื้อตาก โดยการร่วมแสดงความคิดเห็น และแก้ไขแบบเครื่องแยกเนื้อตากให้เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องปฏิบัติจริงระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตเนื้อตากและทีมงานวิจัย จะได้แบบเครื่องแยกเนื้อตากสุกดังภาพที่ 3.1 3.2 และ 3.3



ภาพที่ 3.1 ขนาดของเครื่องแยกเนื้อตากด้านข้าง



ภาพที่ 3.2 ขนาดของเครื่องแยกเนื้อตานสุกด้านหน้า



ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องแยกเนื้อตานสุก

โครงสร้างโดยรวมของเครื่องแยกเนื้อตานสุก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

- (1.1) โครงสร้างของเครื่องแยกเนื้อตาน เป็นถังทรงกระบอกว่างในแนวนอน เป็นถังทรงกระบอกว่างในแนวนอน ประกอบด้วยกล่องสแตนเลส ขนาด 1×1 นิ้ว หนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว (SUS304)
- (1.2) อ่างรองรับเนื้อตานสุกผสมน้ำ เป็นถังครึ่งทรงกระบอก ทำด้วยสแตนเลสหนา 0.24 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46 เซนติเมตร มีความยาว 170 เซนติเมตร ความจุ น้ำ 0.53 ลูกบาศก์เมตร

(1.3) ถังแยกเนื้อตາล เป็นถังทรงกระบอก ที่ผนังมีรูพรุน ได้รับกำลังขับมาจาก มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ทำด้วยสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร มีความยาวรวม 224 เซนติเมตร ผนังของถังเจาะรูโดยรอบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ด้านในผนังมี แผ่นกันสแตนเลสสำหรับพามล็ดตາลให้เคลื่อนที่จากปากทรงกระบอกด้านหนึ่งออกสู่อีกด้านหนึ่ง และมีเหล็กฉาภสแตนเลสขนาด 2×2 นิ้ว สำหรับช่วยพามล็ดตາลเคลื่อนที่ขึ้นและลงมากระแทก กันความเร็วของถังให้ยึดหยุด ทรงกระบอกชั้นนอกนี้จะมีความเร็วเท่ากับ 0 - 32 รอบต่อนาที ด้านนอกของถังมีผนังสแตนเลสปกคลุมอยู่ครึ่งหนึ่ง เพื่อป้องกันน้ำ滴สมเนื้อตາลสูกระเด็นออกนอกถัง

(1.4) อ่างรองรับน้ำสำหรับฉีดตะแกรง จะอยู่ส่วนล่างของถังแยกเนื้อตາล อ่างรับเนื้อตາลและน้ำ ทำด้วยแผ่นสแตนเลสขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร หนา 0.15 เซนติเมตร ความจุน้ำ 0.112 ลูกบาศเมตร

(1.5) มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) เป็นเครื่องตันกำลังที่ทำให้เกิดการหมุนของถังแยกเนื้อตາล มอเตอร์ที่ใช้ขนาด 750 วัตต์ (1 แรงม้า) อัตราทด 1:30 ใช้ไฟ 220 โวลท์ 3 เฟส

(1.6) ปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านน้ำจากอ่างรับน้ำสำหรับฉีดน้ำลงบนถังแยกเนื้อตາล เพื่อช่วยให้เมล็ดตາลเคลื่อนที่ไปยังไปข้างหน้า มอเตอร์ที่ใช้ขนาด 750 วัตต์ (1 แรงม้า)

(1.7) อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องแยกเนื้อตາล แบบถังนอน ประกอบด้วย ใช้ไฟฟ้า 220 โวลท์ 1 เฟส และ 3 เฟส มีอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าประกอบด้วยมอเตอร์ปั๊มน้ำ หลอดไฟปิด – เปิด และหลอดไฟขาว ระบบไฟฟ้าของเครื่องที่ต่อผ่านพิวส์และมีเบรกเกอร์ สวิตช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน

(1.8) ห้อฉีดน้ำลงบนถังแยกเนื้อตາลสูก เป็นห้อน้ำสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ต่อมากับปั๊มน้ำสำหรับฉีดพ่นบนถังแยกเนื้อตາลสูก เพื่อป้องกันเนื้อตາลสูกที่ผิวถังแยกแห้งเกาะติดกับผิวถังแยกเนื้อตາลสูก

(1.9) ห้อปล่อยเนื้อตາลสูกผสมน้ำ เป็นห้อสแตนเลสรูปตัวแอล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีวาร์ปิด-เปิด เพื่อนำควบคุมอัตราเร็วในการหลอกของเนื้อตາลสูกผสมน้ำจากอ่างรองรับเนื้อตາลสูกผสมน้ำ

(2) ประกอบส่วนต่าง ๆ และเชื่อมต่อชิ้นส่วนด้วยกัน

(3) ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องแยกเนื้อตາล โดยวิธีการดังนี้

(3.1) ใช้ผลตາลสูกควบคุมให้มีความสูกใกล้เคียงกันโดยการประเมินจากเกษตรกรผู้ชำนาญการ โดยมีลักษณะสีเหลืองหรือเหลืองส้มตามพันธุ์ของต้นตาลโتنด

(3.2) ชั้นนำหนักผลatalที่ผ่านการปอกเปลือกและแยกเนื้อatalตามจำนวนเมล็ดatal ลงในถังแยกเนื้อatal

(3.3) เติมน้ำในอ่างจนถึงระดับน้ำล้นของอ่าง

(3.4) จับเวลาในการปั่นหมุนจนเนื้อatalสุกแยกจากเมล็ดatal

(3.5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกเนื้อatalกับเครื่องยีatal-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นในปี 2558 (jintha วิญญาณศรีกุลและพงษ์ น้อยคล้าย, 2560, สิงหาคม)

(4) ตรวจสอบคุณภาพเนื้อatalสุกที่ได้จากการปั่นหมุนจนเนื้อatal ทำได้โดยนำเนื้อatalผสาน้ำที่ได้จากการปั่นหมุนจนเนื้อatalที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบันมาจำจัดน้ำโดยการปั่นเหวี่ยงในถังสลัดน้ำของเครื่องยีatal-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้ แล้วทดสอบคุณภาพเนื้อatalที่ได้เปรียบเทียบกับเนื้อatalที่ได้จากการตั้ง乾坤ของเครื่องยีatal-สลัดน้ำ โดยการวัดสีและค่าไฟเขียวของเนื้อatalที่ได้จากการปั่นหมุนจนเนื้อatal และเครื่องยีatal-สลัดน้ำ ดังวิธีการในภาคผนวก

(5) ถ่ายทอดเทคโนโลยีวิธีการใช้เครื่องแยกเนื้อatalสู่เกษตรกร ณ ศูนย์เรียนรู้การทำatalโตนดกลุ่มของคุณถนน ภู่เงิน ต.ถ้างรังค อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี และประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เข้าร่วมรับการถ่ายทอดตามแบบประเมินความพึงพอใจดังภาคผนวก

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 ผลการประกอบเครื่องแยกเนื้อตalaลสุก

4.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องแยกเนื้อตalaลสุก

เมื่อนำส่วนประกอบของเครื่องแยกเนื้อตalaลสุกที่มีรายละเอียดตามบทที่ 3 และการปรับแก้เพื่อลดปัญหาการกระเด็นของเนื้อตalaลสมน้ำและการอุดตันของท่อสเปรย์น้ำได้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 เครื่องแยกเนื้อตalaลสุก (ซ้าย) ด้านข้าง (ขวา) ด้านหน้าของเครื่อง

รายละเอียดของเครื่องแยกเนื้อตalaลสุก ประกอบด้วย

(1.1) โครงสร้างของเครื่องแยกเนื้อตala เป็นถังทรงกรวยกว้างในแนวนอนประกอบด้วยกล่องสแตนเลส ขนาด 1×1 นิ้ว หนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว (SUS304) และฐานรองรับเป็นท่อเหล็กขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ดังภาพที่ 4.1 (ซ้าย)

(1.2) อ่างรองรับเนื้อตalaลสุกสมน้ำ เป็นถังครึ่งทรงกรวย กอก ทำด้วยสแตนเลสหนา 0.24 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 92 เซนติเมตร มีความยาว 170 เซนติเมตร ความจุน้ำ 0.53 ลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 4.2 (1)

(1.3) ถังแยกเนื้อตala เป็นถังทรงกรวย กอก ที่ผนังมีรูพรุน ได้รับกำลังขับมาจากมอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ทำด้วยสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร มีความยาว

รวม 224 เซนติเมตร ผนังของถังเจาะรูโดยรอบ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.2 (2) ด้านในผนังมีแผ่นกันสแตนเลส จำนวน 5 แผ่น ดังภาพที่ 4.3 สำหรับพาร์เมล็ดatalให้เคลื่อนที่จากปากทรงกระบอกด้านหนึ่งออกสู่อีกด้านหนึ่ง และมีเหล็กจากสแตนเลสขนาด 2×2 นิ้ว สำหรับช่วยพาร์เมล็ดatalเคลื่อนที่ขึ้นและตกลงมากратทบกัน ความเร็วรอบของถังเที่ยงรูปทรงกระบอกซึ่งอกนี้จะมีความเร็วเท่ากับ 0-32 รอบต่อนาที ด้านนอกของถังมีผนังสแตนเลสปิดคลุมอยู่ครึ่งหนึ่ง เพื่อป้องกันน้ำฝนเนื้อตาลสุกกระเด็นออกนอกถัง ดังภาพที่ 4.2 (2)



ภาพที่ 4.2 อ่างรองรับเนื้อตาลสุกผสมน้ำ (1) และถังแยกเนื้อตาลสุก (2)



ภาพที่ 4.3 แผ่นกันสแตนเลสภายในถังแยกเนื้อตາลสุก

(1.4) อ่างรับน้ำสำหรับฉีดพ่นบนถังแยกเนื้อตາลสุก จะอยู่ส่วนล่างของถังแยกเนื้อตາล อ่างรับเนื้อตາลและน้ำ ทำด้วยแผ่นแทนเลสขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร หนา 0.15 เซนติเมตร ความจุน้ำ 0.112 ลูกบาศเมตร มีแผ่นตะแกรงสแตนเล斯วางทึ่มุม ประมาณ 75 องศา กับพื้น เพื่อกรองเนื้อตາลสุกออกจากน้ำ ก่อนเข้าสู่ปั๊มน้ำ ดังภาพที่ 4.1 (ขวา) (1)

(1.5) มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) เป็นเครื่องตันกำลังที่ทำให้เกิดการหมุนของชุดแยกเนื้อตາล มอเตอร์ที่ใช้ขนาด 750 วัตต์ (1 แรงม้า) อัตราทด 1:30 ไฟฟ้า 220 โวลต์ 3 เฟส ต้องอยู่ใต้อ่างรองรับเนื้อตາลสุกดังภาพที่ 4.4 (1)



ภาพที่ 4.4 มอเตอร์เกียร์ (1) และปั๊มน้ำของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก (2)

(1.6) ปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านน้ำจากอ่างรับน้ำสำหรับฉีดน้ำลงบนถังแยกเนื้อตาล เพื่อช่วยให้เมล็ดตาลเคลื่อนที่ไปยังไปข้างหน้า มอเตอร์ที่ใช้ขนาด 750 วัตต์ (1 แรงม้า) ดังภาพที่ 4.4 (2)

(1.7) อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องแยกเนื้อตาล แบบถังนอน ประกอบด้วย ใช้ไฟฟ้า 220 โวลท์ 1 เฟส และ 3 เฟส มีอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าประกอบด้วยมอเตอร์ปั๊มน้ำ หลอดไฟปิด – เปิด และ หลอดไฟโซว์ มีปุ่มปรับระดับความเร็วของถังแยกเนื้อตาลสุก และควบคุมทิศทางการหมุนของถังให้เป็นแบบหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือวนเข็มนาฬิกาได้ ระบบไฟฟ้าของเครื่องที่ต่อผ่านพิวส์และมีเบรกเกอร์สวิทช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน ดังภาพที่ 4.5 (1)



ภาพที่ 4.5 ส่วนควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก (1) ท่อปล่อยเนื้อตาลสุกผสมน้ำ (2) และถังรองรับเนื้อตาลสุกผสมน้ำ (3)

(1.8) ท่อฉีดน้ำลงบนถังแยกเนื้อตาลสุก เป็นท่อน้ำสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ต่อมากับปั๊มน้ำ (ภาพที่ 4.4 (2)) เพื่อปั๊มน้ำจากอ่างรับน้ำสำหรับฉีดพ่นบนถังแยกเนื้อตาลสุก (ภาพที่ 4.1 (ขวา) (1)) และฉีดพ่นบนถังแยกเนื้อตาลสุก เพื่อป้องกันเนื้อตาลสุกที่ผิดถังแยกแห้ง เกาะติดกับผิดถังแยกเนื้อตาลสุก

(1.9) ท่อปล่อยเนื้อตาลสุกผสมน้ำ เป็นท่อสแตนเลสรูปตัวแอล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีวาร์วปิด-เปิด เพื่อนำควบคุมอัตราเร็วในการไหลออกของเนื้อตาลสุกผสมน้ำจาก อ่างรองรับเนื้อตาลสุกผสมน้ำ ตามภาพที่ 4.5 (2)

4.1.2 การทำงานของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกเนื้อตาลสุก มี ดังนี้

(1) เตรียมเนื้อตาลสุกโดยปอกเปลือกผลตาลสุก แบ่งเนื้อตาลออกราดตามจำนวนเม็ด ตาล ปริมาณสูงสุดของผลตาลที่เครื่องแยกเนื้อตาลสามารถใช้ได้ประมาณ 190 กิโลกรัม

- (2) นำเมล็ดเนื้อตานสุกใส่ในด้านโต๊ะรองรับเนื้อตานตามภาพที่ 4.1 ซ้าย (2) แล้ว เลื่อนเมล็ดเข้าสู่ถังแยกเนื้อตานสุก
- (3) เติมน้ำลงในอ่างรองรับเนื้อตานสุกผสมน้ำจนถึงระดับของท่อน้ำล้น ดังภาพที่ 4.1 ขวา (3)
- (4) เปิดสวิตช์ให้มอเตอร์เกียร์ทำงาน เพื่อหมุนถังแยกเนื้อตานสุกตามในทิศทางตาม เข็มนาฬิกา เนื้อตานสุกจะหมุนไปตามการหมุนของถัง และเกิดการเสียดสีกับแผ่นกันและรูพรุนของถัง ระหว่างการหมุน ทำให้เนื้อตานสุกถูกแยกออกจากเส้นไยตาล น้ำที่ล้นจากอ่างรองรับเนื้อตานสุกผสม น้ำจะถูกปั๊มขึ้นสู่ท่อด้านบนของถังแยกและฉีดพ่นลงบนถังเพื่อทำให้เส้นไยตาลเปียกชื้น ไม่แห้ง เก่าติดรูพรุนของถัง
- (5) เมื่อเนื้อตานสุกออกจากเส้นไยของเมล็ดตานจนหมดแล้วจึงปิดสวิตช์การทำงาน ของมอเตอร์เกียร์และเปิดวาล์ว (ภาพที่ 4.5 (2)) เพื่อปล่อยน้ำอุดตันผสมน้ำออก
- (6) แยกน้ำออกจากเส้นไยของเมล็ดตานหลังจากนำเนื้อตานผสมน้ำออกจนเกือบ หมดอ่างรองรับเนื้อตานสุกผสมน้ำ โดยเปิดสวิตช์การทำงานของมอเตอร์เกียร์อีกครั้ง ซึ่งใช้เวลา ประมาณ 7 นาที
- (7) นำเมล็ดตานที่ปราศจากเนื้อตานสุกออกจากเครื่องแยกเนื้อตานสุกด้วยหมุน สวิตช์การทำงานของมอเตอร์เกียร์ให้หมุนวนเข็มนาฬิกา นานประมาณ 6 นาที เพื่อให้แผ่นกัน ภายในถังแยกเนื้อตานสุกพาเมล็ดตานออกจากถังดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การนำเมล็ดตาลที่ถูกแยกเนื้อตาลอกรากแล้วออกจากเครื่องแยกเนื้อตาลสุก

ลักษณะของเนื้อตาลสุกที่แยกได้เป็นตามภาพที่ 4.5 (3) ซึ่งยังมีน้ำอยู่ในปริมาณมาก ต้องนำไปกำจัดน้ำ โดยใช้เครื่องยิตาล-สลัดน้ำในส่วนของถังสลัดน้ำ ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งพัฒนาขึ้นในปีพ.ศ. 2558 หรือการกำจัดน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงตามวิธีการเดิมของเกษตรกร โดยการปล่อยทิ้งในตระกร้าพลาสติกที่มีผ้าฝ้ายดิบรองไว้ น้ำจะหลอกออกจากตะกร้า ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน หรือ 12 ชั่วโมงจะได้เนื้อตาลสุกพร้อมขายหรือนำไปใช้ เมล็ดตาลที่เหลือหลังการแยกเนื้อตาลอกรากจะนำไปแข็ง化เพื่อช่วยในการออกของตันอ่อนและนำไปปลูกใหม่

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อตาลสุก

เครื่องแยกเนื้อตาลสุกที่พัฒนาขึ้นสามารถบรรจุผลตาลเพื่อรอการแยกเนื้อตาลได้สูงสุด 190 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุดในการหมุนของถังแยกเนื้อตาลสุกประมาณ 15 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการปั่นหมุนเพื่อแยกเนื้อตาล 10 นาที ใช้เวลาในการสะเต็ดน้ำออกจากเมล็ดตาลประมาณ 7 นาที และใช้เวลาในการปั่นหมุนเพื่อเอามेल็ดตาลอกรากจากถังแยกเนื้อตาลสุกประมาณ 6 นาที เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกเนื้อตาลสุกระหว่างเครื่องแยกเนื้อตาลที่พัฒนาขึ้นใหม่และเครื่องยิตาล-สลัดน้ำที่มีอยู่เดิม ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เวลาในการแยกเนื้อตາลจากผลตากสุกรระหว่างเครื่องแยกเนื้อตາลและเครื่องยีตาล-สลัดน้ำ

เครื่องมือ	ระยะเวลาในการแยกเนื้อตາล (นาที/กิโลกรัมผลตาก)	ความสามารถในการแยกเนื้อตາล (กิโลกรัม/นาที)
เครื่องแยกเนื้อตາลสุก	0.053 ± 0.003^b	19.0 ± 5.00^b
เครื่องยีตาล-สลัดน้ำ	2.00 ± 0.120^a	1.76 ± 0.20^a
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)		

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าเครื่องแยกเนื้อตາลสุกสามารถลดระยะเวลาในการแยกเนื้อตາลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 2 นาทีต่อกิโลกรัมผลตากเป็น 0.053 นาทีต่อกิโลกรัมผลตาก ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกเนื้อตາลสุกได้มากกว่า 30 เท่า ระยะเวลาที่ใช้ในการแยกเนื้อต้าลสุกออกจากผลตากของเครื่องแยกเนื้อต้าลสุกยังขึ้นกับความสุกของเนื้อต้าลและระยะเวลาในการแยกผลตากในน้ำก่อนทำการแยกเนื้อต้าล ผลตากที่มีความสุกพอดีจะแยกเนื้อต้าลออกได้ง่ายกว่าผลตากที่มีความสุกน้อยกว่า ระยะเวลาในการแยกผลตานานกว่าจะแยกเนื้อต้าลออกจากผลตากได้เร็วกว่าเนื่องจากผลตากสุกมากมีความแน่นเนื่อนอยกว่าผลตากที่สุกน้อยกว่า น้ำจะสามารถแทรกซึมเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเส้นใยต้าล ทำให้เนื้อต้าลหลุดออกจากผลตากได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของนักวิจัยอื่นเกี่ยวกับระยะเวลาการสุกของผลไม้มีกับความแน่นเนื้อ ยิ่งสุกมากความแน่นเนื้อยิ่งน้อย ((นิธิยา รัตนานันท์ และดนัย บุณยเกียรติ, 2548; Valero, Crisosto, & Slaughter, 2007) การมีรูพรุนรอบถังแยกจะช่วยเพิ่มการขัดถูของเนื้อต้าลกับผนังของถังแยกได้ดีกว่าผิวของถังที่เรียบไม่มีรูพรุน เนื่องจากการแยกเนื้อต้าลออกจากผลตากจำเป็นต้องใช้การขัดสีระหว่างผลตากกับผิววัสดุอื่น (Fellow, 2000) การวางแผนแยกในแนวอนจะช่วยให้ผลตากเกิดการตกระแทรกกับผนังระหว่างการหมุนของถัง ช่วยให้เนื้อต้าลหลุดออกจากเส้นใยได้ดีกว่าการใช้เพียงการขัดถูหรือเสียดสีระหว่างวัสดุ ส่วนแ芬กันที่ว่างตัวตัดขาวงกับถังแยกจะช่วยกระจายผลตากไม่ให้อยู่รวมกัน ความเร็วของการปั่นหมุนของถัง เป็นปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการแยกเนื้อต้าลสุกออกจากผลตาก ลักษณะของเนื้อต้าลสุกที่แยกได้จากเครื่องแยกเนื้อต้าลและเครื่องยีตาล-สลัดน้ำภายหลังจากการแยกน้ำออกจากของผสมของเนื้อต้าลสุกและน้ำได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าพีอีชและค่าสีของเนื้อตາลสูกที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อตາลและเครื่องยิตาล-สลัดน้ำ

เครื่องมือ	pH	ค่าสี		
		L*	a*	b*
เครื่องแยกเนื้อตາล	4.82 ^a	56.72	25.86	70.59
เครื่องยิตาล-สลัดน้ำ	4.56 ^a	54.53	28.19	75.10

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เนื่องจากค่าพีอีชปั่งชี้ระดับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การใช้ระยะเวลาในการแยกเนื้อตາลนานจะทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อตາลสูกเจริญเติบโต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแล็คติกและยีสต์และสร้างกรดออกما ทำให้ค่าพีอีชในเนื้อตາลสูกลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการแยกเนื้อตາลนานขึ้น ส่วนค่าสีบ่งบอกลักษณะปราศจากของเนื้อตາลสูกที่ได้จากการแยกเนื้อตາลของแต่ละวิธี การใช้ระยะเวลาในการแยกเนื้อตາลสูกนานเกินไปจะทำให้สารแครโตรีนอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน จากตารางที่ 4.2 พบว่าเนื้อตາลสูกที่แยกได้จากเครื่องแยกเนื้อตາลสูกหั้งสองเครื่องมีค่าพีอีชและค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาจากค่ามุมสี (hue angle) เนื้อตາลสูกจากเครื่องมือหั้งสองมีสีเหลืองใกล้เคียงกันมาก ค่าพีอีชของเนื้อตາลสูกมีค่าเป็นกรด เนื่องจากเกษตรกรจะปล่อยให้เนื้อตາลสูกเติบโตก่อนนำมาแยกเนื้อตາลออกจากผลตากลับ

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ทำอาชีพผลิตและขายเนื้อตາลสูกจำนวน 20 คน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดการใช้เครื่องแยกเนื้อตາลสูก

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ระยะเวลาในการแยกเนื้อตາลของเครื่องแยกเนื้อตາล	4.89±0.41
ความง่ายในการใช้งานของเครื่องแยกเนื้อตາล	4.23±0.13
ลักษณะของเนื้อตາลสูกที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อตາล	4.35±0.24
วิทยากร	4.87±0.11

จากตารางที่ 4.3 แสดงว่าผู้เข้ารับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องแยกเนื้อตາลสูก มีความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องแยกเนื้อตາลสูกในระดับชอบถึงชอบมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 วัตถุประสงค์ สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

เนื้อตalaสุกเป็นผลิตผลหลักจากผลตalaโtonด (*Borassus flabellifer* Linn.) ซึ่งมีมากตามธรรมชาติในจังหวัดเพชรบุรี และในบางฤดูกาลโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูร้อนถึงต้นฤดูหนาว จะมีมากจนเกษตรกรที่มีอาชีพเก็บและขายผลิตผลจากต้นตalaโtonดไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันเวลา ก่อนผลตalaสุกจะเน่าเสีย ปัญหาสำคัญของเกษตรกรที่มีอาชีพขายเนื้อตalaสุก คือ การผลิตเนื้อตalaสุกต้องใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง ขึ้นไป การแยกเนื้อตalaสุกออกจากผลตalaด้วยน้ำหรือการยีตาล มีขั้นตอนการสกัดหลายขั้นตอนและต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก เนื่องจากการแยกเนื้อตalaต้องทำครั้งละ 1 ลูกต่อ 1 คนเท่านั้น ทำให้เนื้อตalaสุกที่ได้มีอายุการเก็บรักษาเพียง 1-2 วัน ที่อุณหภูมิห้องหรือ 1 อาทิตย์ ในตู้เย็น เนื่องจากระหว่างการสะเด็ดน้ำทำให้แบคทีเรียและยีสต์ซึ่งมีตามธรรมชาติในเนื้อตalaสุกเจริญเติบโต ทำให้เกิดการหมัก นอกจากนี้ในฤดูกาลที่มีเนื้อตalaสุกปริมาณมาก ไม่สามารถแยกเนื้อตalaสุกออกจากผลตalaทันเวลา ก่อนผลตalaเน่าเสีย ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ช่วยลดเวลาในการยีตาลและสะเด็ดน้ำ ทำให้มีรายได้จากการขายเนื้อตalaสุกเพิ่มขึ้น ลดปริมาณผลตalaที่สูญเสียเนื่องจากไม่สามารถนำไปแยกเนื้อตalaสุกได้ทันเวลา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาเครื่องแยกเนื้อตalaออกจากผลตalaสุกและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและผู้สนใจนำเครื่องแยกเนื้อตalaไปใช้ประโยชน์

สมมติฐานของการวิจัย ได้แก่ การแยกเนื้อตalaสุกโดยใช้การขัดสีระหว่างผิวนังถังแยกและผลตalaสามารถแยกเนื้อตalaสุกออกจากผลตalaได้เร็วกว่าการใช้วิธีการปั่นผสมในถังกวันที่มีใบกวน วิธีการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการออกแบบเครื่องแยกเนื้อตalaสุก ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ โครงสร้างหลักของเครื่องแยกเนื้อตala ถังแยกเนื้อตala อ่างรองรับเนื้อตalaสุก ผสมน้ำ มอเตอร์เกียร์ ปั๊มน้ำ และอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า หลังจากประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแยกเนื้อตalaสุกและลักษณะคุณภาพของเนื้อตalaสุกที่แยก

เครื่องแยกเนื้อต่ำสุกเปรียบเทียบกับเครื่องยีตาล-สลัดน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนหน้า แล้วถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรผู้ผลิตเนื้อต่ำสุกและผู้สนใจนำไป

5.2 สรุปผลการวิจัย

เครื่องแยกเนื้อต่ำสุกมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โครงสร้างของเครื่องทำจากสแตนเลส และฐานรองรับเป็นท่อเหล็ก มีถังแยกเนื้อต่ำเป็นถังทรงกระบอก ที่ผนังมีรูพรุนรอบถัง มีแผ่นกันชางแแนวถัง ถังแยกเนื้อต่ำสุกวางตัวในแนวอนในอ่างรองรับเนื้อต่ำสุกผสมน้ำ มีความจุของน้ำในอ่างรองรับเนื้อต่ำสุกประมาณ 0.53 ลูกบาศก์เมตร ใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 1 แรงม้าเพื่อควบคุมการหมุนของถังแยกเนื้อต่ำสุก มีอ่างรับน้ำล้นจากอ่างรองรับเนื้อต่ำสุก และน้ำถูกปั๊มขึ้นสู่ถังแยกเนื้อต่ำสุกเพื่อลดการเกาติดของเส้นใยต่ำ ความสามารถในการแยกเนื้อต่ำของเครื่องแยกเนื้อต่ำที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้ ซึ่งสามารถแยกเนื้อต่ำได้ 1.76 กิโลกรัมต่อนาที ทำให้ลดเวลาในการแยกเนื้อต่ำออกจากผลต่ำสุกได้สั้นลงจากเดิม 2 นาทีต่อกิโลกรัมผลต่ำ เป็น 0.053 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อผลต่ำ เครื่องแยกเนื้อต่ำสุกยังสามารถพาเมล็ดต่ำปราศจากเนื้อต่ำออกจากเครื่องได้โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนโดยใช้เวลาประมาณ 6 นาที เนื้อต่ำสุกที่แยกได้มีค่าพิเศษและค่าสีไม่แตกต่างจากเนื้อต่ำสุกที่ได้จากการแยกเนื้อต่ำ-สลัดน้ำ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การแยกเนื้อต่ำสุกโดยใช้เครื่องแยกเนื้อต่ำจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อผลต่ำที่นำมาแยกเนื้อต่ำมีความสุกเพียงพอ และต้องแข่น้ำผลต่ำระยะเวลานึงเพื่อให้น้ำถูกดูดซับเข้าสู่พื้นที่ระหว่างเส้นใย ซึ่งต้องทำการทดลองยืนยันต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2544). ตลาดโคนด ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและรูปแบบโรงผลิต. กรุงเทพฯ:

ผู้แต่ง.

จินตนา วิบูลย์ศิริกุล และพยองค์ น้อยคล้าย. (2560, สิงหาคม, 23). การออกแบบเครื่องยืดต่ำ-สลัดน้ำในการผลิตเนื้อต้าลสุก. การประชุมวิชาการ Thailand Research Symposium 2017. 568-579.

นิธิยา รัตนานนท์ และดนัย บุญยเกียรติ. (2548). การปฏิบัติภัยหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.

กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

นฤมล เหลืองนภา. (2533). การผลิตและการใช้เนื้อลูกต้าลสุกในขนมไทยบางชนิด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2541). วิศวกรรมอาหาร: หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรพงค์ บุญช่วย (2559). เครื่องปั่นลูกต้าล 3 IN 1 แยกเนื้อ-เส้นใย-น้ำ. ค้นเมื่อ กันยายน 21, 2561, จาก www.thairath.co.th.

ศุภนัช สร้อยแม่นและสุกழ្ស สร้อยแม่น. (2559). เครื่องแยกเนื้อต้าลสุก ลดการใช้แรงงาน. ค้นเมื่อ กันยายน 21, 2561, จาก www.rakbankerd.com.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. (2551). รายงานประจำปี ข้อมูลสถิติจำนวนตันตลาดโคนด. เพชรบุรี: ผู้แต่ง.

อรุณ สุขแก้ว, วิมล บุญรอด และสุจริต สิงหพันธุ์. (2558). การออกแบบและสร้างเครื่องยืดต่ำโคนด เพื่อการแปรรูปอาหาร. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. 311-318.

Earle, R. L. and Earle, M. D. 1983. Unit operations in food processing. The New Zealand Institute of Food Science and Technology Inc. : Leatherhead.

Fellow, P. J. (2002). Food processing technology. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Jansz, E. R., Wickremasekara, N. T., & Sumuduni, K. A. V. (2002). A review of the chemistry and biochemistry of seed shoot flour and fruit pulp of the Palmyrah palm (*Borassus Flabellifer L.*). **Journal of National Science Foundation of Sri Lanka**, 30 (1-2), 61-67.

Valero, C., Crisosto, C. H., & Slaughter, D. (2007). Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. **Postharvest Biology and Technology**, 44(3), 248-253.

หลักฐานการเผยแพร่ผลงานวิจัย



Conference Proceedings

The 5th Rajabhat University National & International Research and Academic Conference



Interdisciplinary and Creative Innovations to Promote
Foundation Research in the 21st Century



Address : 38 Moo 8, Tambon Nawung, Amphoe Mueang, Phetchaburi 76000

E-mail : research@mail.pbru.ac.th

Tel : 032-708-608 , 032-493-277

Fax : 032-708-608 , 032-493-277

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแยกเนื้อคลอดจากผลผลิตสูก

Improvement efficiency of fruit pulp separating machine from Palmyra palm pulp

จันคนา วิบูลย์ศิริกุล¹ และพงศ์ น้อยคล้าย²

¹ สาขาวิชาเคมีและเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จ.เพชรบุรี ไทย 032493270

² บริษัทชูเต็ม-อินโนเวชั่น จำกัด 14/1 หมู่ 5 ต.บางไผ่ อ.ปากพล จ.ราชบุรี ไทย 0322391217

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องแยกเนื้อคลอดจากผลผลิตสูกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกเนื้อคลอดสูกออกจากผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำ จากการศึกษาวิจัยพบว่าการแยกแบบให้ตั้งแยกเนื้อคลอดในแนวอนุ น้ำร้อนรุนแรงดัง สามารถหดหุบหัวของได้ มีแผ่นกั้นตามแนวตัดขวางของดัง ด้านซ้ายและด้านขวาในแนวดัง ที่ช่วยให้แยกเนื้อคลอดจากผลผลิตได้ดีกว่าการใช้เครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำ ซึ่งมีอัตราในการแยกต้องใช้เวลาในการแยกต้อง 2.00±0.12 นาที/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำที่ใช้เวลาในการแยกเนื้อคลอด 2.00±0.12 นาที/กิโลกรัม เนื้อคลอดสูกที่แยกได้จากเครื่องทั้งสองตัวมีค่าสีและพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: เนื้อคลอดสูก, เครื่องแยกเนื้อคลอด, ประสิทธิภาพ

Abstract

Improvement of Palmyra palm pulp separator to increase the separation efficiency in comparison with the former pulp-extracting and separating apparatus was found that the separator should have the horizontal separating tank with porous wall, baffle, and self-rotation. Some part of tank was immersed in the water in the water bath. The main problem of the former separator was entanglement of the palm pulp fiber with the agitator and subsequently decrease the separating efficiency. The present pulp separator decreased the separating time from 2.00 ± 0.12 to 0.053 ± 0.003 min/kg compared with the former separating apparatus. The pulp from both separators had the same color and pH.

Keyword: Palmyra palm pulp, separator, efficiency

1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

เนื้อคลอดสูก (Palmyra palm pulp) ได้จากผลผลิตโคนต (*Borassus flabellifer L.*) ซึ่งมีมากตามธรรมชาติ ในจังหวัดเพชรบุรี และในบางฤดูกาลโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูร้อนถึงต้นฤดูหนาว จะมีมากจนเกินตัวและขาดแคลนจากต้นผลโคนตไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันเวลาอ่อนผลผลิตสูกจะเน่าเสีย นอกจากนี้ กรรมทรัพย์สินทางปัญญา กรรมทรัพย์สินทางปัญญา ได้คัดเลือกจังหวัดเพชรบุรี เป็น 1 ใน 10 จังหวัดเมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ในด้าน “เมืองเพชร เมืองโคนต” ทั้งนี้นับเป็นจังหวัดเพชรบุรีที่กำหนดยุทธศาสตร์จังหวัดทั้งแห่งเป็น พ.ศ. 2555 ตามนโยบายของรัฐบาล โดยกำหนดให้มีการสร้างมูลค่าเพิ่ม การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากต้น

คาดโน่นดังนี้ ขั้นตอนที่ ๑ ใช้เครื่องแยกเนื้อคล้ำสุก (องค์กรบริหารส่วนจังหวัดเพชรบุรี, ๒๕๕๕) ปัญหาสำคัญของเกษตรกรที่มีอยู่ซึ่งเป็นสาเหตุของการผลิตเนื้อคล้ำสุกคือ การผลิตเนื้อคล้ำสุกต้องใช้เวลาจำนวนมากมากประมาณ ๑๒ ชั่วโมงขึ้นไป เนื่องจากบางขั้นตอนใช้เวลาและแรงงานคน โดยเฉพาะในขั้นตอนการซีกตัดและการสับตีศีบ้านเนื้อคล้ำสุก ทำให้เกิดเนื้อคล้ำสุกที่ไม่มีคุณภาพ เก็บรักษาเพียง ๑-๒ วัน ที่อุณหภูมิห้องหรือไม่เกิน ๑ อาทิตย์ในตู้เย็น ซึ่งเป็นผลจากการใช้กระบวนการยึดและระเหยเดือนาน กระบวนการผลิตไม่ถูกสุขาลักษณะ ทำให้เกิดการปนเปื้อนและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการยึดและระเหยตื้นๆ

การแยกเนื้อคล้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งใช้กฎหมายป้องกันโรคในท้องถิ่นมาช่วยในการทำงานดังภาพที่ ๑ (ก) แต่เครื่องมือตัดกล่าวต้องต้องใช้แรงงานคนมากในการทำงาน และมีปัญหาโดยผลพันธ์ในกระบวนการที่ต้องหยุดการทำงานของเครื่องมืออยู่บ่อยครั้งระหว่างการยึดคล้ำ เพื่อต้องไปคลาดออกจากรอบในงาน และยังต้องใช้แรงงานคนในการแยกเนื้อคล้ำและการตักเนื้อคล้ำลงในถังแยกเนื้อคล้ำ ในปี พ.ศ. ๒๕๕๘ คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องยึดคล้ำ-สลัดน้ำดังภาพที่ ๑ (ข) เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตเนื้อคล้ำสุก อย่างไรก็ตามเครื่องยึดคล้ำ-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการยึดคล้ำอยู่ แต่มีประสิทธิภาพในการแยกเนื้อคล้ำโดยการกวนด้วยใบกวนจึงอาจไม่ใช้วิธีที่เหมาะสม ยังไม่สามารถแยกเนื้อคล้ำออกจากผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาเครื่องแยกเนื้อคล้ำโดยใช้การขัดถูกพื้นผิวที่มีรูพรุนแทนการใช้ใบกวนเพื่อยกเนื้อคล้ำออกจากผลิตภัณฑ์



ภาพที่ ๑ (ซ้าย) เครื่องยึดคล้ำโดยใช้ถังป้องกันโรค (ขวา) เครื่องยึดคล้ำ-สลัดน้ำ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเครื่องแยกเนื้อคล้ำจากผลิตภัณฑ์อาหารสุกให้มีประสิทธิภาพในการแยกเนื้อคล้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าเครื่องยึดคล้ำ-สลัดน้ำแบบเดิมโดยใช้วิธีการขัดถูกพื้นผิวแทนการกวนด้วยใบกวน

3. ขอบเขตของการวิจัย

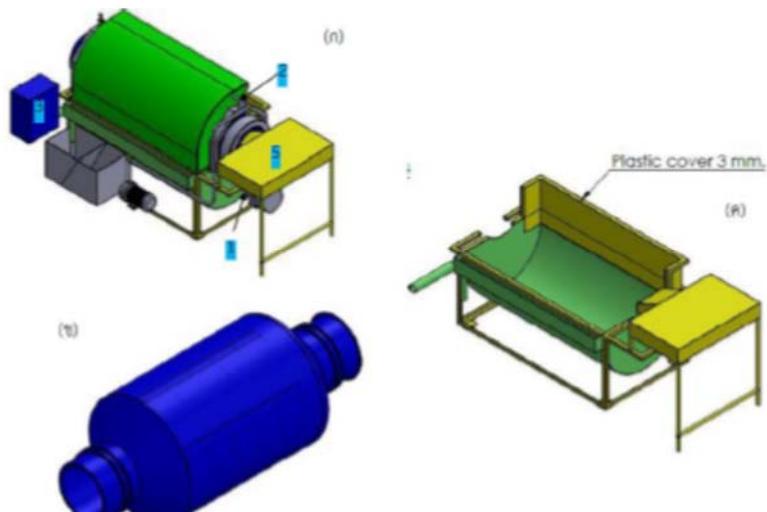
ประสิทธิภาพการกวนของเครื่องแยกเนื้อคล้ำใหม่ที่พัฒนาขึ้นแบบเรียบเทียบกับประสิทธิภาพการแยกเนื้อคล้ำของเครื่องยึดคล้ำ-สลัดน้ำที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. ๒๕๕๘

4. วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องยึดคล้ำที่จะพัฒนาขึ้นใหม่เป็นเครื่องยึดคล้ำแบบดึงจ้างแรงดันน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องยึดคล้ำประกอบด้วย

1. ออกแบบและประกอบเครื่องยึดคล้ำ ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ ๒ (ก) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 โครงสร้างของเครื่องแยกเนื้อคลอดแบบผู้คนเป็นวัสดุสแตนเลส (SUS 304)
- 1.2 ถังแยกเม็ดจากผลิตผล เป็นถังดูดซึ่งสามารถและวางในแนวโน้มมีลักษณะดังภาพที่ 2 (ก) ภายใน มีแผ่นกั้น (baffle) เป็นชุดแกร่งสแตนเลส เรียงในแนวตั้งทั่วทั้งถังจำนวน 6 แผ่น
- 1.3 ่อ่างรับเนื้อคลอดและน้ำดักภาพที่ 2 (ค) เป็นถังครึ่งทรงกระบอก ประกอบจากแผ่นสแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง 46 เซนติเมตร ยาว 170 เซนติเมตร มีความจุ 0.53 ลูกบาศก์เมตร ด้านข้าง มีแผ่นพลาสติกใสเพื่อป้องกันการกระเทือนของน้ำผลไม้คลอดสูกออกนอกถังระหว่างการแยก เนื้อคลอด
- 1.4 モเตอร์เกียร์ ใช้หมุนถังแยกเม็ดจากผลิตผล ต้องอยู่ที่ตำแหน่งตามภาพที่ 2 (ก) (1)
- 1.5 ปั๊มน้ำ ทำหน้าที่ส่งน้ำจาก่อ่างรับน้ำ (ภาพที่ 2 (ก)) เข้าถังกั้น (ภาพที่ 2 (ก) (2))
- 1.6 อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า (ภาพที่ 2 (ก) (3)) ใช้ไฟฟ้า 220 โวลท์ 1 เฟสและ 2 เฟส เพื่อควบคุม ไฟฟ้าของมอเตอร์เกียร์ ปั๊มน้ำ ระบบไฟฟ้าของเครื่องต้องผ่านฟิล์มและมีเบรกเกอร์สวิทช์เป็นตัว ควบคุมการทำงานของตัวนั้นประกอบด้วย ๆ เพื่อความปลอดภัยในการทำงานกันดีที่สุด
- 1.7 ถังน้ำอันและถังพักน้ำ (ภาพที่ 2 (ก) (4)) เพื่อรับน้ำล้นจาก่อ่างรับเนื้อคลอดและน้ำ (ภาพที่ 2 (ค)) มีแผ่นดูดซึ่งสามารถและวางได้ตามที่ต้องการ
- 1.8 ให้รับน้ำผลิตผล (ภาพที่ 2 (ก) (5)) ใช้รับน้ำผลิตผลก่อนนำไปเข้าถังแยกเม็ดออกจากผลิตผล



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องแยกเนื้อคลอดจากผลิตผลสูก (ก) เครื่องแยกเนื้อคลอด (ค) อ่างรับเนื้อคลอดและน้ำ และ (ฉ) ถังแยกเม็ดผลิตผล

- 1.8 ให้รับน้ำผลิตผล (ภาพที่ 2 (ก) (5)) ใช้รับน้ำผลิตผลก่อนนำไปเข้าถังแยกเม็ดออกจากผลิตผล
2. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเรื่อยๆ ดังนี้
 - 2.1 ปั๊มน้ำหน้าผลิตผลที่ดำเนินการป้อนเปลือกและแยกเนื้อคลอดตามจำนวนที่แนบท้ายแล้วในผล
 - 2.2 เดินน้ำในอ่างรับเนื้อคลอดและน้ำจนเดินจะระดับท่อน้ำล้น

2.3 จับเวลาในการปั่นหมุนจนเนื้อคลอดแยกจากเมล็ด

2.4 เมรี่ยบเทียนประทิษฎิการทำการทำงานของเครื่องแยกเนื้อคลอดกับเครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำที่พัฒนาขึ้นในปี ๒๕๕๘ (เจนนา วิบูลศิริกุลและพงศ์ น้อยคล้าย, ๒๕๖๐, สิงหาคม)

3. ตรวจสอบคุณภาพเนื้อคลอดสุกที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อคลอด ทำได้โดยนำเนื้อคลอดผสมน้ำที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อคลอดมาทำจันทร์โดยการกรอง และหัวดสอบคุณภาพเนื้อคลอดที่ได้เบร์บเทียนกับเนื้อคลอดที่ได้จากเครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำโดยการวัดน้ำ份และค่าพื้นที่ของเนื้อคลอดที่ได้จากเครื่องแยกเนื้อคลอดและเครื่องขี้คลอด-สลัดน้ำ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

กระบวนการแยกเนื้อคลอดออกจากเนื้อคลอดสุก ประกอบด้วยการตีไข่ขี้แมลงสาด แล้วออกเป็นก้อนสีดำออกโดยใช้มีดหรือมีดอย่าง จากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์เป็นส่วน ๆ ตามจำนวนเมล็ดคลอด

ผลการทดสอบประกอบด้วยดังนี้ ๑ ของเครื่องแยกเนื้อคลอดตั้งภาคที่ 3

5.1 กระบวนการแยกเนื้อคลอดด้วยเครื่องแยกเนื้อคลอด นำเนื้อคลอดใส่ลงในถังแยกเมล็ดซึ่งมีความจุหุงคลอด ให้ถึง 200 กิโลกรัม แล้วเติมน้ำจืดเพิ่มอ่างครัวที่หุงกระบอก ซึ่งมีความจุของประมาณ 690 ลิตร ควรทำการแข็งผล คลอดในอ่างน้ำประมาณ 1-3 ชั่วโมงก่อนทำการแยกเนื้อคลอดจากเมล็ด เพื่อให้เนื้อคลอดอ่อนนุ่มและช่วยลดระยะเวลาในการแยกเนื้อคลอดออกจากเมล็ด หลังจากปิดด้วยปีกไม้ครอบเกียร์ห้ากาน ผู้แยกเมล็ดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วย อัตราเร็วประมาณ 15 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการแยกเนื้อคลอดออกจากเมล็ดนาน 10 นาที จะได้เนื้อคลอดผสมน้ำและเมล็ดคลอดตั้งภาคที่ 4



ภาพที่ ๓ เครื่องแยกเนื้อคลอดสุก (ซ้าย) หักน้ำ (ขวา) หักหน้า



ภาพที่ ๔ เนื้อคลอดผสมน้ำและเมล็ดคลอดที่แยกเนื้อคลอดออกแล้ว

การนำน้ำเนื้อค่าลงสมน้ำหน้าออกจากโถโดยเปิดวาล์วของหัวตัวและด้านล่างของเครื่องหุงระบบอุ่น การนำน้ำเข้าสู่ค่าลงแยกเนื้อค่าโดยปิดสวิตช์ไว้รับในถ้วยความคุณไฟฟ้าเพื่อให้ถังแยกเนื้อค่าลงบนหุบแม่น้ำได้ตามอัตราและอุ่นหัวออกจากหัวจ่ายน้ำ ระหว่างการแยกเนื้อค่า จะมีไกด์ติดตามรูปทุนของหัวจ่ายน้ำที่มีการอัดสีเป็นสีน้ำเงินที่ได้จากการดักน้ำล้นตลอดเวลา เพื่อช่วยให้เนื้อค่าหลุดออกได้ด้วยไม้แท่งดินรูปทุนของหัวจ่ายเวลาในการสะเด็ดน้ำออกจากเม็ดค่าลงลักษณะยกเนื้อค่าบน 7 นาที และระยะเวลาในการพามเม็ดค่าลงบนหุบแม่น้ำ 6 นาที

5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องแยกเนื้อค่าที่พัฒนาขึ้นใหม่กับเครื่องอีค่า-สลัดน้ำได้ผลดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 เครื่องแยกเนื้อค่าที่พัฒนาขึ้นใหม่ใช้ระยะเวลาในการแยกเนื้อค่าสูกออกจากเม็ดค่าลงน้อยกว่าเครื่องอีค่า-สลัดน้ำเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 2 นาที/กิโลกรัม เป็น 0.053 นาที/กิโลกรัม หลังจากแยกเนื้อค่าออกหัวจ่ายน้ำแล้วต่อมากำหนดของเนื้อค่าสูกที่ได้จากการแยกเนื้อค่าเบรียบเทียบกับเครื่องอีค่า-สลัดน้ำ พบร่วยว่าสีและค่าพิเศษของเนื้อค่าสูกที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการแยกเนื้อค่าลงจากผลผลิตต่ำกว่าหัวร่วมน้ำที่เครื่องแยกและเครื่องอีค่า-สลัดน้ำ

เครื่องมือ	ระยะเวลาในการแยกเนื้อค่า (นาที/กิโลกรัมผลผลิต)
เครื่องแยกเนื้อค่า	2.00±0.12 ^a
เครื่องอีค่า-สลัดน้ำ	0.053±0.003 ^b

เครื่องแยกเนื้อค่าสูกสามารถลดระยะเวลาในการแยกเนื้อค่าหรือการอัดกลาดได้เนื่องจากความจุของถังแยกเนื้อค่ามีขนาดใหญ่กว่า มีรูพูนรอบด้านทำให้เกิดการซักรูปแบบไปผลผลิต มีแผ่นกันภายในถังซึ่งทำให้เกิดการไหลแบบไม่มีติดขัด ทำให้เก็บเศษหัวสูกออกจากผลผลิตได้เร็วข่าว่าการใช้เครื่องอีค่า-สลัดน้ำแบบเดิม นอกเหนือน้ำที่ออกน้ำเนื้อค่าสูกอยู่ในสภาพเป็นติดกันตื้นๆ ไม่สามารถแยกออกได้ แต่เครื่องแยกเนื้อค่าจะสามารถแยกออกได้เร็วขึ้น สามารถใช้เวลาในการแยกและกระบวนการเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกำหนดระยะเวลาในการแยก ถ้าอีค่าหรือกระบวนการต้องความเร็วสูงจะใช้ระยะเวลาในการแยกตื้นลง ระหว่างกระบวนการสูกของผลผลิตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กำหนดระยะเวลาในการแยก ผลผลิตที่มีรูปแบบสูกเพียงพอ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเคมีและเกิดการสูญเสียมาก สารที่จะถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำเหลือง ทำให้เนื้อเยื่อมีความอ่อนตัวมากขึ้น (นิธิยา รัตนานันท์และพันย์ บุรณยศเกียรติ, 2548) เมื่อน้ำเยื่อมีน้ำที่ใช้เวลาในการแยกตื้นกว่าและได้ผลดี (yield) สูงกว่าผลผลิตที่ยังไม่สูกเดิมที่

เนื้อค่าสูกสมน้ำหน้าที่ได้จากการแยกเนื้อค่าที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถนำออกจากเครื่องแยกเนื้อค่าผ่านทางท่อสูบและรูปหัวแมลงที่ต่อไว้ด้านล่างของอ่างรับเนื้อค่าและน้ำดักภาพที่ 3 (ขวา) และนำเข้าสู่อีค่า-สลัดน้ำเพื่อลดระยะเวลาในการสีที่คั่นน้ำออกจากเนื้อค่า ของผู้เชี่ยวชาญเนื้อค่าสูกจากเครื่องแยกเนื้อค่าจะยืนยันในปริมาณมาก ยังไม่สามารถจับนำไปได้ แต่เนื่องจากเนื้อค่าสูกอยู่ในสภาพเป็นตื้นๆ ในการแยกน้ำออกจากเนื้อค่าสูกตัวอย่างรูปปัจจุบันหัวใจที่ไม่ได้ทำการตั้งให้หดตัวก่อนหัวร่องหัวร่องน้ำมีน้ำท่วง (gravity sedimentation and filtration) ผ่านหัวชุดซึ่งยังคงที่มีรูพูนขนาดเล็กกว่าอนุภาคเนื้อค่าสูก เช่น ผ้า ตะแกรง กระชอน เป็นต้น ต้องใช้เวลาในการประมาณ

12 ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษากระบวนการหมักจาก lactic acid bacteria และยีสต์ (มนัสันต์ บุญรา พงษ์, 2544; Artnarong, Masniyom, Maneesri, 2016) ทำให้ค่าความเป็นกรด-ค่าของน้ำผลิตภัณฑ์และเป็น สารแทนคุณที่ทำให้อาหารกินแล้วรักษาในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เข้าหน้ายังคงสภาพเดิม การใช้วิธีการบ่มเพื่อยืดอายุการ กันจากเนื้อผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีการที่รวดเร็วกว่าการหยอดกอนความแห้งโน้มเอื่องในการแยกออกเหลวและของแข็งออกจาก กัน (Earle and Earle, 1983) และขั้นตอนใช้ผ้าฝ้ายดินเป็นวัสดุช่วยรองในถังบ่มเพื่อยืด ทำให้สามารถลดเวลาในการ แยกน้ำออกจากการบ่มเพื่อผลิตภัณฑ์เพียงไม่กี่วัน 30 นาที

6. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

เครื่องแยกเนื้อผลิตภัณฑ์สามารถลดเวลาการแยกเนื้อผลิตภัณฑ์และช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในเวลาที่มีเนื้อ ผลิตภัณฑ์ ลดแรงงานคนในการยืดผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เครื่องแยก-สลัดน้ำเดิม ซึ่งต้องหยุดการทำงานเป็นระยะ ๆ เนื่องจากต้องใช้เวลาพันกันภายนอกในงาน

7. กิจกรรมประจำ

ผู้จัดขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในการให้เงินประมาณสนับสนุนการวิจัยประจำปี งบประมาณ พ.ศ.2560 และคุณอำนวย ภู่เงิน ในการให้ข้อมูลกระบวนการผลิตภัณฑ์แบบเดิม

8. เอกสารอ้างอิง

จันเดา วิบูลย์ศรีกุล และพงษ์ค น้อยคล้าย. (2560). การออกแบบเครื่องแยก-สลัดน้ำในการผลิตเนื้อผลิตภัณฑ์ เอกสารการประชุมวิชาการมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2560 (Thailand Research Expo: Symposium 2017) 23-27 สิงหาคม 2560.

นิตยา รัตนานันท์ และนันย บุณยเกียรติ. (2548). การปฏิบัติภาระหลังการเก็บเที่ยวพักและผลไม้. กรุงเทพฯ : ไอเดียนสโตร์.

มนัสันต์ บุญรา พงษ์. (2544). การพัฒนาเปรี้ยวเข้าและส่วนผสมสำเร็จรูปในการผลิตนมสดเพื่อ อุดหนุนกรรมชนิดเล็ก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. กรุงเทพฯ.

อร์ท์ การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบุรี. (2555). ยุทธศาสตร์เมืองทันแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ “เมืองเพชร เมืองแหล่งท่องเที่ยว” จังหวัดเพชรบุรี. เพชรบุรี.

Artnarong, S., Masniyom, P., and Maneesri, J. (2016). Isolation of yeast and acetic acid bacteria from palmyra palm fruit pulp (*Borassus flabellifer* Linn.). *International Food Research Journal*, 23(3), 1308-1314.

Earle, R. L. and Earle, M. D. (1983). *Unit operations in food processing*. Leatherhead: The New Zealand Institute of Food Science and Technology Inc.