สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและออกแบบเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

STUDY AND DESIGN OF SESAME PEELING MACHINE

T045816

โดย

นางสาวจิตสุดนธ์ พัฒนพิเชียร

นางสาวปาริชาติ ศรีเสน

นายพงษ์ศักดิ์ ณรงค์ตะณุพล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่
เลขทะเบียน 45816
วันเดือนปี 18 ก.พ. 2546

.b.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและการออกแบบเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

ผู้จัดทำ

นางสาวจิตสุดนธ์ พัฒนพิเชียร

นางสาวปาริชาติ ศรีเสน

นายพงษ์ศักดิ์ ณรงค์ตะณุพล

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและออกแบบเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

นางสาวจิตสุคนธ์ พัฒนพิเชียร
นางสาวปาริชาติ ศรีเสน
นายพงษ์ศักดิ์ ณรงค์ตะณุพล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตก ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องได้แก่ ตะแกรงขัดสี เพลาไม้ ชุดปรับความเร็วรอบ ฝาครอบ ชุดรางระบายน้ำ และเมล็ด โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ความเร็วรอบหมุน 6 ระดับ คือ 340 , 380 , 420 , 460 , 500 และ 540 รอบต่อนาที และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่น้ำ 3 ระดับ คือ 10 , 30 และ 60 นาที จากการทดลองพบว่า ผลกระทบร่วมของความเร็วรอบและระยะเวลาแช่น้ำมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ลอกเปลือกสมบูรณ์ และ เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก โดยที่ความเร็วรอบ 380 รอบต่อนาที ระยะเวลาแช่น้ำ 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์ 78.67 % และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก 4.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DESIGN OF SESAME PEELING MACHINE

Miss.Chitsukon Pattanapichen

Miss.Parichat Srisen

Mr.Pongsak Narongtanupol

Assist.Prof.Satip Rattanapasakorn Advisor

2001

Abstract

A Sesame Peeling Machine was designed and constructed to study the effect of variable in process on complete dehusk sesames and broken sesames. The machine consisted of 4 main components : frame cylinder sieve rotating drum with fabric belt motor .The 6 levels of speed (340 , 380 , 420 , 460 , 500 and 540 rpm) and soaking period (10 , 30 and 60 minutes) were the variables considered in the experiment. The results shown that drum speed and soaking period had significant effect on complete dehusk sesames and broken sesames. The best condition is drum speed of 380 rpm and soaking period of 30 minutes which give 78.67 % of complete dehusk sesames and 4.67 % of broken sesames.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงา	3
2.1.1 ความสำคัญของงาต่อระบบเศรษฐกิจ	3
2.1.2 ลักษณะพฤกษศาสตร์ของงา	4
2.1.3 ประโยชน์และคุณค่าของโภชนาการของเมล็ดงา	6
2.2 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดงา	7
2.2.1 กรรมวิธีลอกเปลือกเมล็ดงาในอดีต	7
2.2.2 วิธีการลอกเปลือก	8
2.2.3 วิธีการขัดขาว	12
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกเปลือกงา	13
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา	14
3.1 แนวทางการออกแบบ	14
3.2 ส่วนประกอบเครื่อง	14
3.3 หลักการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา	15
บทที่ 4 วิธีการทดลอง	23
4.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเร็วรอบและระยะเวลาในกาแช่น้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง	23
4.1.1 การทดลองเบื้องต้นถึงผลกระทบของการแช่น้ำเมล็ดงาที่เวลาต่าง ๆ ต่อการลอกเปลือก	23
4.1.2 การทดลองเพื่อหาความเร็วรอบเบื้องต้นที่มีผลต่อการลอกเปลือกของเมล็ดงา	24
4.2 การศึกษาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา	26
4.2.1 ศึกษาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดงาที่ได้ 27

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 29
5.1 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้น 29
5.1.1 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้นระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงาด้วยวิธีการขัดสี 29
5.1.2 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่มีต่อการลอกเปลือกเมล็ดงาด้วยวิธีการขัดสี 29
5.2 ผลการทดลองของความเร็วรอบ ระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา 30
5.2.1 การวิเคราะห์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ 30
5.2.2 การวิเคราะห์เมล็ดแตก 32
5.2.3 ผลการวิเคราะห์ร่วมของเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตก 34
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 35
6.1 สรุปผลการทดลอง 35
6.2 ข้อเสนอแนะ 35
บรรณานุกรม 37
ภาคผนวก 38
ภาคผนวก ก 39
ภาคผนวก ข 40
ภาคผนวก ค 42
ภาคผนวก ง 43
ภาคผนวก จ 44
กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองของความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อการลอกเปลือกสมบูรณ์ 31

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองของความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อเมล็ดงาที่แตก 33

ตาราง ก.1 คุณลักษณะของงาขัด 39

ตาราง ข.1 แสดงผลการทดลองของการศึกษาเบื้องต้นของระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกของเมล็ดงา 40

ตาราง ข.2 แสดงการศึกษาเบื้องต้นของผลกระทบของความเร็วรอบต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา 40

ตาราง ข.3 แสดงจำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตกที่ได้จากการทดลอง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงเมล็ดงาดำ 5
รูปที่ 2.2 เครื่องสีข้างแบบโม่หินแนวนอน 9
รูปที่ 2.3 เครื่องสีข้างแบบลูกยางกะเทาะเปลือก 9
รูปที่ 2.4 เครื่องสีข้างแบบลูกเหล็กแนวนอน 10
รูปที่ 2.5 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง 10
รูปที่ 2.6 เครื่องขัดเมล็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric dehuller 11
รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา 15
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา 16
รูปที่ 3.3 แสดงภาพตัดขวางของเครื่อง 16
รูปที่ 3.4 แสดงภาพเพลาไม้ 17
รูปที่ 3.5 แสดงภาพตะแกรงขัดสี 18
รูปที่ 3.6 แสดงภาพโครงสร้าง 19
รูปที่ 3.7 แสดงภาพของฝาครอบภายนอก 20
รูปที่ 3.8 แสดงภาพ hopper 21
รูปที่ 3.9 แสดงภาพรางระบายน้ำและท่อเมล็ดงาออก 22
รูปที่ 5.1 แสดงจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและระยะเวลาการแช่น้ำที่ระดับต่าง ๆ 31
รูปที่ 5.2 แสดงจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดงาที่แตกเสียหายจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและระยะเวลาการแช่น้ำที่ระดับต่าง ๆ 33
รูปที่ จ.1 แสดงเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา 44
รูปที่ จ.2 แสดง hopper 44
รูปที่ จ.3 แสดงส่วนประกอบภายในเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา 45
รูปที่ จ.4 แสดงท่อทางออกของงาและรางระบายน้ำ 45
รูปที่ จ.5 แสดงเมล็ดงาก่อนการแช่น้ำ 46
รูปที่ จ.6 แสดงเมล็ดงาที่ผ่านการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกเมล็ด 46
รูปที่ จ.7 แสดงชุดแบ่งเมล็ดงา 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

งาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญสามารถปลูกได้ทุกภาค[จวงจันทร์ ดวงพัตรา , 2529] ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีปลูกง่าย ลงทุนน้อย ตลาดกว้าง และราคาดีมาโดยตลอด ปัจจุบันความต้องการเมล็ดงาทั้งในประเทศและต่างประเทศมีปริมาณสูงซึ่งทำรายได้เข้าประเทศไม่ต่ำกว่า 200 – 300 ล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปีงาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีคุณค่าทางโภชนาการมาก โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีถึง 85 % ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดและมีสารที่เป็นสารกันเหม็นหืน รวมทั้งปรับปรุงรสชาติและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

เนื่องจากเมล็ดงาที่ได้จากการเพาะปลูกมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เช่น เมล็ดมีสีไม่บริสุทธิ์มีสิ่งเจือปนและความต้องการเมล็ดงาที่มีความขาวสะอาด จึงต้องนำมาขัดล้างเปลือกออกซึ่งกรรมวิธีการลอกเปลือกงาในอดีตมีอยู่ 2 วิธี คือ การแช่น้ำและการแช่สารละลายด่างก่อนนำมาขัดถูด้วยมือซึ่งจำนวนเมล็ดงาลอกเปลือกสมบูรณ์ที่ได้จากการขัดสีมีน้อย และต้องใช้แรงงานคนมาก

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการลอกเปลือกเมล็ดงา โดยใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคน เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาที่ใช้อยู่ในโรงงานเป็นเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาแบบใช้การอัดของสกรูในการขัดสีให้เปลือกเมล็ดงาหลุดออก เนื่องจากเมล็ดงามีขนาดเมล็ดเล็กและปริมาณเมล็ดงาที่จะต้องลอกเปลือกเยอะ แต่ประสิทธิภาพของเครื่องจักรนั้นยังต่ำอยู่ จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวกับการลอกเปลือกงา ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยลดเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มราคาต่อหน่วยให้กับผลิตภัณฑ์เนื่องจากคุณภาพของเมล็ดงาที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาที่มีประสิทธิภาพและมีความสามารถมากขึ้น โดยมีจุดประสงค์หลักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาแบบใช้วิธีขัดสีด้วยสายพาน
2. ศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ กับเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาที่ออกแบบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดเสียหายโดยทำการศึกษาดังนี้
   - ศึกษาผลกระทบของการแช่น้ำที่ระยะเวลา 3 ระดับ คือ 10 , 30 และ 60 นาที
   - ศึกษาผลกระทบของอัตราความเร็วรอบการหมุนของเครื่องที่ความเร็วรอบ 6 ระดับ คือ 340 , 380 , 420 , 460 , 500 และ 540 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงา

2.1.1 ความสำคัญของงาต่อระบบเศรษฐกิจ

งาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในเขตที่มีปริมาณน้ำน้อย[จวงจันทร์ ดวงพัตรา,2529] สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ เพราะงาทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีพอสมควร แต่ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังและดินเค็มหรือดินที่เป็นกรดจัด งาเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีการลงทุนน้อย และมีตลาดกว้าง ราคาดีมาโดยตลอด เกษตรกรมักปลูกเป็นพืชเสริมรายได้ โดยมีการปลูกก่อนและหลังทำนา หรือหลังพืชไร่อื่นๆที่เป็นพืชหลัก ส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกโดยวิธีหว่านและไม่มีการดูแลรักษาที่ดี

ปัจจุบันความต้องการเมล็ดงาทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีปริมาณสูง ประเทศไทยผลิตงาได้ปีละประมาณ 30,000 เมตริกตัน ผลผลิตประมาณร้อยละ 50 ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ทำรายได้เข้าประเทศ ปีละไม่น้อยกว่า 200-300 ล้านบาท ตลาดส่งออกงาที่สำคัญของไทย ได้แก่ ไต้หวัน ญี่ปุ่น สิงคโปร์ มาเลเซีย และออสเตรเลีย ตลาดที่เริ่มมีความสำคัญมากขึ้นได้แก่ ซาอุดิอาระเบีย คูเวต อิสรเอล และไซปรัส ตลาดที่มีแนวโน้มเป็นตลาดส่งเสริมต่อไปคือ สหรัฐอเมริกา และยุโรป

แหล่งผลิตงา การปลูกงามีอยู่ในทุกภาคของประเทศไทย แต่ที่นิยมปลูกมากคือ ภาคเหนือ รองลงมาก็คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ตามลำดับ

การตลาดงา งาที่ทำการซื้อขายกันในประเทศแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ งาดำ งาขาวตามธรรมชาติและงาขาวขัด (เป็นงาชนิดที่นำมากะเทาะเปลือกออก)

มาตรฐานในด้านคุณภาพเมล็ดงาดังนี้

1. เมล็ดงาควรเป็นสีเดียวกันมีขนาดเมล็ดเท่าเทียมกัน มีสิ่งเจือปนได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์
2. งาขาวควรมีความขาวระดับ 95 – 98 เปอร์เซ็นต์
3. งาดำควรมีลักษณะดับเบิ้ล ฮัส (double husk)
4. ความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์
5. เมล็ดที่นำมาสกัดน้ำมันควรมี acid value ไม่เกิน 3 หน่วย (unit)
6. ปราศจากสาร อะฟลาทอกซิน (alflatoxin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในประเทศไทยก็มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเมล็ดงา เช่นกัน คือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเมล็ดงา เนื่องจากเมล็ดงาเป็นสินค้าออกที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งทำรายได้ให้แก่ประเทศปีหนึ่งๆมูลค่านับเป็นร้อยล้านบาท และยังเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดงา จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ขึ้น สินและการทดสอบเมล็ดงา

โดยได้ให้บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังนี้

1. เมล็ดงา หมายถึง เมล็ดที่ได้จากพืช ที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ซีซามัม อินดิกัมลินน์, (Sesamum indicum Linn.)

1.1 งาดำ หมายถึง เมล็ดงาที่เปลือกมีสีดำตามธรรมชาติ

1.2 งาขาว หมายถึง เมล็ดงาที่เปลือกมีสีขาว หรือสีขาวอมเหลือง หรือสีขาวอมน้ำตาลตามธรรมชาติ

1.3 งาขัด หมายถึง เมล็ดที่ขัดเหลือแต่เนื้อใน แล้วฟอกขาว

2. งาต่างชนิด หมายถึง งาดำ งาขาว งาขัด ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดทีปะปนอยู่ในเมล็ดงาชนิดที่ระบุไว้ที่ฉลาก

สิ่งแปลกปลอม หมายถึง สิ่งที่ไม่ใช่ส่วนของงา เช่น กิ่ง ก้าน ใบ ฝัก ผง ดิน หิน ทราย

3. ชนิดเมล็ดงาแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1 งาดำ

3.2 งาขาว

3.3 งาขัด

คุณลักษณะเมล็ดงาที่ต้องการคือ เมล็ดงาต้องไม่มีกลิ่นอับ หืน และมีสีตามชนิดของเมล็ดงานั้นๆ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจสอบพินิจ และงาขัดที่ดีต้องมีลักษณะได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดังตาราง ก.1 ในภาคผนวก ก.

2.1.2 ลักษณะพฤกษศาสตร์ของงา

งาเป็นพืชล้มลุกประเภทไม้เนื้ออ่อน พบปลูกทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน พันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้ามีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 70 – 80 วัน ชื่อสามัญของงาคือ “ Sesame” มีลักษณะพฤกษศาสตร์ ดังต่อไปนี้

จัดอยู่ใน Family : Pedaliaceae Genus : Sesamum

Species : indicum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ราก งามีระบบรากแบบรากแก้ว (tap root system) รากนี้อาจยาวถึง 90 เซนติเมตร เกิดจากส่วนที่เรียกว่า แรดิเคิล(radicle) ในเมล็ด จากรากแก้วจะมีรากแขนง (lateral root) แตกออกมามากมายและมีขนาดแตกต่างกัน รากแขนงเหล่านี้จะแผ่กระจายบริเวณใกล้ผิวดิน

2. ลำต้น มีลักษณะตั้งตรงเป็นเหลี่ยม มีร่องตามความยาวของลำต้น อาจมีขนเล็กน้อยหรือหนาแน่นขึ้นอยู่กับพันธุ์ ทำให้รู้สึกเหนียวเหนอะเมื่อใช้มือจับ ลำต้นมีสีเขียวหรืออาจมีสีม่วง

3. ใบ งาเป็นพืชใบเลี้ยงคู่มีใบเป็นใบเดี่ยว ใบจะมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ยาวเป็นรูปใบหอกกลมรี หรือเป็นแฉก บนใบมีขนเหมือนที่ลำต้น ขอบใบเป็นหยัก สีของใบเป็นสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวเข้ม

4. ดอก เป็นชนิดดอกสมบูรณ์เพศ เกิดจากตาตรงก้านใบที่ติดกับลำต้น ดอกอาจเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อ มีจำนวนตั้งแต่ 1 – 3 ดอก กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปคล้ายระฆัง ขอบดอกจะไม่เรียบและมีส่วนหนึ่งของกลีบดอกยื่นยาวออกมา กลีบดอกมีสีชมพู ขาว ขาวอมม่วง หรือเหลือง

5. ฝักหรือผล มีลักษณะเป็นกระเปาะ (capsule) มีรูปร่างและขนาดแปรผันตามพันธุ์ เช่น ค่อนข้างกลม รูปทรงกระบอกหรือแบน บนฝักมีร่องตามความยาว ทำให้แบ่งเป็นพูได้ เมื่อฝักแก่และแตกออกจะทำให้เมล็ดร่วง

6. เมล็ด มีขนาดเล็ก ยาว 2 –3 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายลูกแพร์เรียงซ้อนกันอยู่ในแต่ละพูภายในฝัก เปลือกเมล็ดมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์คือ ตั้งแต่สีขาว ขาวอมเหลือง น้ำตาล น้ำตาลแก่ เทา และดำ

สเปอร์มาเดิม (spermaderm) คือส่วนที่ประกอบด้วยเซลที่เรียงตัวตามยาวเป็นชั้นเดียว หรือก้อนผลึกของแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) อยู่ที่ปลายสุดของเซล แต่ละเซลมีรงควัตถุ (pigment) เป็นตัวให้สีของเปลือกงา ในส่วน สเปอร์มาเดิม นี้จะไม่มีน้ำมันและโปรตีน มีเพียงแร่ธาตุบางอย่างและเยื่อใย จัดเป็นเปลือกนอกสุดของเมล็ดงา

เอนโดสเปอร์ม (endosperm) และ ซีทิลลิดอน (cetyledons) เป็นส่วนที่อยู่ของโปรตีนและน้ำมัน แต่ทั้งโปรตีนและน้ำมันจะอยู่ใน ซีทิลลิดอน เป็นส่วนใหญ่

รูปที่ 2.1 แสดงเมล็ดงาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์งาที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. งาดำ ที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ และบุรีรัมย์
2. งาขาว ได้แก่ พันธุ์ชัยบาดาล สมอทอด เมืองเลย เชียงใหม่ และพันธุ์ส่งเสริม เช่น ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม 60
3. งาดำ – แดง หรืองาแดง หรือที่เรียกกันว่า งาเกษตร เมล็ดมีสีน้ำตาลแดงและสีดำปนกันได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก และสุโขทัย

2.1.3 ประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดงา

เมล็ดงาที่อบแห้งดีแล้วนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

เมล็ดงา

1.ใช้บริโภคโดยตรง งามีรสหวานเล็กน้อย ส่วนมากนิยมคั่วให้หอมแล้วเอามาผสมหรือตกแต่งขนมหวาน เช่นโรยหน้าขนมต่าง ๆ พวก ทองม้วน งาตัด ถั่วตัด และกระยาสารท ในภาคเหนือแถบจังหวัดแม่ฮ่องสอนนิยมนำงาคลุกข้างรับประทาน เรียกว่า "ข้าวแคกงา" นอกจากนี้กรมอนามัยยังแนะนำให้ใช้งาผสมกับข้าวและถั่วเขียวในอัตราส่วน 6.5 ข้าว: 2.5 ถั่วเขียว :1 งา เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมของคน

2..ใช้สกัดน้ำมัน การสกัดน้ำมันงาในสมัยโบราณ ชาวแอฟริกาและอินเดียสกัดน้ำมันโดยนำเมล็ดงาไปตำในครกไม้ เมื่อแตกดีแล้วใช้น้ำร้อนล้าง เทใส่ภาชนะทิ้งไว้เพื่อให้น้ำมันลอยตัวขึ้นมาข้างบนแล้วช้อนเอาน้ำมันไปใช้ ส่วนชาวจีนจะนำเมล็ดงาไปคั่วและบดให้ละเอียดแล้วนำไปใส่กระทะน้ำร้อน และใช้แรงเหวี่ยงกระทะไปมา น้ำมันงาจะลอยตัวขึ้นมาข้างบนแล้วจึงช้อนน้ำมันงาไปใช้ ปัจจุบันการสกัดน้ำมันงาใช้วิธีบีบเมล็ดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า สกรูเพรส (screw press) และไฮดรอลิกเพรส (hydraulic press) เพื่อบีบน้ำมันงาออกมาด้วยแรงอัด

น้ำมันงา

น้ำมันงานำไปใช้บริโภคอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เครื่องสำอาง ยารักษาโรค เส้นบะหมี่สำเร็จรูป และ อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ส่วนกากงาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่างทั้งเป็นอาหารมนุษย์ สัตว์เลี้ยงและอื่น ๆ

น้ำมันงาจัดเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก จนเป็นที่เชื่อถือกันมานานในสมัยโบราณและในวงการแพทย์ว่า น้ำมันงานอกจากมีคุณภาพดีเยี่ยมแล้วยังใช้เป็นยาสมุนไพรอีกด้วย โดยเชื่อว่าน้ำมันงาสามารถช่วยละลายไขมันในโลหิตและในอินเดียใช้น้ำมันงาชะโลมร่างกายให้น้ำมันซึมเข้าไปในผิวหนัง แล้วอบในกระโจมเพื่อขจัดความปวดเมื่อย ทำให้ร่างกายแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สดชื่น และมีอายุยืนชาวญี่ปุ่นเชื่อว่าน้ำมันงาเป็นยาอายุวัฒนะ โดยนิยมนำมาผสมกับน้ำผึ้งและไข่ไก่เพื่อใช้บริโภค

น้ำมันงาจัดเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดีมากเนื่องจาก

1. มีกลิ่นหอมน่าบริโภค เมื่อสกัดบริสุทธิ์จะไม่มีกลิ่น
2. มีสาร sesamal ซึ่งเป็นสารป้องกันการหืน (antioxidant) ทำให้สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เหม็นหืน
3. น้ำมันงาประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง คือ oleic และ linoleic acid จึงเหมาะในการใช้บริโภคโดยเฉพาะผู้สูงอายุ เพราะช่วยรักษาระดับโคเลสเตอรอลในร่างกาย ป้องกันมิให้เกิดหลอดเลือดแข็งหรือเส้นเลือดอุดตันอันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคหัวใจขาดเลือด
4. สะดวกในการใช้เพราะจะไม่แข็งเป็นก้อนที่อุณหภูมิห้อง
5. มีกรดlinoleicซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อมนุษย์ในการเจริญเติบโต การควบคุมและลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด นอกจากนั้นยังทำให้ผิวหนังชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา

กากงา

กากงาอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุจึงเหมาะสมที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ กากงาที่ผลิตจากแหล่ง ต่าง ๆ มีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และกรรมวิธีในการสกัดน้ำมันกากงามีโปรตีนระหว่าง 28-40% กากงาที่ไม่ได้แยกเปลือกออก(cake)ใช้เลี้ยงไก่ หมู และ วัวควายได้เป็นอย่างดี

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง จากการวิเคราะห์พบว่างามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ประมาณ 4.6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ประมาณ 5 % แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า เมล็ดงาที่มีสีแตกต่างกันจะมีปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมล็ดงาที่มีสีขางมีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าเมล็ดสีเข้ม และมีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าสีเข้ม

2.2 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดงา

2.2.1 กรรมวิธีลอกเปลือกเมล็ดงาในอดีต

งาเป็นพืชน้ำมันหนึ่ง [จวงจันทร์ ดวงพัตรา,2529] ซึ่งมนุษย์รู้จักใช้เป็นอาหารมานานแล้ว ทั้งในรูปของการสกัดเป็นน้ำมัน และการบริโภคโดยตรง การนำเมล็ดงาไปใช้ประโยชน์ นั้นอาจใช้ประโยชน์โดยตรงเลยแต่ในบางครั้ง ถ้าต้องการเมล็ดงาที่มีสีขาวสะอาด จะต้องนำมาขัดล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือก เนื่องจากเมล็ดงามี แคลเซียม ออกซาเลท และเมื่อใยอยู่สูง ทำให้มีรสขมและไม่น่าดู การแยกเอาส่วนเปลือกของเมล็ดงาออกโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

1. วิธีแช่น้ำ (Soaking method) วิธีนี้ใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณโดยแช่เมล็ดงาในน้ำธรรมดาหรือน้ำอุ่น เยื่อบาง ๆ ที่หุ้มหรือส่วนที่เรียกว่า สเปอร์มาเดิม จะหลุดลอกออก การช่วยให้ส่วนของสเปอร์มาเดิมแยกออกจากเมล็ดได้ง่ายขึ้นทำได้โดยใช้เกลือปรับความหนาแน่นของน้ำที่แช่หรืออาจใช้มือขัดถูร่วมด้วย และล้างเปลือกขนตะแกรงร่อน

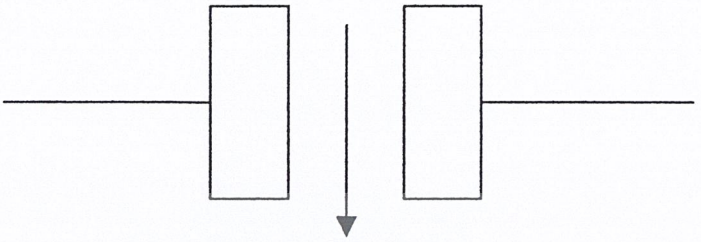
2. วิธีแช่ด่าง (Wet or aqueous dehulling method) โดยแช่โซเดียมคาร์บอนหรือโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างใดอย่างหนึ่งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พร้อมกับกวนอยู่ตลอดเวลาจากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำบนตะแกรง แล้วล้างด้วยน้ำพร้อมขัดถูเบา ๆ เปลือกที่เป็นเยื่อบาง(spermaderm) ก็จะหลุดออกล้างเปลือกออกโดยใช้วิธีใช้น้ำฉีด นำเมล็ดงาที่เปลือกลอกแล้วไปอบในตู้อบ สำหรับสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ด่างแช่เมล็ดงา คือสารละลายด่าง 160 ml ต่อเมล็ดงา 100 g ทำให้ร้อนถึง 96 ^{0}C ใช้เวลาสั้น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ด่างแทรกซึมเข้าในเนื้อเมล็ดงา สำหรับความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตควรเป็น 6 % (น้ำหนักต่อปริมาตร)ใช้เวลา 15 นาที ถ้าเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้ความเข้มข้นเพียง 0.6 % เวลา 1 นาที (ไม่ต้องตั้งไฟเพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำจะมีความร้อนอยู่แล้ว)การใช้ด่างที่มีความเข้มข้นสูงและเวลานานเกินไปจะทำให้เมล็ดงาที่ได้มีสีออกไปทางสีเหลืองน้ำตาล หลังจากแช่ด่างแล้วต้องล้างออกทันทีพร้อมกันขัดถูเบา ๆ บนตะแกรงลวดขนาด 40 เมช และน้ำสุดท้ายควรล้างด้วยกรดอะซิติกหรือกรดไฮโดรคลอริก 1% เพื่อช่วยปรับปรุงสีของงา

2.2.2 วิธีการลอกเปลือก

ในการแปรรูปงาในระดับอุตสาหกรรมได้มีการนำเครื่องลอกเปลือกงาแบบใช้สกรูอัดมาใช้ ซึ่งลักษณะของเครื่องจะเป็นสกรูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์ 15 เซนติเมตร ยาว 1 เมตร ด้านล่างของสกรูอัดจะมีตะแกรงรูรองรับเพื่อใช้ในการขัดสี โดยงาที่จะนำมาลอกเปลือกต้องแช่น้ำก่อน 2 ชั่วโมง แล้วจึงมาผ่านเครื่องลอกเปลือก 3 ครั้งหลังจากนั้นฉีดล้างน้ำเพื่อเอาเปลือกที่ลอกแล้วออก และนำงาที่ล้างแล้วนี้ไปแช่คลอรีนเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปอบแห้งเป็นขั้นตอนต่อไป ซึ่งเครื่องที่ใช้นี้จะทำให้เมล็ดงาแตกเสียหายมาก ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น และเนื่องจากเครื่องลอกเปลือกงาดำยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษา ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางการกะเทาะเปลือกของข้าวเปลือกเพื่อเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้จากการศึกษาวิธีกะเทาะเปลือกและวิธีการขัดขาวของเครื่องสีข้าวแบบต่าง ๆ กันและเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง [ประสิทธิ์ ใจศีล , 2529] ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน



รูปที่ 2.2 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยจานกะเทาะแบบโม่สองลูก วางตัวในแนวดิ่งบนเพลาที่หมุนในแนวนอน จานกะเทาะอันแรกด้านในจะพอกด้วยหินกากเพชร ส่วนจากที่สองจะหุ้มผิวด้านในด้วยยาง ข้าวเปลือกจะไหลผ่านช่องว่างของจานกะเทาะทั้งสอง เมื่อข้าวผ่านครั้งแรกเครื่องจะทำหน้าที่ในการกะเทาะเปลือกโดยมีพัดลมดูดทำหน้าที่แยกแกลบออกไป สำหรับการขัดขาวข้าวกล้องจะถูกนำมาผ่านเครื่องนี้อีกครั้งเป็นครั้งที่สอง จากนั้นข้าวขาวจะตกลงบนตะแกรงร่อนสองชั้นเพื่อแยกรำและปลายข้าวออกจากข้าวสาร

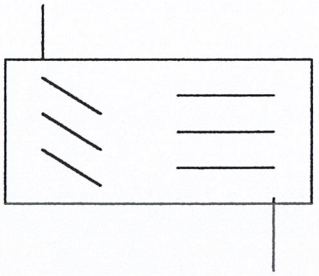
2. เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะเปลือก

รูปที่ 2.3 เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะเปลือก

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยลูกยางกลมสองลูกที่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วที่แตกต่างกันเพื่อใช้ในกะเทาะและลูกหินแนวนอนเพื่อใช้ในการขัดขาว ประกอบอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยลูกยางติดอยู่ส่วนบนของเครื่อง เมื่อข้าวเปลือกถูกกะเทาะโดยลูกยางแล้วจะถูกแยกแกลบออกโดยพัดลมดูด ก่อนที่จะถูกขัดขาวโดยลูกหินขัดขาวแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องสีข้าวแบบลูกเหล็กแนวนอน



รูปที่ 2.4 เครื่องสีข้าวแบบลูกเหล็กแนวนอน

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยลูกเหล็กทรงกระบอกติดตั้งบนเพลาที่หมุนในแนวนอน ภายในทรงกระบอกเหล็กที่ด้านล่างเป็นตะแกรงเพื่อใช้แยกรำ กะเทาะเปลือกใช้วิธีการปรับแผ่นเหล็กที่วางอยู่ด้านข้างตลอดความยาว เพื่อทำให้เกิดแรงเสียดทานกันเองตามความต้องการในการทำงานข้าวเปลือกจะผ่านเครื่องเพียงครั้งเดียวโดยทำการกะเทาะ และ ขัดขาวในเวลาเดียวกันแกลบจะถูกแยกออกจากข้าวพร้อมกับรำและปลายหยิมข้าวสารที่ได้จะเป็นข้าวรวมโดยไม่มีการแยกข้าวหัก

4. เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง

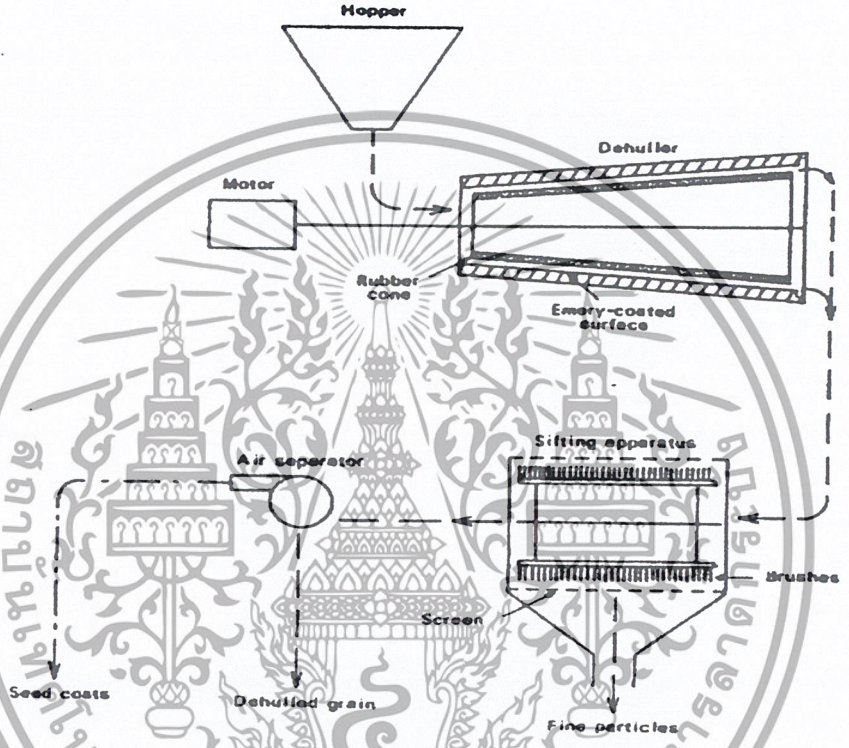
รูปที่ 2.5 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยจานกะเทาะเป็นโม่หินสองอันวางตัวในแนวระดับบนเพลาที่หมุนในแนวดิ่งหน้าจานด้านในจะพอกหินกากเพชรไว้ โดยจานกะเทาะตัวบนจะติดอยู่กับที่ ส่วนจานด้านล่างจะหมุนเพื่อทำให้เกิดการกะเทาะเปลือก และลูกหินขัดขาวแนวนอนทำหน้าที่ในการขัดขาวข้าว ก่อนทำการกะเทาะเปลือกจะถูกทำความสะอาดโดยตะแกรงทำความสะอาดและเมื่อกะเทาะแล้ว จะแยกปลายหยิมและรำออกโดยตะแกรงและแยกแกลบออกโดยพัดลมดูดก่อนที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านลูกหินขัดขาวแนวนอนเพื่อทำการขัดขาวเพียงครั้งเดียวจากนั้นก็จะแยกข้าวหักออกโดยตะแกรงโยกเช่นกัน

5. เครื่องขัดเมล็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric Dehuller



รูปที่ 2.6 เครื่องขัดเมล็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric Dehuller

เครื่องขัดเมล็ดข้าวฟ่าง [วิทยา เพียรวิจิตร , 2524] แบบนี้จะประกอบด้วย แท่งยางทรงกรวยตัดซึ่งอยู่ในและโม่หินทรงกรวยตัดยอดอยู่ภายนอก ซึ่งผิวหน้าจะพอกหินกากเพชรไว้ โดยให้โม่หินทรงกรวยตัดยอดยึดติดอยู่กับที่ และแท่งยางหมุนอยู่ภายในทำให้เกิดแรงเฉือนที่เปลือกเมล็ดข้าวฟ่างเนื่องจากแท่งยางและโม่หินทรงกรวยตัดยอดมีลักษณะเดียวกันจึงทำให้เมล็ดข้าวฟ่างไหลออกมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก จากนั้นจะผ่านสู่ส่วนคัดแยกเอาเมล็ดข้าวที่ถูกบดจนป่นละเอียดออกไป แล้วจึงนำไปแยกเมล็ดข้าวฟ่างที่ขัดสมบูรณ์ออกจากเปลือกเมล็ดข้าวฟ่างและเมล็ดที่ขัดไม่สมบูรณ์ และเมล็ดที่แตก โดยวิธีแยกโดยกระแสลมซึ่งมีหลักการคือ วัสดุที่ความหนาแน่นต่ำจะลอยอยู่ด้านบนและวัสดุที่ความหนาแน่นสูงจะตกลงด้านล่างออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วิธีการขัดขาว

การขัดขาว[ประสิทธิ์ ใจศีล , 2529] เป็นการนำเอาข้าวมาผ่านเครื่องขัดขาวเพื่อเอาเปลือกชั้นในที่เป็นสีน้ำตาลอ่อนๆหรือสีออกนวล เปลือกชั้นนี้เป็นเนื้อเยื่อบางๆที่ติดอยู่กับเมล็ดข้าว เนื้อเยื่อที่ถูกขัดออกมานี้ เรียกว่า รำ ข้าวที่ถูกขัดขาวแล้ว เรียกว่า ข้าวสาร วิธีขัดขาวมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ผ่านเครื่องขัดที่ทำด้วยหินและแท่งยาง ซึ่งมีทั้งแบบแนวนอนและแบบตั้งทรงกรวย วิธีขัดแบบเมล็ดเสียดสีกันด้วยแรงต้านทาน (Friction Type) เป็นต้นหลักการทำงานของเครื่องขัดขาวชนิดต่างๆ

1. เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง

ข้าวจะถูกป้อนเข้าทางถังพักด้านบนแล้วถูกเหวี่ยงลงระหว่างตะแกรงกับลูกหินขัดขาว ขณะที่กรวยขัดขาวหมุนจะทำให้ข้าวถูกกระจายอย่างสม่ำเสมอภายในช่องว่างระหว่างผิวขัดขาวกับตะแกรง ขณะที่เคลื่อนผ่านช่องว่างเมล็ดข้าวจะถูกดึงโดยผิวขรุขระให้เกิดการผลิกหมุนตัว ขัดสีภายใต้แรงดัน ซึ่งกำหนดโดยลูกยางเบรคที่ปรับยื่นเข้าไปในช่องว่างระหว่างผิวขัดขาวกับตะแกรง โดยกั้นไม่ให้เมล็ดข้าวไหลลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ข้าวไม่ถูกขัด แรงต้านที่เกิดขึ้นจะทำให้เมล็ดข้าวเกิดแรงดันกับตะแกรงและลูกหินขัดขาว ซึ่งแรงเสียดสีนี้เป็นตัวดึงเอาเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำออกมา โดยรำจะลอดผ่านรูตะแกรงและตกลงด้านล่างของห้องขัดขาว ส่วนข้าวขาวที่ขัดแล้วจะไหลลงด้านล่างออกทางช่องปล่อยข้าว จากผลของการผลิกตัวและการบีบตัวทำให้เมล็ดเกิดความร้อนและการสูญเสียความชื้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เพิ่มการแตกหัก ความร้อนและความชื้นที่ละลายออกมาทำให้รำจับตัวกันเป็นก้อนอุดตันในท่อส่งและตะแกรงขัดขาว ซึ่งเป็นการลดสมรรถนะการทำงานของเครื่องให้น้อยลง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นและขณะเดียวกัน เพื่อให้ห้องขัดปราศจากฝุ่นจึงจำเป็นต้องมีลมดูดภายในเครื่องด้วย

2. เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนนอน

ลูกหินขัดขาวรูปทรงกระบอกหมุนอยู่ภายในตะแกรงทรงกระบอกที่มีรู ด้านหัวของลูกหินขัดขาวจะเป็นเกลียวป้อนเหล็กหล่อทำหน้าที่ป้อนข้าวเข้าไปในห้องขัดขาว ซึ่งมีตุ้มน้ำหนักติดอยู่ โดยสามารถเพิ่มหรือลดแรงของลิ้นควบคุมให้อัดข้าวจนเกิดแรงดันขึ้นภายในห้องขัด ถ้าต้องการให้ข้าวขัดมากก็เพิ่มน้ำหนักให้กับลิ้นควบคุม ในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการให้ข้าวขัดน้อย ทำได้โดยลดน้ำหนักที่ลิ้นควบคุมให้น้อยลง แต่ถ้ายิ่งขัดนานอาจเกิดการแตกหักได้เพราะในขณะขัดข้าวอุณหภูมิจะสูง และถ้าสูงเกินไปทำให้ข้าวแตกหักได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกเปลือกงา

การกะเทาะเปลือกเม็ดงาจะให้ผลอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆที่เป็นตัวกำหนดและมีความสำคัญต่อการกะเทาะเปลือกเป็นอย่างมาก จึงควรทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการลอกเปลือกดังนี้

1. ความอ่อนแก่ของเม็ดงา

เนื่องจากเมล็ดงาอ่อนมีน้ำสะสมอยู่ภายในเมล็ดมากกว่าเมล็ดงาแก่เปลือกของเมล็ดงาอ่อนจะติดกับส่วนของเนื้อมากจนเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน จึงอาจทำให้เกิดความแตกต่างในการลอกเปลือกได้

2. ความชื้นของเมล็ดงา

อธิบายได้ลักษณะเดียวกับความอ่อนแก่ของเมล็ดงา คือ เมล็ดงาที่มีความชื้นมากเปลือกของเมล็ดงาจะติดกับส่วนของเนื้อมากกว่าเมล็ดงาที่มีความชื้นต่ำ จึงอาจทำให้เกิดความแตกต่างในการลอกเปลือกได้

3. ขนาดรูตะแกรง

ขนาดของรูตะแกรงมีผลต่อการลอกเปลือกโดยถ้ารูตะแกรงมีขนาดใหญ่เกินไปเมล็ดงาจะถูกตะแกรงเฉือนขาดระหว่างการลอกเปลือก แต่ถ้ารูตะแกรงมีขนาดเล็กเกินไปการลอกเปลือกจะให้ผลได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรเลือกขนาดรูตะแกรงและขนาดเมล็ดงาให้เหมาะสมกัน

4. อัตราความเร็วรอบ

อัตราความเร็วรอบจะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของเมล็ดงา เพื่อให้เมล็ดงาขัดกับตะแกรงและยางด้วยความเร็วที่ต่างกัน ซึ่งแต่ละความเร็วจะให้ผลได้จากการลอกเปลือกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

3.1 แนวทางการออกแบบ

แนวความคิดที่ใช้ในการออกแบบเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา ได้นำหลักการของเครื่องโม่และเครื่องขัดเมล็ดข้าวฟ่างมาเป็นแนวทางในการออกแบบ ลักษณะของชุดทดลองการลอกเปลือกเมล็ดงาอาศัยหลักการขัดสี ระหว่างเมล็ดงากับตะแกรงเหล็ก เพื่อให้เกิดการขัดลอกเปลือกงาออก โดยมีแกนหมุนยึดติดกับเครื่อง และมีใบสายพานทำหน้าที่ เป็นตัวพาเมล็ดงาให้เคลื่อนที่จนเกิดการขัดระหว่างเมล็ดงากับตะแกรงเหล็ก โดยอาศัยแรงเฉือนที่ผิวสัมผัสบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออก

3.2 **ส่วนประกอบเครื่อง** มีส่วนประกอบที่สำคัญ (รูปที่ 3.2) ดังนี้

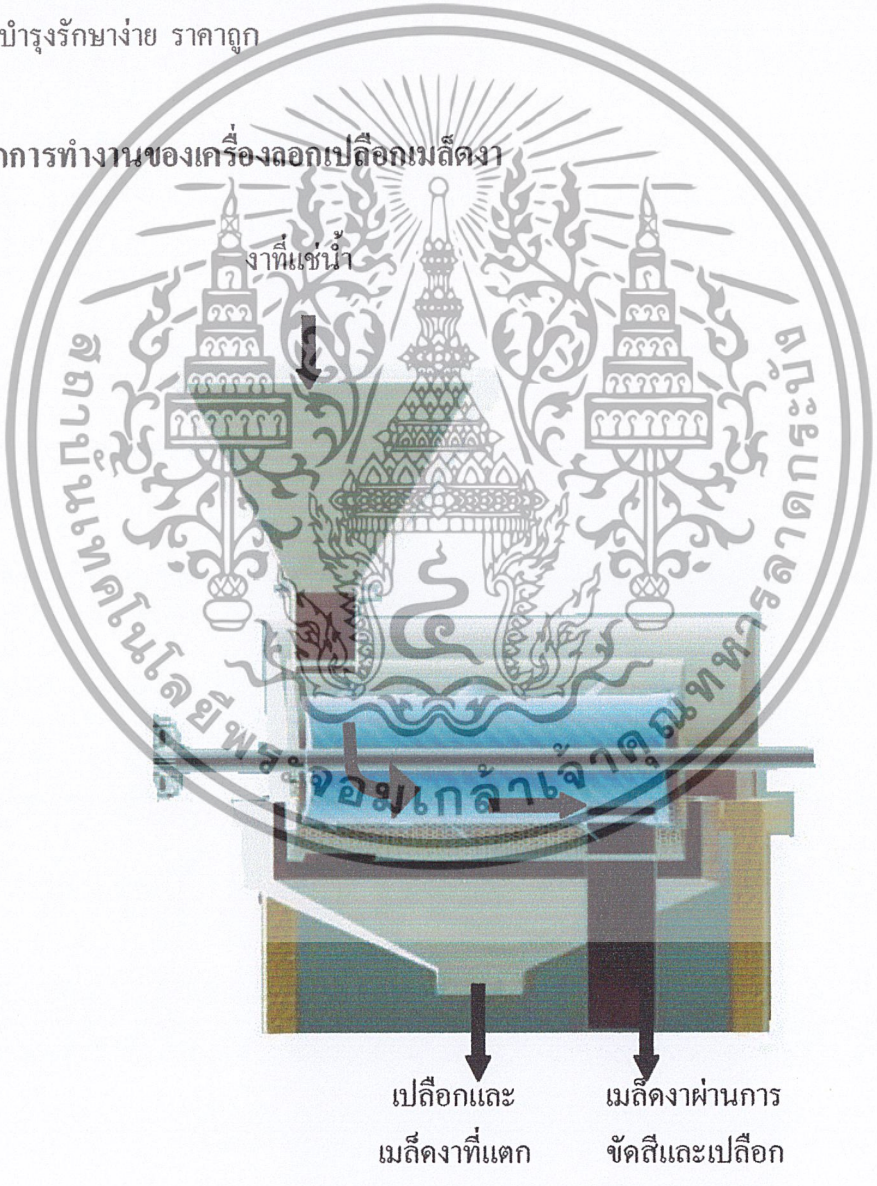
1. โครงสร้างชุดทดลอง ทำด้วยเหล็กฉากขนาด 4 ซม. X 4 ซม. ขนาดกว้าง 48 ซม. X ยาว 64 ซม. X สูง 80 ซม. ทำหน้าที่เป็นที่ยึดติดของชุดขัดสี และ มอเตอร์ต้นกำลัง
2. ชุดขัดสีประกอบด้วย 4 ส่วนคือ
   2.1 เพลาไม้(รูปที่ 3.4)ลักษณะเป็นเพลาเหล็กขนาดเล็กสวมหุ้มด้วยไม้กลางซึ่งเพลาเหล็กตันมีขนาด 26 มิลลิเมตรและ เพลาไม้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 14.8 เซนติเมตรบนเพลาไม้มีสายพานเคลือบยางขนาด 2.7 ซม.X 11.8 ซม. หลายชิ้นตัดเรียงกันเพื่อเป็นตัวพาเมล็ดงาให้เกิดการขัดสี
   2.2 ตะแกรงขัดสี (รูปที่ 3.5)ทำด้วยตะแกรงเหล็กรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นฝาทรงกระบอกตัด 2 ชิ้นประกอบกัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร
   2.3 ฝาครอบนอก (รูปที่ 3.7) ทำจากสแตนเลส (ในการออกแบบจริงจะใช้สแตนเลสแต่เนื่องจากสแตนเลสมีราคาแพง และเป็นการสร้างเพื่อใช้ในการทดลองเท่านั้น ไม่ได้ใช้งานจึงใช้เหล็กแทน)เพราะว่าแข็งแรง ไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นอันตรายต่ออาหาร ซึ่งฝาครอบนอกมีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าซีก เส้นผ่าศูนย์กลาง 41 เซนติเมตร ยาว 63 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รางระบายน้ำและท่อเมล็ดงาออก(รูปที่ 3.8) ทำด้วยเหล็กแผ่นมีขนาด กว้าง 47.8 ซม. X ยาว 55 ซม. X สูง 30 ซม.

3. มอเตอร์ต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 3 เฟส เพื่อต่อกับเครื่องปรับความเร็ว(Inverter)
4. ระบบส่งกำลัง ใช้สายพานลิ่มแบบ A ยาว 45 นิ้ว เพลาตันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร
5. การหล่อลื่นใช้ บอลแบริ่ง เนื่องจากรับแรงในแนวแกน และแนวรัศมีได้ดีประกอบ และบำรุงรักษาง่าย ราคาถูก

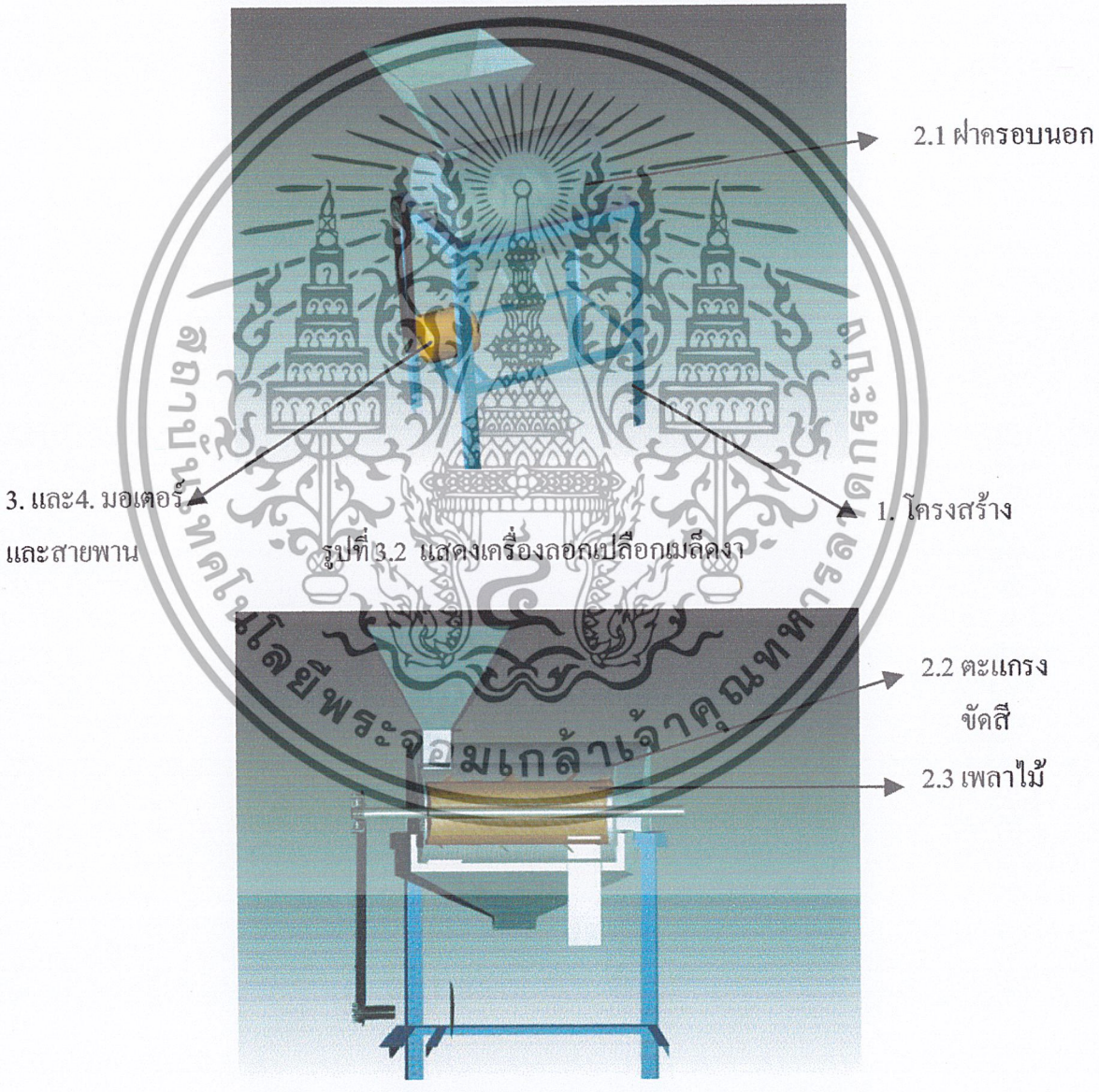
3.3 หลักการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา มีหลักการทำงานดังนี้ นำเมล็ดงาที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว ป้อนเข้าสู่เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาทาง Hopper จากนั้นเมล็ดงาจะผ่านเข้าสู่ตะแกรงขัดสี เพลาไม้ซึ่งมีสายพานติดอยู่จะหมุนและพาเมล็ดงาขัดสีกับตะแกรง ทำให้เปลือกเมล็ดงาหลุดออก เมล็ดงาที่ผ่านการขัดสีจนขาวและเปลือกเมล็ดงาจะผ่านออกมาทางท่อทางออก ส่วนเปลือกเมล็ดงาบางส่วนและเมล็ดงาที่ขัดสีจนแตกจะผ่านออกมาทางรางระบายน้ำ

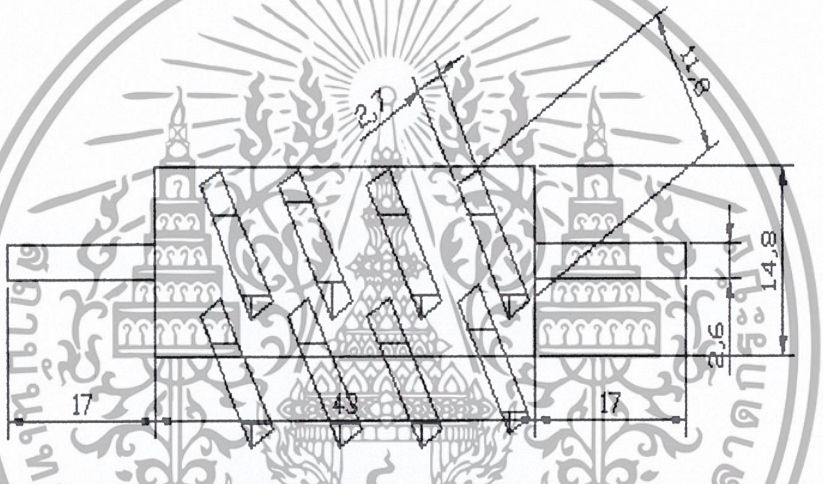


รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

รูปที่ 3.3 แสดงภาพภาคตัดขวางของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

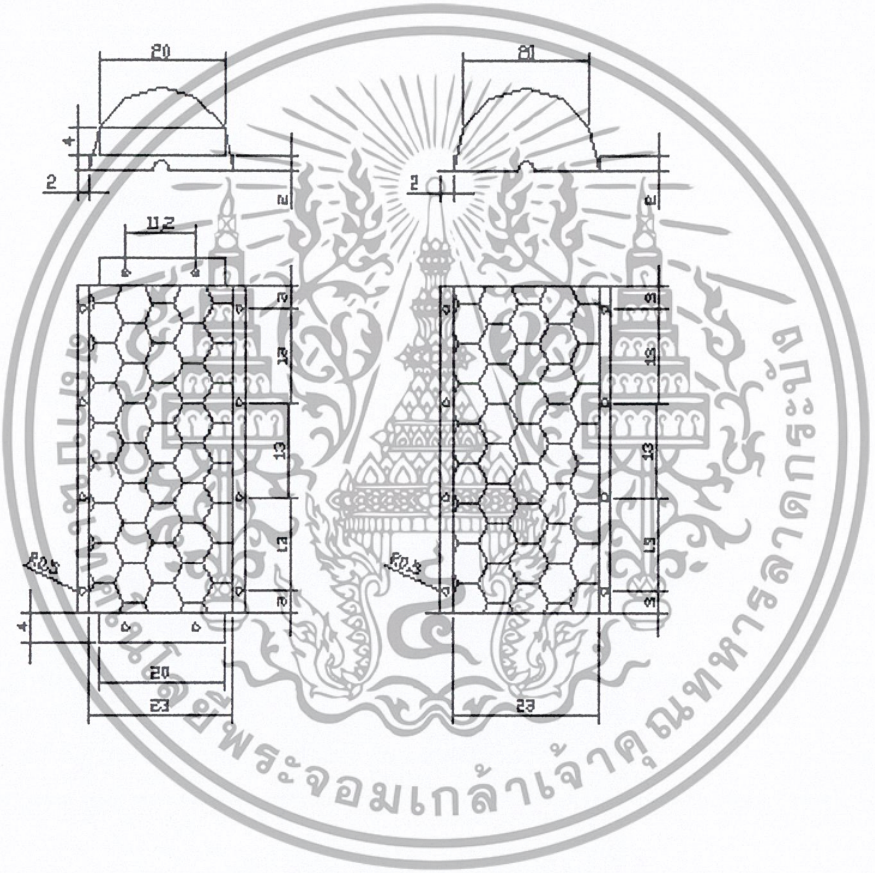
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.4 แสดงภาพ เพลาไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45816

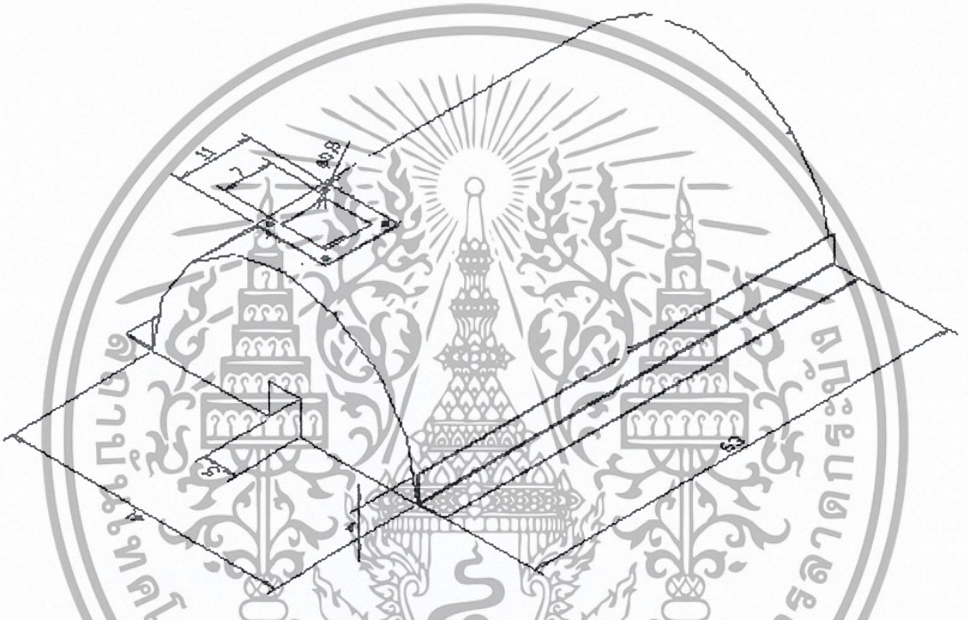


รูปที่ 3.5 แสดงภาพ ตะแกรงขัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

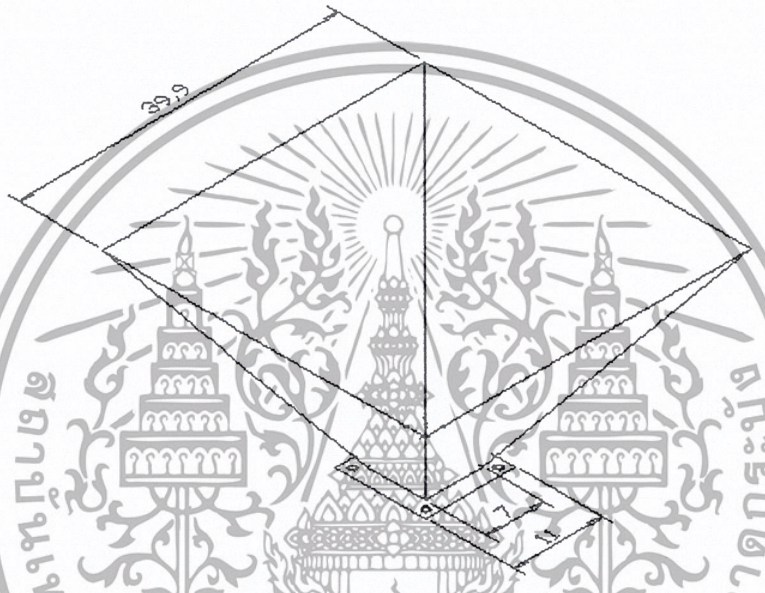
รูปที่ 3.6 แสดงภาพ โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงภาพของฝาครอบภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงภาพ HOPPER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงภาพ รางระบายน้ำและท่อ เมื่อคลี่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการทดลอง

เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาแบบใช้วิธีการขัดสีด้วยสายพานที่สร้างขึ้น ได้นำมาทำการศึกษาผลกระทบของอัตราความเร็วรอบของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา และระยะเวลาที่ใช้แช่น้ำเมล็ดงาที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ลอกเปลือกสมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก เพื่อหาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสมที่ทำให้เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

4.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำโดยประมาณที่ใช้ในการทดลอง

4.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา โดยศึกษาผลกระทบของ ความเร็วรอบของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา และระยะเวลาในการแช่น้ำ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

4.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 การทดลองเบื้องต้นถึงผลกระทบของการแช่น้ำเมล็ดงาที่เวลาต่างๆต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการไม่แช่น้ำเมล็ดงาก่อนลอกเปลือก ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการลอกเปลือกสมบูรณ์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่แตก
2. ศึกษาผลของการแช่น้ำเมล็ดงาก่อนลอกเปลือกที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 1, 2 และ 3ชั่วโมงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ที่มีการลอกเปลือกสมบูรณ์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก
3. เพื่อหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำของการลอกเปลือกเมล็ดงา

อุปกรณ์

ยางพารา

นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดงา 4 กลุ่มๆ ละ 100 เมล็ด
2. นำเมล็ดงาตัวอย่างที่ 2 , 3 และ 4 ไปแช่น้ำดังนี้ ตัวอย่างที่ 2 แช่น้ำ 1 ชั่วโมง , ตัวอย่างที่ 3 แช่น้ำ 2 ชั่วโมง และ ตัวอย่างที่4 แช่น้ำ 3 ชั่วโมง
3. เมล็ดงาตัวอย่างที่ 1 ที่ไม่แช่น้ำนำไปทำการลอกเปลือกโดยใช้ยางขัดสี เป็นเวลา 5 นาที นับจำนวน เมล็ดที่มีการลอกเปลือกสมบูรณ์และ เมล็ดแตก
4. ทำซ้ำข้อ 3 โดยเปลี่ยนตัวอย่างเมล็ดงาเป็นตัวอย่างที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ
5. ทำซ้ำข้อ 1 – 4 เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตก

4.1.2 การทดลองเพื่อหาความเร็วรอบเบื้องต้นที่มีผลต่อการลอกเปลือกของเมล็ดงา

วัตถุประสงค์

เพื่อหาช่วงความเร็วรอบโดยประมาณที่มีผลต่อการลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตก

อุปกรณ์

1. เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา
2. เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter)
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เมล็ดงา
5. ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่าง
6. ชุดแบ่งเมล็ดงา

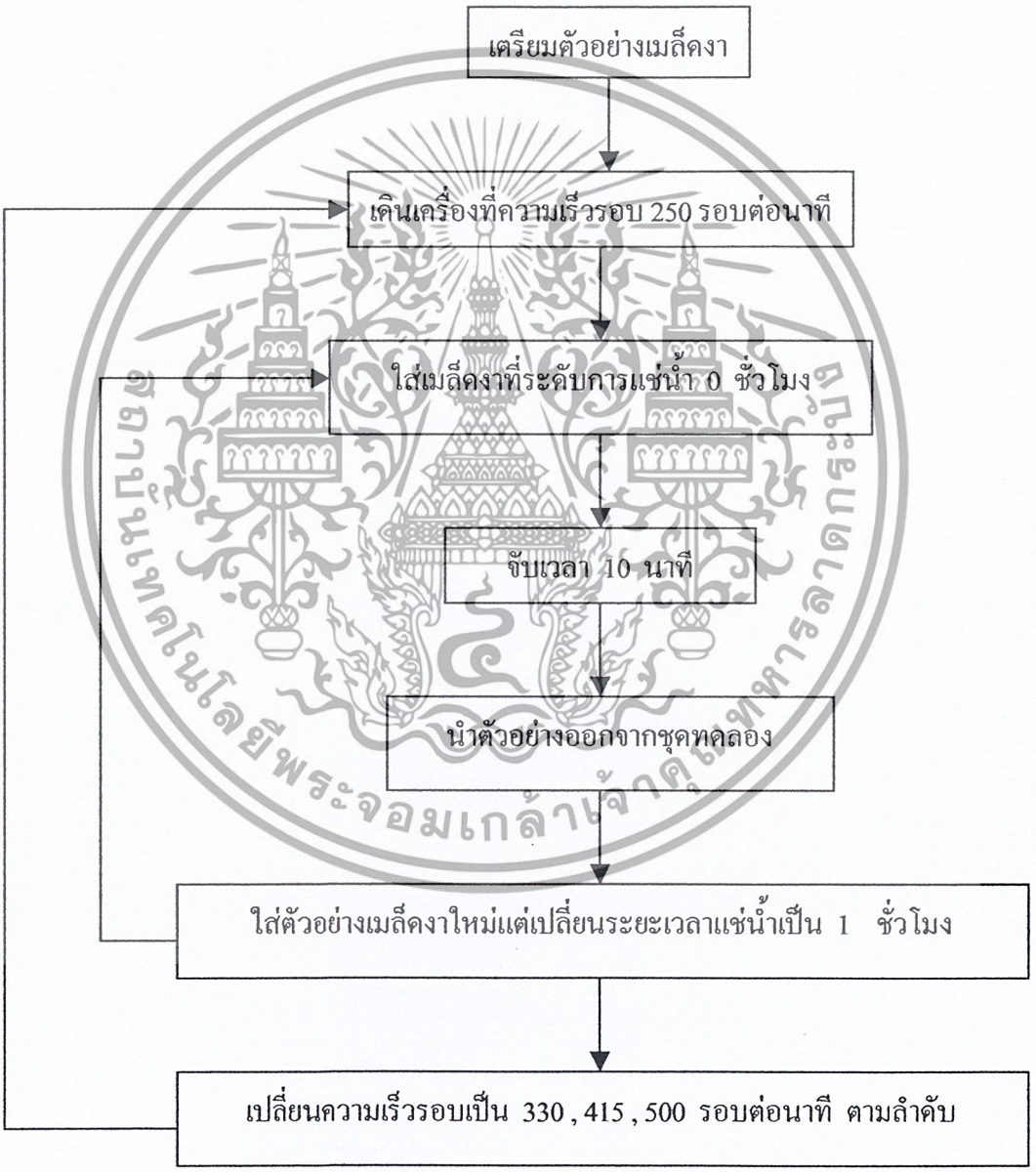
ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดงา 8 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดใช้เมล็ดงา 100 กรัม ดังนี้
   ระดับการแช่น้ำ 0 ชั่วโมง 4 ชุด คือ ชุด 1 , 2 , 3 , 4
   ระดับการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง 4 ชุด คือ ชุด 5 , 6 , 7 , 8
2. เดินเครื่องปรับความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อนาที
3. ใส่เมล็ดงาที่ระยะเวลา แช่น้ำ 0 ชั่วโมง จับเวลา 10 นาที
4. เก็บตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการขัดแล้ว
5. นำตัวอย่างเมล็ดงาที่ได้ ไปทำการสุ่มโดยใช้ชุดแบ่งเมล็ดจนได้จำนวนเมล็ด 100 เมล็ด จากนั้นทำการนับจำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์และจำนวนเมล็ดแตกแล้วบันทึกผล
6. เปลี่ยนตัวอย่างเมล็ดงาเป็นเมล็ดงาที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4 ถึงข้อ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ปรับความถี่ของมอเตอร์เป็น 330 รอบต่อนาที , 415 รอบต่อนาที , 500 รอบต่อนาที ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3 ถึง ข้อ 6

สรุปขั้นตอนการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา

4.2.1 ศึกษาความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา

อุปกรณ์ 1. ชุดทดลองลอกเปลือกเมล็ดงาต้นแบบ

2. เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter)
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เมล็ดงา
5. ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่าง
6. ชุดแบ่งเมล็ดงา
7. นาฬิกาจับเวลา

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดงา 54 ชุด ชุดละ 200 กรัม ติดฉลากทุกชุดจาก 1 ถึง 54
2. จัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments) และแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) เพื่อให้เมล็ดงาทุกถุงมีโอกาสทดลองในแต่ละวิธีการทดลองเท่าเทียมกัน
3. เดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 340 รอบต่อนาที
4. นำตัวอย่างเมล็ดงาที่ระยะเวลาแช่น้ำ 10 นาที ใส่ลงในเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาต้นแบบจับเวลา 10 นาที
5. นำตัวอย่างออกจากชุดทดลองและนำไปทำให้แห้ง
6. เปลี่ยนตัวอย่างเมล็ดงาใหม่เป็นเมล็ดงาที่ระยะเวลาแช่น้ำ 30 และ 60 นาที ตามลำดับ และทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4 และ 5
7. เปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 380 , 420 , 460 , 500 และ 540 รอบต่อนาที ตามลำดับ
8. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ชุดการทดลองตามข้อ 3 ถึง 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปขั้นตอนการทดลอง

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดงาที่ได้

อุปกรณ์ 1. ชุดแบ่งเมล็ดงา

2. โปรแกรม IRRISTAT

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเมล็ดงาที่ได้จากการทดลองแต่ละชุดมาทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ชุดแบ่งเมล็ดงา โดยการนำเมล็ดงาที่ผ่านการขัดสีใส่ลงในชุดแบ่งเมล็ดงา ตามรูปที่ จ.7 ในภาคผนวก จ. แล้วปิดฝา จากนั้นเอียงชุดแบ่งเมล็ดงา 45 องศา แล้วเปิดฝาท่อ ด้านล่าง 2 ท่อ จะได้เมล็ดงา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม นำกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง กลับเข้าชุดแบ่งเมล็ดงาเพื่อทำการสุ่มต่อไปจนกว่าเมล็ดงาที่ได้มีจำนวน 100 เมล็ด

2. คุณภาพของเมล็ดงาที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างนำมาตรวจสอบด้วยมือ โดยแบ่งเป็นจำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ คือเมล็ดงาที่ถูกขัดจนขาวทั้งหมด และเมล็ดที่ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ ซึ่งแบ่งเป็นเมล็ดแตกและเมล็ดไม่แตก

$$\% \text{ เมล็ดแตก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดงาที่แตก X 100}}{\text{จำนวนเมล็ดงาทั้งหมด}}$$

$$\% \text{ เมล็ดสมบูรณ์} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ X 100}}{\text{จำนวนเมล็ดงาทั้งหมด}}$$

3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามวิธี ANOVA และ ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้น

5.1.1 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้นของระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีต่อการลอกเปลือกเมล็ดงาด้วยวิธีการขัดสี

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา แสดงผลการทดลองในภาคผนวก ข . ในตาราง ข.1 ซึ่งวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้ คือ

1. เมล็ดงาที่ไม่แช่น้ำ เมื่อนำมาขัดจะพบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์จะต่ำที่สุด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์จะมากที่สุด อีกทั้งเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่แตกเมื่อขัดสีมีจำนวนมาก เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์แล้วจะมีสีเหลืองอ่อน

2. เมล็ดงาที่แช่น้ำที่เวลา 1 , 2 และ 3 ชั่วโมง เมื่อนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของเมล็ดจากการขัดสี พบว่า การแช่น้ำที่เวลา 2 ชั่วโมง เหมาะสมต่อการนำมาลอกเปลือกมากที่สุด เนื่องจากว่ามีเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์มากที่สุด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ต่ำที่สุด อีกทั้งเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่แตกเมื่อขัดสีมีจำนวนน้อยที่สุด เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์แล้วจะมีสีขาวบริสุทธิ์

3. จากการสังเกตพบว่า เมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเมล็ดงานานเกิน 3 ชั่วโมง จะมีแนวโน้มที่คราบน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เมล็ดงาสูญเสียน้ำมันงาออกไป คุณภาพเมล็ดงาที่ได้เมื่อขัดสีแล้วจะมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง และจากการทดลองยังพบอีกว่า เมล็ดงาแช่น้ำที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่แตกจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมล็ดดูดซับน้ำเข้าไปมาก ทำให้เนื้อเยื่อของเมล็ดนิ่มและยุ่ยง่าย

ดังนั้น ช่วงเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้นจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ชั่วโมง

5.1.2 ผลการทดลองจากการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่มีต่อการลอกเปลือกเมล็ดงาด้วยวิธีการขัดสี

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา ซึ่งแสดงในตาราง ข. 2 ในภาคผนวก ข. พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แนวโน้มของจำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และจำนวนเมล็ดแตกเพิ่มขึ้น เช่นกัน

2. จากการทดลองพบว่าเมื่อนำเมล็ดงาที่ไม่แช่น้ำก่อนการทดลองมาทดสอบลอกเปลือกจะทำให้เมล็ดเกิดการขัดสีจนเมล็ดแตกเสียหายเป็นจำนวนมาก

3. ความเร็วรอบ 415 รอบต่อนาที ทำให้เมล็ดงามีการลอกเปลือกสมบูรณ์มากที่สุด

ดังนั้น จึงนำความเร็วรอบนี้ ไปกำหนดช่วงความเร็วรอบหมุนในการทดลอง ซึ่งความเร็วรอบที่กำหนดจะอยู่ในช่วง 415 รอบต่อนาที

5.2 ผลการทดลองของความเร็วรอบ ระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา

จากการทดลองโดยจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล และแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ จึงได้ผลการทดลองซึ่งแสดงผลการทดลองไว้ในภาคผนวก ข.3 และแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก โดยแสดงผลการทดลองได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ แสดงในภาคผนวก ค.
2. เมล็ดงาที่แตก แสดงในภาคผนวก ง.

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวแปรตาม คือ ความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำเมล็ดงา พบว่า การลอกเปลือกสมบูรณ์ และ เมล็ดแตก เมื่อใช้การเปลี่ยนแปลงทั้งความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำ จะมีอย่างน้อย 1 กรรมวิธีที่ให้ค่าผลการทดลองแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ ดังนั้นสามารถนำผลการทดลองที่ได้ทั้งการลอกเปลือกและระยะเวลาในการแช่น้ำ ซึ่งใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย(DMRT) ดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์

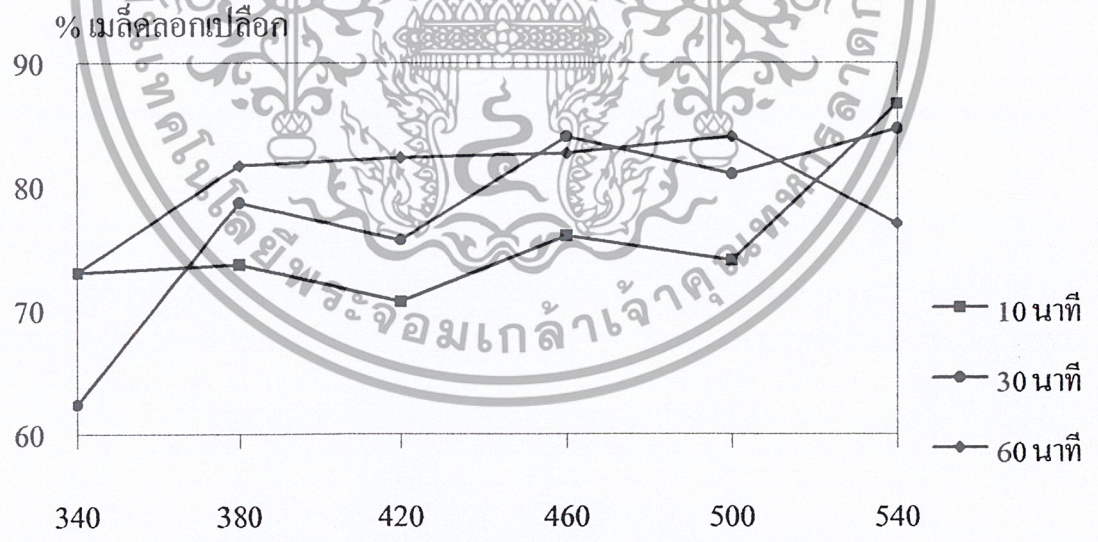
ผลการทดลองความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำมีผลต่อการลอกเปลือกสมบูรณ์จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองของความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อการลอกเปลือกสมบูรณ์

ความเร็วรอบหมุน (รอบต่อนาที)	ระยะเวลาในการแช่น้ำ (นาที)		
	10	30	60
340	73.00b	62.33b	73.00b
380	73.67b	78.67a	81.67a
420	70.67b	75.67a	82.33a
460	76.00b	84.00a	82.67a
500	74.00b	81.00a	84.00a
540	86.67a	84.67a	77.0ab

* หมายเหตุ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ในแต่ละหลักสัญลักษณ์ตัวห้อยเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5%



รูปที่ 5.1 แสดงจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ และระยะเวลาในการแช่น้ำที่ระดับต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่ระยะเวลาแช่น้ำ 10 นาที การลอกเปลือกสมบูรณ์ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์ในช่วง 73.00% – 76.00% (จากตารางคือ อักษรห้อย b) ให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 340 , 380 ,420 ,460 ,500 และ 540 รอบต่อนาที แต่ให้ผลได้น้อยกว่าความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที (จากตารางคืออักษรห้อย a) ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์ 86.67%

- ที่ระยะเวลาแช่น้ำ 30 นาที การลอกเปลือกสมบูรณ์ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกในช่วง 75.67 %- 84.67% (จากตารางคือตัวอักษรห้อย a) ให้ผลไม่แตกต่างกันซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 380 , 420 , 460 , 500 และ 540 รอบต่อนาที และให้ผลได้มากกว่าความเร็วรอบ 340 รอบต่อนาที (จากตารางคือตัวอักษรห้อย b) ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์ 62.33 %

- ที่ระยะเวลาแช่น้ำ 60 นาที การลอกเปลือกสมบูรณ์ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกในช่วง 81.67% - 84.00% (จากตารางคือตัวห้อย a) ให้ผลได้แตกต่างกันซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 380 , 420 , 460 และ 500 รอบต่อนาที และให้ผลได้มากกว่าความเร็วรอบ 340 รอบต่อนาที (จากตาราง คือ ตัวอักษรห้อย b) ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์ 73.00 % ส่วนความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาทีให้ผลได้ไม่แตกต่างจากทุกความเร็วรอบ(จากตารางคือ ตัวอักษรห้อย ab)

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถเลือกความเร็วรอบ และระยะเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสมซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์มากที่สุด ดังนี้

1) ความเร็วรอบ 380 รอบต่อนาที ระยะเวลาในการแช่น้ำ 30 และ 60 นาทีเพื่อประหยัดพลังงาน

2) ความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาที ระยะเวลาในการแช่น้ำ 10 นาทีเมื่อต้องการให้เวลาแช่น้ำน้อย

5.2.2 การวิเคราะห์เมล็ดแตก

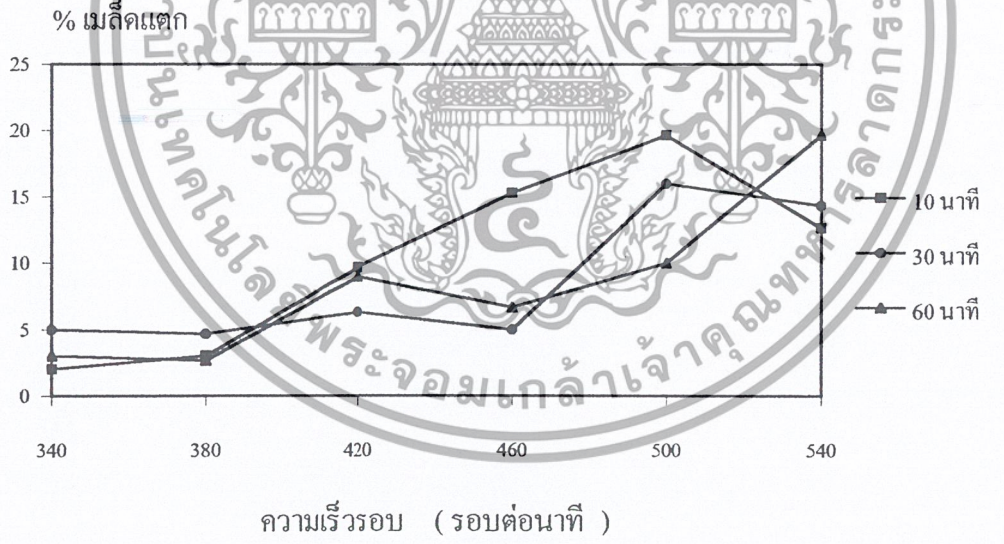
ผลการทดลองความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำ ที่มีผลต่อเมล็ดแตก จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองของความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อเมล็ดงาที่แตก

ความเร็วรอบหมุน (รอบต่อนาที)	ระยะเวลาในการแช่น้ำ (นาที)		
	10	30	60
340	2.0d	5.00b	3.00c
380	3.0d	4.67b	2.67c
420	9.67c	6.33b	9.00b
460	15.33ab	5.00b	6.67bc
500	19.67a	16.00a	10.00b
540	12.67bc	14.33a	19.67a

* หมายเหตุ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ในแต่ละหลักสัญลักษณ์ตัวห้อยเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5%



รูปที่ 5.2 แสดงจำนวนเฉลี่ยของเมล็ดงาที่แตกเสียหายจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและระยะเวลาในการแช่น้ำที่ระดับต่าง ๆ

- ที่ระยะเวลาแช่น้ำ 10 นาที ความเร็วรอบ 340 และ 380 รอบต่อนาที (จากตารางคือตัวอักษรห้อย d) เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกในช่วง 2% - 3% ให้ผลได้ไม่แตกต่างกันเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 9.67 % - 12.67 % (จากตารางคือตัวอักษรห้อย c) ให้ผลได้ไม่ต่างกัน ประกอบด้วยความเร็วรอบ 420 และ 540 รอบต่อนาทีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 12.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% - 15.36 % (จากตารางคือ ตัวอักษรห้อย b) ให้ผลได้ไม่ต่างกันประกอบด้วยความเร็วรอบ 460 และ รอบต่อนาทีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 15.33% - 19.67% (จากตารางคือตัวอักษรห้อย a) ให้ผลได้ไม่ต่างกันประกอบด้วยความเร็วรอบ 460 และ 500 รอบต่อนาที

- ที่ระยะเวลาแช่น้ำ 30 นาที เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 4.67 % - 6.33% (จากตารางคือตัวอักษรห้อย b) ให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 340 , 380 , 420 และ 460 รอบต่อนาที และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 14.33 % - 16.00% (จากตารางคือตัวอักษรห้อย a) ให้ผลได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 500 และ 540 รอบต่อนาที

- ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำ 60 นาที เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 2.67% - 6.67% (จากตารางคือตัวอักษรห้อย c) ให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 340 , 380 และ 460 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกที่ให้ค่าในช่วง 6.67 % - 10 % (จากตารางคือตัวอักษรห้อย b)ให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วรอบ 420 , 460 และ 500 รอบต่อนาที และความเร็วรอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกเสียหายมากที่สุด คือ 19.67 % (จากตารางคือตัวอักษรห้อย a)

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถเลือกความเร็วรอบ และระยะเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสมซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกต่ำ ดังนี้ความเร็วรอบ 340 รอบต่อนาที ระยะเวลาแช่น้ำ 10 นาที , ความเร็วรอบ 380 รอบต่อนาที ระยะเวลาแช่น้ำ 30 และ 60 นาที

5.2.3 ผลการวิเคราะห์ร่วมของเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตก

จากผลการวิเคราะห์ของเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์และเมล็ดแตกจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT พบว่าที่ความเร็วรอบ 380 รอบต่อนาที ระยะเวลาแช่น้ำ 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือกสมบูรณ์ 78.67 % และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก 4.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองลอกเปลือกเมล็ดงาที่ความเร็วรอบ 6 ระดับ คือ 340 , 380 , 420 , 460 , 500 และ 540 รอบต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำ 3 ระดับ คือ 10 , 30 และ 60 นาที ตามลำดับพบว่า

1. การเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้น มีแนวโน้มให้
   - ร้อยละของเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์จากการขัดสีสูงขึ้น เนื่องจากระยะเวลาของเมล็ดงาอยู่ในเครื่องเท่ากัน แต่ความถี่ในการขัดสีเมล็ดงาเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์เพิ่มขึ้น
   - ร้อยละของเมล็ดแตกจากการขัดสีสูงขึ้น เนื่องจากแรงเฉือนที่กระทำต่อเปลือกเมล็ดงามากขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น
2. การเพิ่มระยะเวลาในการแช่น้ำ มีแนวโน้มให้
   - ร้อยละของเมล็ดลอกเปลือกสมบูรณ์จากการขัดสีสูงขึ้น เนื่องจากเปลือกของเมล็ดงาดูดซึมน้ำทำให้ เปลือกอ่อนนุ่ม ขัดลอกเปลือกออกได้ง่าย
   - ร้อยละของเมล็ดแตกจากการขัดสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมล็ดงาดูดซึมน้ำทำให้เนื้อเยื่อของเมล็ดนิ่ม เมื่อมีแรงมากระทำ จึงทำให้เมล็ดแตกได้
3. สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลอกเปลือกเมล็ดงา คือที่ความเร็วรอบ 380 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลาแช่น้ำ 30 นาที เพราะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาลอกเปลือกสมบูรณ์มากที่สุดคือ 78.67 % และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกเสียหายน้อยคือ 4.67 %

6.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่มีความสนใจที่จะทำการพัฒนาเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทดลองดังนี้

1. ถ้าทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวนมากจะทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องลอกเปลือกเมล็ดงาควรมีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่อง โดยมีเครื่องแยกเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์แล้วออกจากเมล็ดงาที่ยังลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ กลับเข้ากระบวนการขัดสีใหม่ เพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. จวงจันทร์ ดวงพัตรา , " เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ " , ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , พิมพ์ครั้งที่ 2 , กลุ่มหนังสือเกษตร , 2529
2. จิรสันต์ จงเจริญกมล และคณะ , " ปริญญานิพนธ์การศึกษาการกระเทาะเปลือกพริกไทยดำ (STUDY ON DEHUSKING OF BLACK PEPPER) " , ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2542
3. นิรนาม , " เอกสารวิชาการงา (Sesame) " , กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. นิรนาม , กรมวิชาการเกษตร ฝ่ายวิศวกรรมเก็บรักษาและแปรสภาพ กองเกษตรวิศวกรรม , " รายงานการสำรวจเครื่องสีข้าวแบบครอบครัว ", ฝ่ายวิศวกรรมเก็บรักษา และแปรสภาพ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2535
5. ประสิทธิ์ ใจศีล , " ข้าวฟ่าง " , คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2529
6. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน , " การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 " , ซีเอ็ดยูเคชัน , 55 หน้า , 2541
7. วิทยา เพียรวิจิตร และคณะ , " วัสดุก่อสร้าง (Material of Construction) " , โอเดียนสโตร์ , พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2524
8. สาทิป รัตนภาสกร , " เครื่องลอกเปลือกพริกไทยแบบต่อเนื่อง " ,การประชุมประจำปี 2543 ,วิศวกรรมเกษตรเพื่อการแข่งขันเศรษฐกิจในสหัสวรรษใหม่ ,สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย , 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตาราง ก.1 คุณลักษณะของงาขัด

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	6
2	น้ำมัน ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	-
3	สิ่งแปลกปลอม ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.5
4	งาต่างชนิด ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.0

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เมล็ดงา มาตรฐานเลขที่ มอก.641 – 2529
กระทรวงอุตสาหกรรม [นิรนาม , 2529]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตาราง ข.1 แสดงผลการทดลองของการศึกษาเบื้องต้นของระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีผลต่อการลอกเปลือกของเมล็ดงา

กลุ่มที่	% ลอกเปลือกสมบูรณ์			% เมล็ดงาที่แตก			% ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	9.17	5.3	7.23	23.33	14.4	18.87	67.5	80.3	73.9
2	81.67	86.67	84.17	15	10	12.5	3.33	3.33	3.33
3	95.83	96.67	96.25	2.5	2.5	2.5	1.67	0.83	1.25
4	75	76.67	75.84	23.33	20.83	22.08	1.67	2.5	2.08

ตาราง ข.2 แสดงการศึกษาเบื้องต้นของผลกระทบของความเร็วรอบต่อการลอกเปลือกเมล็ดงา

ความเร็วรอบ	ไม่แช่น้ำ		แช่น้ำ 1 ชั่วโมง	
(รอบต่อนาที)	ลอกสมบูรณ์	เมล็ดแตก	ลอกสมบูรณ์	เมล็ดแตก
250	55	9	65	2
330	61	13	75	3
415	73	18	85	9
500	77	27	83	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข. 3 แสดงจำนวนเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ และเมล็ดแตกที่ได้จากการทดลอง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะเวลาแช่น้ำ (นาที)	การทดลองซ้ำที่ 1			การทดลองซ้ำที่ 2			การทดลองซ้ำที่ 3		
			ลอกไม่สมบูรณ์			ลอกไม่สมบูรณ์			ลอกไม่สมบูรณ์	
		ลอกเปลือกสมบูรณ์	แตก	ไม่แตก	ลอกเปลือกสมบูรณ์	แตก	ไม่แตก	ลอกเปลือกสมบูรณ์	แตก	ไม่แตก
340	10	72	2	26	81	2	17	66	2	32
	30	61	13	26	55	1	44	71	1	28
	60	77	1	22	70	4	26	72	4	24
380	10	66	6	28	79	1	20	76	2	22
	30	71	11	18	81	1	18	84	2	14
	60	74	1	25	85	3	12	86	4	10
420	10	71	9	20	71	9	20	70	11	19
	30	73	5	22	83	4	13	71	10	19
	60	79	9	12	81	12	7	87	6	7
460	10	70	16	14	82	14	4	76	16	8
	30	83	7	10	85	3	12	84	5	11
	60	79	9	12	79	6	15	90	5	5
500	10	71	21	8	76	20	4	75	18	7
	30	85	14	1	78	15	7	80	19	1
	60	82	8	10	86	12	2	84	10	6
540	10	88	11	1	85	14	1	87	13	0
	30	84	13	3	84	15	1	84	15	1
	60	79	18	3	75	22	3	77	19	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตาราง แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดงาที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ เมื่อแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์

Source of variation	DF	SS	MS	F	
Treatment	17	1946.8333	144.5196	4.68	**
Speed (S)	5	991.2777	198.2555	8.10	**
Time (T)	2	178.1111	89.0555	3.64	*
S X T	10	777.4444	77.7444	3.18	**
Error	36	880.6666	24.4629		
Total	53	2827.5000			

Cv (coefficient of varient) = ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการทดลอง = 6.4 %

* * (significant at 1% level) = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

* (significant at 5% level) = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

Ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีทางสถิติ

DF (degree of freedom) = องศาความเป็นอิสระ

SS (sum of squares) = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย

MS (mean squares) = ผลเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดงาที่แตกเมื่อแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์

Source of variation	DF	SS	MS	F	
Treatment	17	1752.1481	103.0675	13.03	**
Speed (S)	5	1304.8148	206.9627	33.00	**
Time(T)	2	41.5926	20.7963	2.63	ns
S X T	10	405.7407	40.5741	5.13	**
Error	36	264.6667	7.9074		
Total	53	2036.8148			

Cv (coefficient of varient) = ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการทดลอง = 30.7 %

* * (significant at 1% level) = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

Ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีทางสถิติ

DF (degree of freedom) = องศาความเป็นอิสระ

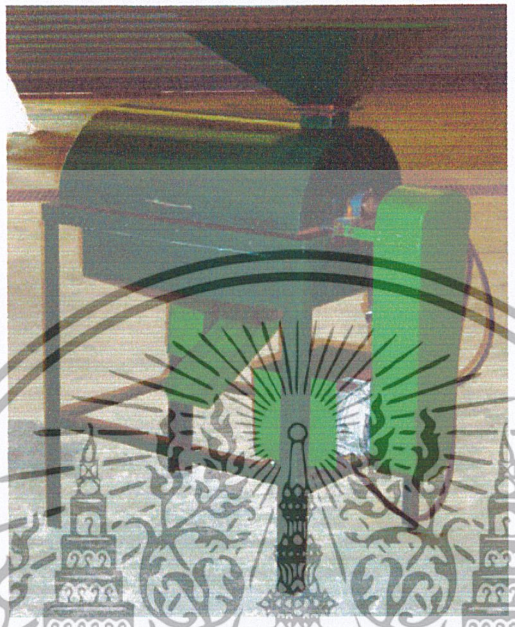
SS (sum of squares) = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย

MS (mean squares) = ผลเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

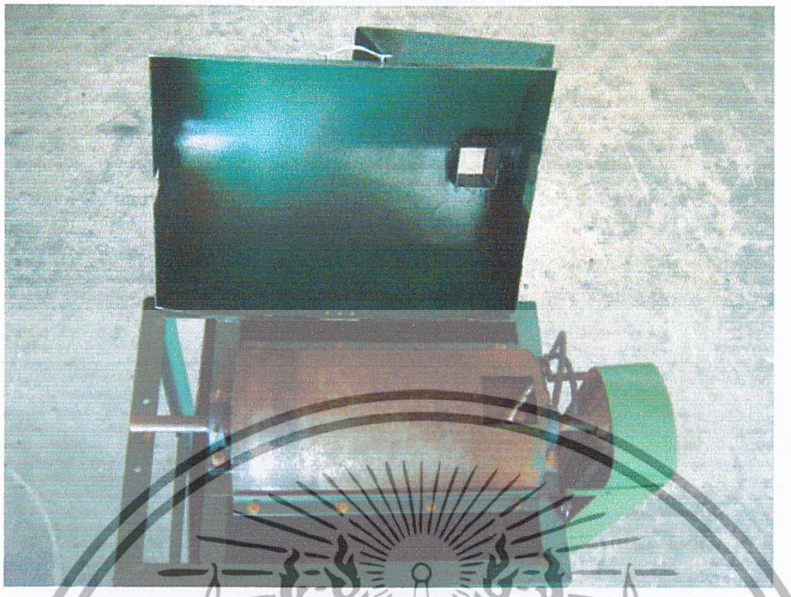
ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา



รูปที่ จ.1 แสดงเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

รูปที่ จ.2 แสดง Hopper

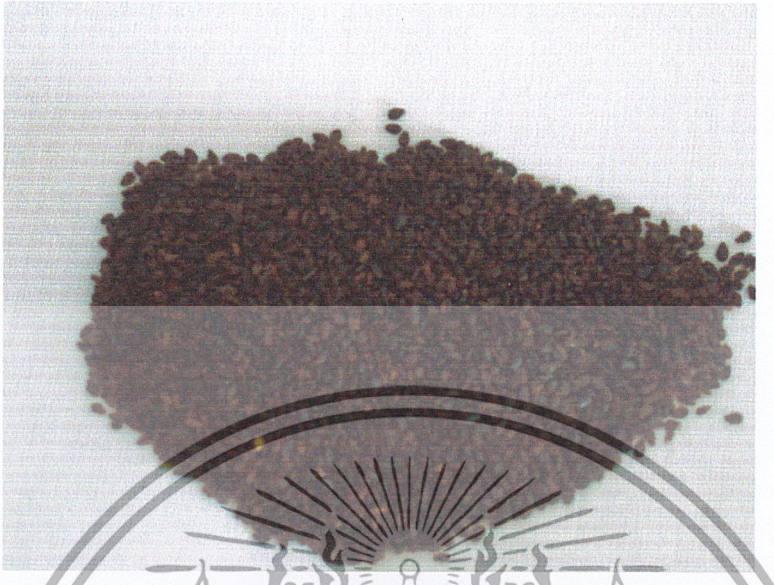
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.3 แสดงส่วนประกอบภายในเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

รูปที่ จ.4 แสดงท่อทางออกของงาและรางระบายน้ำ

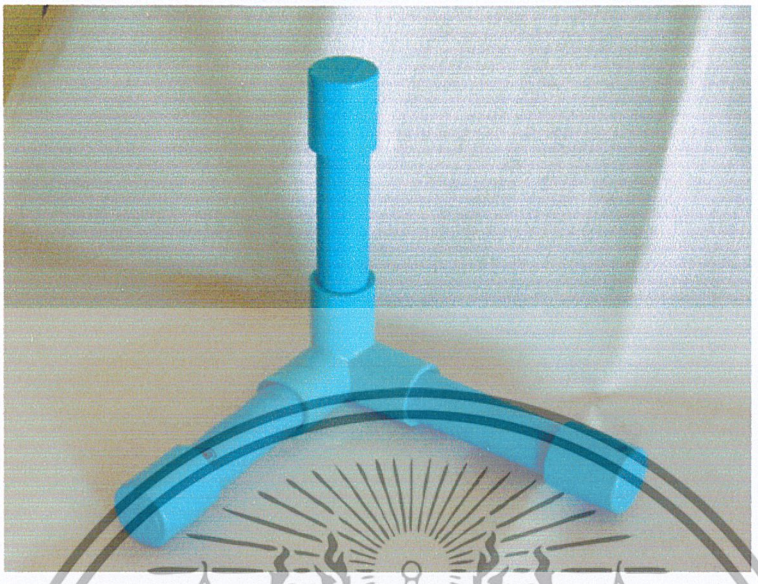
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.5 แสดงเมล็ดงาก่อนการแช่น้ำ

รูปที่ จ.6 แสดงเมล็ดงาที่ผ่านการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกเมล็ดงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.7 แสดงชุดแบ่งเมล็ดงา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของหลายฝ่ายด้วยกัน ขอขอบคุณส่วนช่วยเหลือโครงการดังนี้

- คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร จันทศร , อาจารย์สายชล สินสมบูรณ์ทอง และ อาจารย์สุจิตรา สุคนธมัต คณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
- เจ้าหน้าที่ประจำโรงปฏิบัติงานภาควิชาวิศวกรรมอาหาร(พี่แมน)ที่ช่วยโครงงานและให้คำปรึกษาโครงงาน
- ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาทุกคนที่เป็นกำลังใจให้กันโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งเป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุด ในการให้คำปรึกษาและคอยติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้