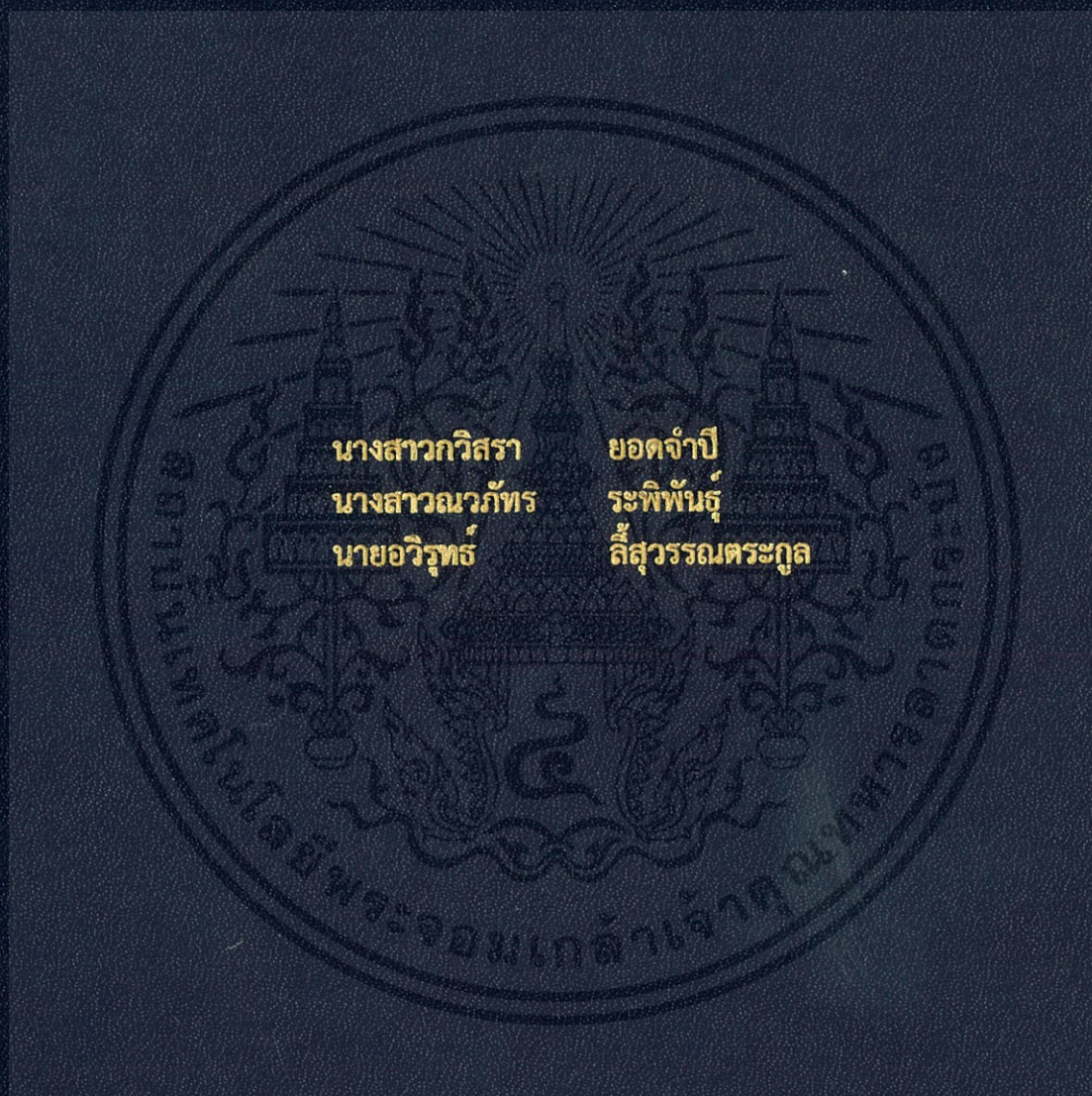


เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

Cricket Grading Machine



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

Cricket Grading Machine



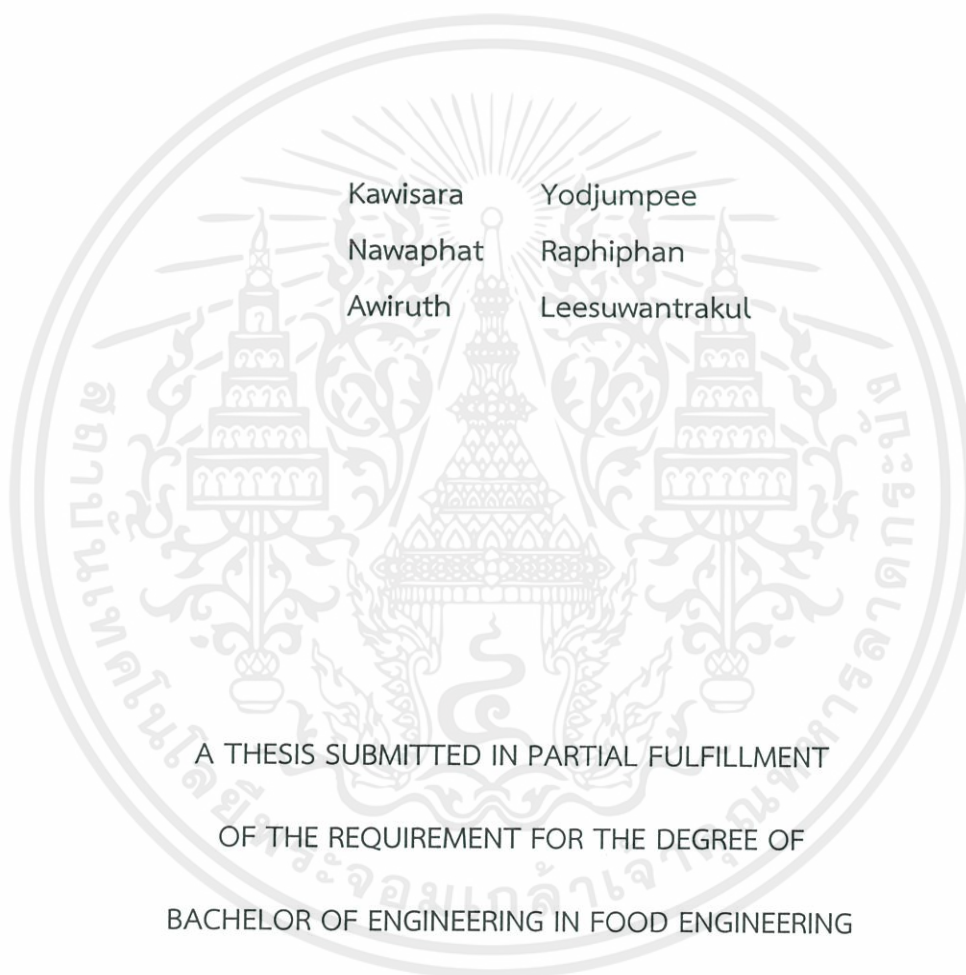
นางสาวกวิสรา
นางสาวณภัทร
นายอวิรุทธิ์

ยอดจำปี
ระพีพันธุ์
สัสสุวรรณตระกูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cricket Grading Machine



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

Cricket Grading Machine

นักศึกษาผู้จัดทำโครงงาน

- | | | |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| 1. นางสาววิสรา | ยอดจำปี | รหัสนักศึกษา 56010042 |
| 2. นางสาวณวกัทร | ระพีพันธุ์ | รหัสนักศึกษา 56010362 |
| 3. นายอวิรุทธิ์ | ลีสุวรรณตระกูล | รหัสนักศึกษา 56011437 |


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. เจษฎา ชัยโฉม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด
นักศึกษา	นางสาวกวิสรา ยอดจำปี นางสาวณวัทร ระพิพันธุ์ นายอวิรุทธิ์ ลีสุวรรณตระกูล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. เจษฎา ชัยโณม
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด ให้สามารถคัดขนาดจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลายที่มีไข่เต็มท้องและไม่มีไข่ออกจากกัน เพื่อลดระยะเวลาในการคัดขนาดเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน เนื่องจากจิ้งหรีดทั้งสองประเภทจะเข้าสู่กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว น้ำหนัก ความหนาแน่น ความชื้น และความเร็วสุดท้าย เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด จากผลการทดลองพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว และน้ำหนักของจิ้งหรีดทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตัวแปรที่ไม่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และความเร็วสุดท้าย การคัดขนาดด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของลำตัวจิ้งหรีดจึงถูกเลือกมาใช้ในการออกแบบเครื่อง โดยใช้ลมเป่าลำเลียงจิ้งหรีดผ่านตะแกรงแบบเส้นลวดที่มีระยะห่างระหว่างเส้นลวด 5.4 มิลลิเมตร โดยจิ้งหรีดที่ไม่มีไข่จะมีขนาดเล็ก สามารถลอดผ่านไปยังภาชนะรองรับได้ ส่วนจิ้งหรีดที่มีไข่จะมีขนาดใหญ่กว่าและไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงแบบเส้นลวดได้ จะถูกลมลำเลียงไปยังภาชนะรองรับอีกด้านหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีการทดลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้น และแบบเป่าลมลงให้มีอัตราการป้อนที่ 30, 45 และ 60 ตัวต่อวินาที และแบบเป่าลมขึ้นจะให้ค่าความเร็วลมที่ 12.68, 13.83 และ 15.09 เมตรต่อวินาที แบบเป่าลมลงจะให้ค่าความเร็วลมที่ 2.42, 3.58 และ 4.62 เมตรต่อวินาที โดยจากการทดลองจะนำจำนวนจิ้งหรีดที่คัดได้ถูกต้องมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การคัดขนาด จากการทดลองพบว่าเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมลงที่อัตราการป้อนที่ 60 ตัวต่อวินาที (ประมาณ 129 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และความเร็วลมที่ 3.58 เมตรต่อวินาที จะมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากที่สุดที่ 69 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ได้วิเคราะห์จุดคั่งทางเศรษฐศาสตร์พบว่าจุดคุ้มทุนของปริมาณผลผลิตอยู่ที่ 10,106.68 กิโลกรัมต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

คำสำคัญ : จิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลาย, เครื่องคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Cricket Grading Machine	
Student	Miss. Kawisara	Yodjumpee
	Miss. Nawaphat	Raphiphan
	Mr. Awiruth	Leesuwantrakul
Project Advisor	Dr. Jedsada Chaishome	
Submitted for	Bachelor Degree in Food Engineering	
	Department of Food Engineering, Faculty of Engineering	
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Academic Year	2016	

ABSTRACT

This project aims to design a cricket grading machine. The separation of house cricket with full eggs and empty egg apart from each other is operated due to a further different process cooking. A reduction of grading time could be achieved, compared to skilled labor. First, the physical characteristics of crickets i.e. diameter, length, weight, density, moisture content and terminal velocity were examined as design criteria. The results shown that only diameter, length and weight between house crickets with full eggs and empty eggs are significant difference as expected. As mentioned above, the difference diameter of crickets was selected to be the separated criteria of 5.4 mm. A turbine wheel and air circulation system was used for material handling, which prevent any fragile crickets from bumping. Then, smaller house crickets (smaller than 5.4 mm), could be passed through into a container. On the other hand, the bigger ones, which have full eggs, could not pass the wire mesh through and flow to another container. The wind direction feed rate of 30, 45 and 60 crickets/s and the wind up speed of 12.68, 13.83 and 15.09 m/s and wind down speed of 2.42, 3.58 and 4.62 m/s were examined to evaluate the grading efficiency. The blow down with regard to the maximum grading efficiency of 69 percent, the authors recommend that this machine could be operated with appropriate a feed rate of 60 crickets/s (129 kg/hr, approximately) and a wind speed of 3.58 m/s. Furthermore, break-even point of 10,106.68 kg/year with payback period of 3 months.

Keywords : House crickets, Grading machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เจษฎา ชัยโฉม ที่ให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อข้อมูล ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตรวิชาวิศวกรรมอาหารที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ รวมถึงสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณฟาร์มจิ้งหรีดชุดิภาณูจน์ จังหวัดสุโขทัย ที่ได้เอื้อเฟื้อวัตถุดิบจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำโครงการวิจัยนี้

สุดท้ายนี้คุณค่าและคุณประโยชน์อันที่ได้จากการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ ผู้เขียนขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอให้ทุกท่านจงมีแต่ความสุขความเจริญตลอดไป

คณะผู้จัดทำ

นางสาวกวิสรา ยอดจำปี

นางสาวณวกัทร ระพิพันธุ์

นายอวิรุทธ์

ลัสุวรรณตระกูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจังหวัด	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของจังหวัด	3
2.1.1.1 รูปร่างลักษณะของจังหวัด	3
2.1.1.2 ชนิดของจังหวัด	3
2.1.1.2.1 จังหวัดพันธุ์ทองคำ	3
2.1.1.2.2 จังหวัดพันธุ์ทองแดง	4
2.1.1.2.3 จังหวัด	5
2.1.1.2.4 จังหวัดทองแดงลาย	5
2.2 ชีวิตวิทยาของจังหวัด	6
2.2.1 วงจรชีวิตจังหวัด	6
2.2.1.1 ระยะไข่	6
2.2.1.2 ระยะตัวอ่อน	7
2.2.1.3 ระยะตัวเต็มวัย	8
2.2.1.3.1 ส่วนหัว	8
2.2.1.3.2 ส่วนอก	8
2.2.1.3.3 ส่วนท้อง	9
2.2.2 วิถีสมพันธุ์ของจังหวัด	9
2.2.2.1 ระบบสืบพันธุ์จังหวัดตัวผู้	9
2.2.2.2 ระบบสืบพันธุ์จังหวัดตัวเมีย	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 การตลาดและการใช้ประโยชน์จากจังหวัด	10
2.3.1 การตลาด	10
2.3.1.1 ตลาดท้องถิ่น	10
2.3.1.1.1 ตลาดระหว่างผู้เลี้ยงและผู้บริโภคในพื้นที่	10
2.3.1.1.2 ตลาดรวมท้องถิ่น	11
2.3.1.2 ตลาดกลาง	11
2.3.1.3 ตลาดเชิงอุตสาหกรรม	11
2.3.1.4 ข้อสังเกตเกี่ยวกับการตลาดจังหวัด	11
2.3.1.5 การจำหน่ายจังหวัด	11
2.3.1.5.1 นับจำนวนตัวขาย	11
2.3.1.5.2 ชั่งน้ำหนักขาย	11
2.3.1.5.3 จำหน่ายพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์	11
2.3.1.5.4 จำหน่ายไข่จังหวัด	11
2.3.1.5.5 จำหน่ายจังหวัดแปรรูป	11
2.3.2 การใช้ประโยชน์จากจังหวัด	12
2.3.2.1 จังหวัดนำมาแปรรูปเป็นอาหารสำหรับบริโภค	12
2.3.2.2 การใช้จังหวัดเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์	12
2.3.2.3 การใช้จังหวัดเพื่อการศึกษา	12
2.3.2.4 การใช้จังหวัดเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์	12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.4.1 เครื่องคัดเมล็ดกลั่นแห้งหลังจากการกลั่นเอาเอทานอล	13
2.4.2 เครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง	14
2.4.3 การออกแบบการคัดขนาดของถั่วแปะญี่ปุ่น	16
2.4.4 เครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์	18
2.4.5 เครื่องคัดแยกแร่	20
2.4.6 เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมหรือหอมใหญ่	21
2.4.7 การคัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกจาสารอินทรีย์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ	23
2.4.7.1 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Screw press	23
2.4.7.2 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Disc screen	24
2.4.7.3 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Shredder + magnet	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การศึกษาหาข้อมูลเพื่อการออกแบบเครื่องจักร	25
3.1 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว	25
3.2 การชั่งน้ำหนัก	29
3.3 การหาความหนาแน่น	30
3.4 การหาความขึ้นฐานเปียกและความขึ้นฐานแห้ง	31
3.5 การหาค่าความเร็วลมสุดท้าย	31
3.6 การหาค่าแรงเสียดทานที่กระทำต่อพื้นผิววัสดุ	33
บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบ	35
4.1 การออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	35
4.2 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	35
4.2.1 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1	35
4.2.2 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2	36
4.2.3 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3	37
4.3 หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	37
4.4 การทดลอง	38
4.4.1 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	38
4.4.2 วิธีการทดลอง	40
4.4.2.1 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทดลอง	40
4.4.2.2 ทดลองหาค่าอัตราการป้อนและความเร็วลมที่เหมาะสม	40
4.4.2.3 การหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดขนาด	40
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
5.1 สมบัติทางกายภาพของจิ้งหรีดที่ใช้ในการออกแบบ	41
5.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	42
5.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	45
5.3.1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	45
5.3.2 วิธีการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เมื่อใช้เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	45
5.3.2.1 กำลังการผลิต	45
5.3.2.2 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี	45
5.3.2.3 ต้นทุนคงที่	45
5.3.2.4 ค่าจ้างแรงงาน	45
5.3.2.5 ค่าไฟฟ้าแปรผัน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.2.6 ต้นทุนแปรผัน	46
5.3.2.7 ต้นทุนรวม	46
5.3.2.8 ต้นทุนค่าใช้จ่าย	46
5.3.2.9 จุดคุ้มทุน	46
5.3.2.10 ระยะเวลาคืนทุน	46
5.3.3 ผลการวิเคราะห์เศรษฐกิจศาสตร์	46
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	48
6.1 สรุปผลการทดลอง	48
6.2 ข้อเสนอแนะ	48
6.3 แนวคิดการพัฒนาเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีด	54
ก.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง	55
ก.2 ความยาว	61
ก.3 น้ำหนัก	67
ก.4 ความหนาแน่น	73
ก.5 ความชื้นฐานแห้ง	74
ก.6 ความชื้นฐานเปียก	75
ก.7 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสังกะสี	76
ก.8 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นแตนเลส	77
ก.9 ความเร็วลมสุดท้าย	78
ภาคผนวก ข แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	79
ข.1 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1	80
ข.2 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2	81
ข.3 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3	82
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	89
ค.1 อัตราการป้อนจิ้งหรีด	90
ค.2 เปอร์เซนต์ความถูกต้องของจิ้งหรีด	91

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้น	42
ตารางที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมลง	43
ตารางที่ 5.3 ข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	45
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการหาต้นทุนรวม	46
ตารางที่ 5.5 แสดงผลการหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน	46



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 จิ้งหรีดตัวเมีย (ซ้าย) และจิ้งหรีดตัวผู้ (ขวา)	3
รูปที่ 2.2 จิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ	4
รูปที่ 2.3 จิ้งหรีดพันธุ์ทองแดง	4
รูปที่ 2.4 จิ้งโกร่ง	5
รูปที่ 2.5 จิ้งหรีดทองแดงลาย	6
รูปที่ 2.6 วงจรชีวิตจิ้งหรีด	6
รูปที่ 2.7 ไข่จิ้งหรีด	7
รูปที่ 2.8 ตัวอ่อนจิ้งหรีด	7
รูปที่ 2.9 การลอกคราบของจิ้งหรีด	8
รูปที่ 2.10 จิ้งหรีดตัวเต็มวัย	8
รูปที่ 2.11 ลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีด	9
รูปที่ 2.12 ระบบสืบพันธุ์เพศผู้ของจิ้งหรีด	10
รูปที่ 2.13 ระบบสืบพันธุ์เพศเมียของจิ้งหรีด	10
รูปที่ 2.14 เครื่องคัดแยกเมล็ดกลั่นแฉ้งโดยการเป่าลม	13
รูปที่ 2.15 ลักษณะทางกายภาพของมะเดื่อแห้ง (ก) ประเภทที่ 1 (ข) ประเภทที่ 2 (ค) ประเภทที่ 3 (ง) ประเภทที่ 4 (จ) ประเภทที่ 5	15
รูปที่ 2.16 เครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง (ก) การส่งมะเดื่อแห้งเข้าระบบการคัดขนาด (ข) ระบบการทำงานของเครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง	15
รูปที่ 2.17 ลักษณะทางกายภาพ (ก) ถั่วแระที่มี 3 เมล็ด (ข) ถั่วแระที่มี 2 เมล็ด (ค) ถั่วแระเมล็ดเล็กที่มี 2 เมล็ด (ง) ถั่วแระที่มี 1 เมล็ด (จ) ถั่วแระที่มีความผิดปกติ (ฉ) ถั่วแระแกร็น	17
รูปที่ 2.18 การออกแบบกระบวนการคัดถั่วแระญี่ปุ่น	18
รูปที่ 2.19 กระบวนการคัดขนาดถั่วแระญี่ปุ่น	18
รูปที่ 2.20 เครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (ก) กระบวนการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (ข) ภายในเครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์	19
รูปที่ 2.21 ผลการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์	20
รูปที่ 2.22 กระบวนการคัดแยกแร่	21
รูปที่ 2.23 เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม	22
รูปที่ 2.24 แบบเครื่องคัดขนาดหอม	22
รูปที่ 2.25 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Screw press	23
รูปที่ 2.26 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Disc screen	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.27 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Shredder + magnet	24
รูปที่ 3.1 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีด	25
รูปที่ 3.2 การวัดความยาวของจิ้งหรีด	25
รูปที่ 3.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว	26
รูปที่ 3.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว	26
รูปที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	27
รูปที่ 3.6 ความยาวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว	27
รูปที่ 3.7 ความยาวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว	28
รูปที่ 3.8 ค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	28
รูปที่ 3.9 น้ำหนักของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว	29
รูปที่ 3.10 น้ำหนักของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว	29
รูปที่ 3.11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	30
รูปที่ 3.12 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	30
รูปที่ 3.13 ค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	31
รูปที่ 3.14 ความเร็วลมสุดท้ายของจิ้งหรีดตัวมีไข่	32
รูปที่ 3.15 ความเร็วลมสุดท้ายของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่	32
รูปที่ 3.16 ค่าเฉลี่ยความเร็วลมสุดท้ายระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่	33
รูปที่ 3.17 ค่าเฉลี่ยมุมของพื้นผิววัสดุที่ทำให้จิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่เริ่มเคลื่อนที่	34
รูปที่ 4.1 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1 (ก) แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	36
รูปที่ 4.2 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2 (ก) แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	36
รูปที่ 4.3 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3 (ก) แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	37
รูปที่ 4.4 แผนภาพหลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด	38
รูปที่ 4.5 แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ก) แบบเป่าลมขึ้น (ข) แบบเป่าลมลง	38
รูปที่ 4.6 แบบจำลองภาพตัดเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ก) แบบเป่าลมขึ้น (ข) แบบเป่าลมลง	39
รูปที่ 4.7 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ก) แบบเป่าลมขึ้น (ข) แบบเป่าลมลง	40
รูปที่ 5.1 กราฟค่าเฉลี่ยความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่	41
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลม แบบเป่าลมขึ้น	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลมแบบเป่าลมลง	44
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุน	47



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จังหวัดเป็นแหล่งที่คนไทยรู้จักและคุ้นเคยมาเป็นเวลานาน สามารถพบได้ทุกภาค เจริญเติบโต และเจริญพันธุ์ได้ดีสำหรับอากาศในประเทศไทย และได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมาก เนื่องจากมีรสชาติอร่อย สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย วงจรชีวิตสั้น เพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตได้ไว จำหน่ายได้เร็ว โดยเฉพาะจังหวัดพันธุ์ทองแดงลาย (จังหวัดขาว) ที่ชาวบ้านในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า แมงสะด้าง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผ้ง), 2560)

จากข้อมูลทางโภชนาการระบุว่า จังหวัดมีคุณค่าทางอาหารสูงสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากแหล่งอื่นได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีน เช่น เนื้อวัวสด 100 กรัม มีโปรตีน 19-26 กรัม และเนื้อปลาสด 100 กรัม มีโปรตีน 18-28 กรัม ในหน่วยวัดเดียวกันพบว่า จังหวัดสด 100 กรัม มีโปรตีน 8-25 กรัม (อังคณา, 2556) ซึ่งใกล้เคียงกับแหล่งโปรตีนจากเนื้อวัวสด และเนื้อปลาสด นอกจากนี้แมลงยังเป็นแหล่งของกรดไขมัน ธาตุอาหารรอง รวมทั้งแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ โดยเฉพาะโพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด (นิรนาม 1, 2557) ดังนั้นจังหวัดจึงเป็นอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพ และในปัจจุบันจังหวัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่กำลังได้รับความนิยมและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง โดยกำลังการผลิตในประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างมาก โดยมีมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาทต่อปี (จุจเดือน, 2559) และเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น เยอรมนี อังกฤษ สหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่รับประทานได้และดีต่อสุขภาพ ราคาถูก ต้นทุนต่ำ และมีกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าของสินค้า จำพวกอาหารทานเล่น (Snack) ด้วยการปรุงแต่งเป็นรสชาติต่างๆ เช่น รสตั้มยำ รสวาซาบิ และนำไปแปรรูปเป็นโปรตีนผง เพื่อเป็นส่วนผสมของเค้กและคุกกี้

ในปัจจุบันจังหวัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจและมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างมากส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ในการคัดขนาดจังหวัดในปัจจุบันที่ใช้คนคัดขนาด มีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่วนการเพิ่มคนงานในการคัดขนาดจังหวัด ต้องใช้คนงานที่มีความเชี่ยวชาญ ชำนาญในการแยกจังหวัดตัวมีไข่และไม่มีไข่ ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องเพิ่มกำลังคนในการคัดขนาดจังหวัด จึงเกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องคัดขนาดจังหวัดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดที่มีประสิทธิภาพและสามารถทดแทนกำลังคนได้ โดยมีจุดประสงค์หลักดังนี้

1. ศึกษาลักษณะของจิ้งหรีด ทางด้านขนาด รูปร่าง น้ำหนัก ความหนาแน่น ความชื้น และความเร็วสุดท้าย เพื่อหาสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และไม่มีไข่
2. ออกแบบและสร้างเครื่องจักรในการคัดขนาดจิ้งหรีด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีด รวมถึงความแตกต่างระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และไม่มีไข่ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องจักรในการคัดขนาด
2. สามารถผลิตเครื่องจักรในการคัดขนาดจิ้งหรีดได้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. จิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลาย อายุ 45-60 วัน เพาะเลี้ยงจากฟาร์มจิ้งหรีดชุตติกาญจน์ ในจังหวัดสุโขทัย
2. สามารถคัดได้ 2 ขนาด คือ จิ้งหรีดที่มีไข่และไม่มีไข่
3. จิ้งหรีดที่นำมาคัดต้องผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดมาก่อน

บทที่ 2

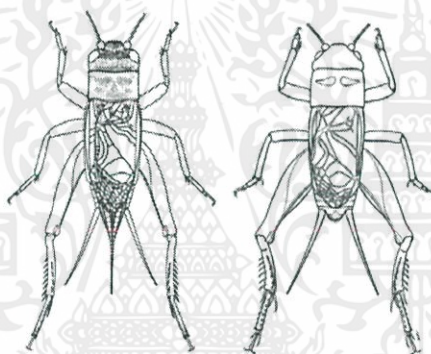
ตรวจเอกสาร

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจิ้งหรีด

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด

2.1.1.1 รูปร่างลักษณะของจิ้งหรีด

จิ้งหรีดจะมีตารวม ปากแบบปากกัด หนวดยาว ขาคู่หลังใหญ่แข็งแรง กระโดดเก่ง เพศเมียปีกเรียบ และมีอวัยวะวางไข่แหลมยาว เพศผู้มีปีกคู่หน้ายื่น ซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียงด้วยการใช้ปีกสีกัน เสียงจิ้งหรีดที่ได้ยินจึงเกิดจากจิ้งหรีดเพศผู้เท่านั้น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดจันทบุรี (ผัง), 2560)



รูปที่ 2.1 จิ้งหรีดตัวเมีย (ซ้าย) และจิ้งหรีดตัวผู้ (ขวา)

ที่มา : (Walker, 1984)

2.1.1.2 ชนิดของจิ้งหรีด

จิ้งหรีดที่พบในประเทศไทยมี 4 ชนิด ดังนี้

2.1.1.2.1 จิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ (Common black cricket)

เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง บางพื้นที่ เรียก จิโหล่น ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัว และปีกมีสีดำหรือน้ำตาลปนดำทั้งตัว ตัวโตเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 0.6-0.7 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.8-3.0 เซนติเมตร มีหนวดยาว ตัวผู้ส่วนหัว และอกมีสีดำ ปีกคู่หน้ายื่น ปีกมีสีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อย โดยเฉพาะโคนปีกที่จะมีสีเหลือง ส่วนตัวเมียส่วนหัว และอกมีสีดำ ปีกคู่หน้าเรียบ ปีกมีสีดำสนิท โคนปีกมีแต้มสีเหลือง 2 จุด ปลายปีกคู่หลังทั้งตัวผู้ ตัวเมื่อยื่นยาวมากกว่าลำตัว ปลายท้องมีแพนหางยาว 1 คู่ ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดิน ออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย ที่พบตามธรรมชาติมี 3 สี คือ สีดำ สีทอง และสีอำพัน (ปศุสัตว์, 2560)



รูปที่ 2.2 จิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ

ที่มา : (ปศุสัตว์, 2560)

2.1.1.2.2 จิ้งหรีดพันธุ์ทองแดง (House cricket)

เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง โตเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.5-2.80 เซนติเมตร ลำตัวทุกส่วนมีสีน้ำตาลเข้ม บริเวณหัวเหนือขอบตามีแถบสีน้ำตาลเข้มรูปตัววี ตัวผู้มีสีลำตัวทุกส่วนเข้มกว่าตัวเมีย ด้านล่างท้องมีสีครีม เคลื่อนที่ได้ว่องไว ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดิน ออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย (ปศุสัตว์, 2560) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกจิ้งหรีดชนิดนี้เป็นภาษาท้องถิ่นว่า จินาย อีเจ็ก จิ้งหรีดม้า ตัวอ่อนของจิ้งหรีดทองแดงที่ยังไม่มีปีก เรียก จีโหล่น (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตร ด้านแมลงเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่, 2560)



รูปที่ 2.3 จิ้งหรีดพันธุ์ทองแดง

ที่มา : (ปศุสัตว์, 2560)

2.1.1.2.3 จิ้งโกร่ง (Large brown Cricket)

เป็นจิ้งหรีดขนาดใหญ่ สีน้ำตาล ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัวทุกส่วนมีสีน้ำตาล ยกเว้นขาคู่หลังส่วนบนมีสีเหลือง และส่วนท้องมีสีครีม โตเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร มีหนวดยาว ขุดรูตามดินร่วนปนทราย ภายในรูที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร มีรูแยก 1 รู เพื่อหลบภัย บริเวณรอยแยกของรูเป็นโพรงใหญ่สำหรับเก็บอาหาร รูหลักยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร ลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร กลางวันจะปิดปากรู อาศัยอยู่ภายใน กลางคืนออกหากิน ส่งเสียงร้องดัง (ปศุสัตว์, 2560) และมีพฤติกรรมชอบพวยพ่ายที่อยู่เสมอ มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น จิโปม จิลอ จิ้งกุ่ม เป็นต้น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ผึ้ง), 2560)



รูปที่ 2.4 จิ้งโกร่ง

ที่มา : (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ้ง), 2560)

2.1.1.2.4 จิ้งหรีดทองแดงลาย (House cricket : *Acheta domestica*)

จิ้งหรีดทองแดงลาย หรือ นิยมเรียกว่า แมงสะตัง ตัวผู้ และตัวเมียมีอายุเต็มวัย 38-60 วัน เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัวทุกส่วนมีสีเหลืองแกมน้ำตาล มีลักษณะสีเป็นลาย ลำตัวกว้างประมาณ 0.4-0.55 ซม. ยาวประมาณ 2.0-2.5 ซม. ตัวเมียลำตัวมีสีน้ำตาลปนเหลือง ปีกคู่หน้าเรียบมีสีน้ำตาลเป็นลายเส้นชัดเจน มีปีกครึ่งลำตัว มีอวัยวะวางไข่คล้ายเข็มสีน้ำตาล ยาวประมาณ 1.2 เซนติเมตร ยาวกว่าแพนหางเล็กน้อย ตัวผู้มีสีลำตัวเข้มกว่าตัวเมีย และมีลายแต้มที่หัว มีปีกยาว ปีกคู่หน้าย่น ปลายท้องมีแพนหาง จิ้งหรีดชนิดนี้ ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดิน ออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย (ปศุสัตว์, 2560)



รูปที่ 2.5 จิ้งหรีดทองแดงลาย

ที่มา : (ปศุสัตว์, 2560)

2.2 ชีวิตวิทยาของจิ้งหรีด

2.2.1 วงจรชีวิตจิ้งหรีด



รูปที่ 2.6 วงจรชีวิตจิ้งหรีด

ที่มา : (ชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560)

จิ้งหรีดมีระยะการเจริญเติบโต แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

2.2.1.1 ระยะไข่

จิ้งหรีดตัวเมียวางไข่โดยการใช้อวัยวะวางไข่ที่ยาวแหลมคล้ายเข็มแทงลงในดินที่มีความชื้นและวางไข่เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 ฟอง ไข่จะมีสีเหลืองลักษณะเรียวยาวคล้ายเมล็ดข้าวสาร จะมีการวางไข่ตลอดอายุ 4 ครั้ง ๆ ละ ประมาณ 200-300 ฟอง ตลอดอายุขัยจิ้งหรีดตัวเมียสามารถวางไข่ได้ตั้งแต่ 600-1,000 ฟอง ซึ่งจะวางไข่เป็นรุ่นๆได้ประมาณ 4 รุ่น การวางไข่แต่ละรุ่นจะใช้เวลาห่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 15 วัน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560) ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 7 วัน จึงฟักออกมาเป็นตัวอ่อน ถ้าเป็นฤดูหนาว 20 วันจึงฟักออกมาเป็นตัวอ่อน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ผัสด), 2560)



รูปที่ 2.7 ไข่จิ้งหรีด

ที่มา : (ชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560)

2.2.1.2 ระยะตัวอ่อน

จิ้งหรีดวัยตัวอ่อนที่ฟักจากไข่ใหม่ๆจะมีลักษณะคล้ายมด และเจริญเติบโตโดยการลอกคราบ จะลอกคราบประมาณ 8 ครั้งจึงจะเป็นตัวเต็มวัย ตัวอ่อนเมื่อเจริญเติบโตถึงระยะเริ่มมีปีก เรียกว่า ระยะใสเสือกัก แบ่งได้เป็น ระยะกักเล็ก มีตักปีก และกักใหญ่ มีตักปีกยาว (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560) การลอกคราบจากรยะวัยตัวอ่อนเป็นตัวเต็มวัยนั้น ระยะตัวอ่อนพันธุ์ทองดำใช้เวลา 50-60 วัน แต่ถ้าเป็นพันธุ์ทองแดงใช้เวลาประมาณ 60-70 วัน พันธุ์ทองแดงลายใช้เวลาประมาณ 45-50 วัน จึงจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ผัสด), 2560)



รูปที่ 2.8 ตัวอ่อนจิ้งหรีด

ที่มา : (ชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การลอกคราบของจิ้งหรีด

ที่มา : (ชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560)

2.2.1.3 ระยะตัวเต็มวัย



รูปที่ 2.10 จิ้งหรีดตัวเต็มวัย

ที่มา : (ชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560)

ระยะตัวเต็มวัยมีอวัยวะครบทุกส่วนเห็นได้ชัดเจน แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

2.2.1.3.1 ส่วนหัว

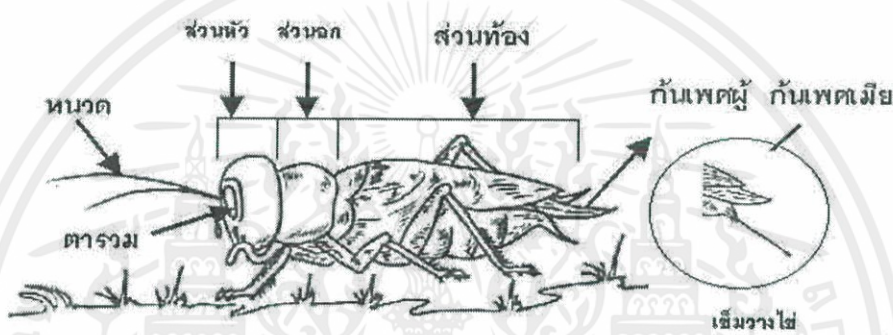
ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ตารวม 1 คู่ หนวด 1 คู่ และส่วนของปาก ส่วนหัวจะเชื่อมต่อกับส่วนอกด้วยเนื้อเยื่อบาง ๆ เคลื่อนไหวได้รอบทิศ โดยมีหนวดเป็นอวัยวะที่สำคัญสำหรับสัมผัสและรับกลิ่น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ผั๋ง), 2560)

2.2.1.3.2 ส่วนอก

ประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ คือ ปีก 2 คู่ และขา 3 คู่ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ผั๋ง), 2560)

2.2.1.3.3 ส่วนท้อง

จะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอวัยวะสืบพันธุ์ ระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่สามารถแยกเพศได้ชัดเจน โดยการสังเกตความแตกต่างของเพศผู้และเพศเมีย เพศผู้ปีกคู่หน้าสามารถทำให้เกิดเสียงได้โดยใช้ปีกคู่หน้าถูกัน เสียงที่จิ้งหรีดทำขึ้นเป็นการสื่อสารที่มีความหมายของจิ้งหรีด เพศเมียปีกคู่หน้าเรียบและมีอวัยวะวางไข่ยาวแหลมคล้ายเข็มยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น (ฝั๋ง), 2560) จิ้งหรีดระยะตัวเต็มวัยเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ก็จะผสมพันธุ์และวางไข่แต่ละรุ่น จะใช้เวลาประมาณ 15 วัน/ครั้ง/วัน เมื่อหมดการวางไข่รุ่นสุดท้ายแล้วตัวเมียก็จะตาย สำหรับตัวเต็มวัยของจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำเฉลี่ยประมาณ 45-50 วัน และพันธุ์ทองแดงเฉลี่ยประมาณ 50-60 วัน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ฝั๋ง), 2560)



รูปที่ 2.11 ลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีด

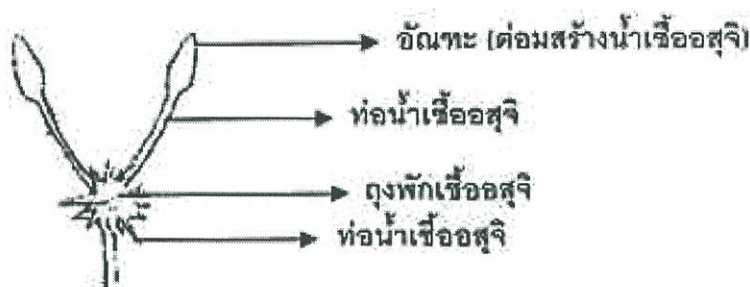
ที่มา : (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ฝั๋ง), 2560)

2.2.2 วิธีผสมพันธุ์ของจิ้งหรีด

พฤติกรรมผสมพันธุ์ของจิ้งหรีดจะเกิดขึ้นโดยจิ้งหรีดตัวผู้ทำ เสียง โดยยกปีกคู่หน้าถูกันให้เกิดเสียง กริก กริก กริก เบาๆ และถี่ ๆ ติดต่อกันใกล้ ๆ ตัวเมีย หรือเพื่อเรียกตัวเมียเข้ามาหาบริเวณที่ตัวผู้อยู่ หลังจากนั้นตัวผู้จะค่อย ๆ ถอยหลังเข้าหาตัวเมียสลับการเดินไปรอบๆ ตัวเมียประมาณ 2-3 รอบ ช่วงนี้จิ้งหรีดเสียงจะเบาลง พฤติกรรมแบบนี้เป็นการสร้างอารมณ์ให้กับจิ้งหรีดตัวเมียแล้วตัวเมียจะขึ้นคร่อมตัวผู้ จากนั้นตัวผู้จะยื่นอวัยวะเพศไปที่อวัยวะเพศเมียในการผสมพันธุ์แล้วปล่อยถุงน้ำเชื้อลักษณะปลายเป็นลูกศรออกไปติดที่อวัยวะเพศเมีย หลังจากนั้นถุงน้ำเชื้อก็จะฝ่อลง แล้วตัวเมียจะไขว้ขาหนีถุงน้ำเชื้อทิ้งไป (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ฝั๋ง), 2560)

2.2.2.1 ระบบสืบพันธุ์จิ้งหรีดตัวผู้

จิ้งหรีดตัวผู้มีอวัยวะหรือต่อมสร้างน้ำเชื้อสุจิสีขาวขุ่น 1 คู่ อยู่คนละข้างแต่ละข้างมีท่อน้ำเชื้อเชื่อมติดต่อกันกับถุงเชื้อสุจิ เมื่อมีการผสมพันธุ์เชื้อสุจิจะออกไปทางท่อน้ำเชื้อสุจิ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ฝั๋ง), 2560)

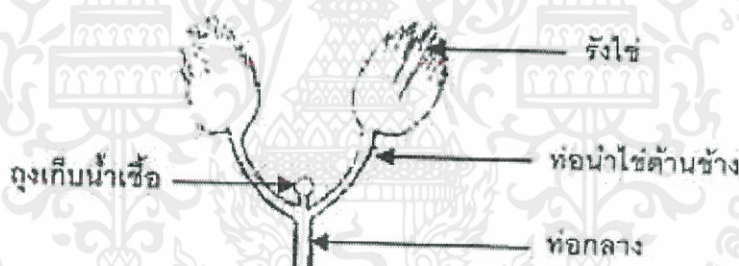


รูปที่ 2.12 ระบบสืบทอดน้ำเชือกสุจิ

ที่มา : (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัง), 2560)

2.2.2.2 ระบบสืบทอดน้ำเชือกสุจิ

เพศเมียมีรังไข่สี่เหลี่ยมเป็นข้อ 1 คู่ รังไข่แต่ละข้างมีท่อนำไข่เชื่อมต่อกันที่ท่อนกลาง ตรงจุดเชื่อมต่อกันมีถุงเก็บน้ำเชือกสุจิเป็นก้อนกลมสีขาวขุ่น สำหรับเก็บเชือกสุจิเพศผู้ เมื่อได้รับการผสมพันธุ์ขณะจิ้งหรีดตัวเมียจะวางไข่ ไข่แก่เคลื่อนตัวลงมาจากท่อนำไข่ก็จะมีการฉีดเชือกสุจิเข้าไปในไข่ ก่อนที่จิ้งหรีดจะวางไข่ออกมา (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัง), 2560)



รูปที่ 2.13 ระบบสืบทอดน้ำเชือกสุจิ

ที่มา : (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัง), 2560)

2.3 การตลาดและการใช้ประโยชน์จากจิ้งหรีด

2.3.1 การตลาด

2.3.1.1 ตลาดท้องถิ่น

2.3.1.1.1 ตลาดระหว่างผู้เลี้ยงและผู้บริโภคในพื้นที่ (บ้านใกล้เคียง)

จะซื้อขายกันโดยตรง คือ ผู้ซื้อจะซื้อที่บ่อเลี้ยงการซื้ออาจเป็นรายย่อย 1-2 ซีด ถึง 1 กิโลกรัม หรือมากกว่า แล้วนำไปประกอบอาหารทันที การบริโภคเป็นไปได้ทั้งภายในครอบครัว เพื่อสังสรรค์กับเพื่อนบ้าน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัง), 2560)

2.3.1.1.2 ตลาดรวมท้องถิ่น

ในพื้นที่บางแห่งจะมีเกษตรกรที่เป็นแม่ค้าทำหน้าที่จัดซื้อรวบรวมจิ้งหรีดทุกๆเช้า เพื่อทำการแปรรูปเองแล้วส่งให้แม่ค้าขายปลีกในเมืองหรือรวบรวมจิ้งหรีดแล้วจัดส่งให้แม่ค้าขายปลีกทำการแปรรูป (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560)

2.3.1.2 ตลาดกลาง

เป็นตลาดที่รับซื้ออยู่ในเมืองหรือแหล่งชุมชนใหญ่ๆ เมื่อทำการรวบรวมจิ้งหรีดแล้วส่งไปตามแหล่งใหญ่ๆ เช่น กรุงเทพมหานครหรือส่งโรงงานแมลงอัดกระป๋อง เป็นต้น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560)

2.3.1.3 ตลาดเชิงอุตสาหกรรม

จะมีการรับซื้อจากเกษตรกรโดยตรงหรือรับซื้อจากตลาดกลางก็ได้ เช่น สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดสกลนคร จะรับซื้อจิ้งหรีดสด (จิ้งหรีดมีชีวิต) สำหรับทำจิ้งหรีดอัดกระป๋อง เพื่อจำหน่ายต่างประเทศ เช่น เยอรมนี อังกฤษ สหรัฐอเมริกา (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560)

2.3.1.4 ข้อสังเกตเกี่ยวกับการตลาดจิ้งหรีด

การตลาดจิ้งหรีดนั้นโดยเฉพาะตลาดระหว่างผู้เลี้ยงและผู้บริโภคในท้องถิ่น และตลาดขายฝากถ้ามีการส่งเสริมแนะนำมากขึ้น เน้นการบริโภคที่เหมาะสม และมีความหลากหลาย ตลาดทั้งสองนี้จะเป็นแหล่งรองรับและตอบสนองผู้เลี้ยงจิ้งหรีดได้มาก และจะเป็นตลาดที่ยั่งยืน (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560)

2.3.1.5 การจำหน่ายจิ้งหรีด

การตลาดจิ้งหรีดจะมีวิธีการจำหน่ายหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ซื้อว่าต้องการแบบไหน โดยปกติจะมีการจำหน่ายในลักษณะ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผัสด), 2560) ดังนี้

2.3.1.5.1 นับจำนวนตัวขาย ขายร้อยละประมาณ 30-40 บาท

2.3.1.5.2 ชั่งน้ำหนักขาย ขายกิโลกรัมละประมาณ 100-150 บาท

2.3.1.5.3 จำหน่ายเป็นพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ 1 ชุด ราคา 10 บาท ตัวผู้ 1 ตัว และตัวเมีย 3 ตัว

2.3.1.5.4 จำหน่ายไข่จิ้งหรีด ชิ้นละ 100 บาท

2.3.1.5.5 จำหน่ายจิ้งหรีดแปรรูป กิโลกรัมละ 1,000 บาท (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2559)

2.3.2 การใช้ประโยชน์จากจิ้งหรีด

จิ้งหรีดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายลักษณะดังนี้

2.3.2.1 จิ้งหรีดนำมาแปรรูปเป็นอาหารสำหรับบริโภค

มีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีน และวิตามิน จากข้อมูลทางโภชนาการระบุว่า จิ้งหรีดมีคุณค่าทางอาหารสูงสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากแหล่งอื่นได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่น เช่น เนื้อวัวสด 100 กรัม มีโปรตีน 19-26 กรัม และเนื้อปลาสด 100 กรัม มีโปรตีน 18-28 กรัม ในหน่วยวัดเดียวกันพบว่า จิ้งหรีดสด 100 กรัม มีโปรตีน 8-25 กรัม (อังคณา, 2556) ซึ่งใกล้เคียงกับแหล่งโปรตีนจากเนื้อวัวสดและเนื้อปลาสด นอกจากนี้แมลงยังเป็นแหล่งของกรดไขมัน ธาตุอาหารรอง รวมทั้งแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ โดยเฉพาะโพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด (นิรนาม 1, 2557) ดังนั้นจิ้งหรีดจึงเหมาะสำหรับนำมาแปรรูปเป็นอาหารสำหรับบริโภคในครัวเรือน และจำหน่ายให้กับประชาชนในการรับประทาน ทั้งนี้ก่อนจับจิ้งหรีดมาบริโภคต้องงดให้อาหารเสริมแก่จิ้งหรีดอย่างน้อย 2-3 วัน ให้เฉพาะหญ้าสดและน้ำ เพื่อไม่ให้จิ้งหรีดมีกลิ่นของอาหารเสริมและควรจับจิ้งหรีดเมื่อมีอายุได้ 45 วัน ขึ้นไป วัยนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมเพราะจะได้น้ำหนักดี การแปรรูปจิ้งหรีดเพื่อเป็นอาหารรับประทานมีหลายวิธี เช่น การชุบแป้งทอด ทำลาบจิ้งหรีด ยำจิ้งหรีด เป็นต้น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ่ง), 2560)

2.3.2.2 การใช้จิ้งหรีดเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์

โดยการใช้จิ้งหรีดทั้งวัยอ่อนและวัยตัวเต็มวัยนำไปเป็นอาหารสัตว์โดยตรงก็ได้ เช่น อาหารไก่ นก ปลาสวยงาม ปลาทูน่ากระป๋อง และสัตว์อื่นๆ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ่ง), 2560)

2.3.2.3 การใช้จิ้งหรีดเพื่อการศึกษา

ปัจจุบันมีความนิยมในการตกปลามาก การนำจิ้งหรีดมาเป็นเหยื่อตกปลาหรือกักจิ้งหรีด (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ่ง), 2560)

2.3.2.4. การใช้จิ้งหรีดเพื่อความเพลิดเพลิน

โดยการเลี้ยงศึกษาวงจรชีวิตและนิเวศวิทยาของจิ้งหรีด หรือการฟังเสียงร้องของจิ้งหรีด เป็นต้น (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ่ง), 2560)

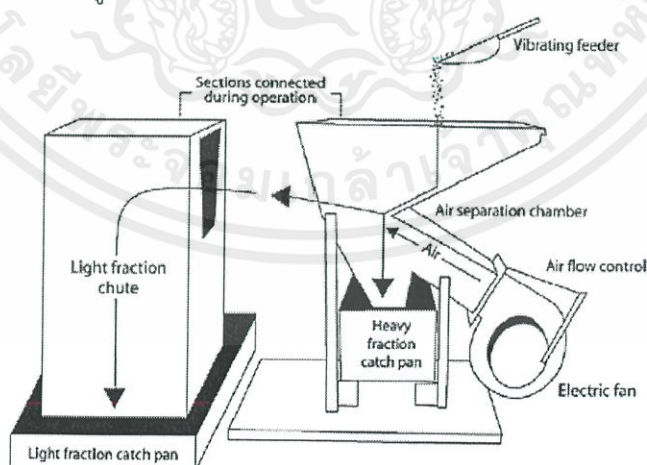
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 เครื่องคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่งหลังจากการกลั่นเอาเอทานอล

ในเมล็ดกลั่นแแห่งมีส่วนประกอบของสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใยอาหาร น้ำมัน และ ชี้เถ้า เมล็ดกลั่นแแห่งที่หนักจะมีโปรตีน น้ำมัน และชี้เถ้ามาก ส่วนเมล็ดกลั่นแแห่งที่เบาจะมีคาร์โบไฮเดรตมาก ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้สามารถนำมาทำประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเมล็ดกลั่นแแห่งได้ เช่น การนำเมล็ดกลั่นแแห่งที่มีเส้นใยอาหารมากไปดัดเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง การนำโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดกลั่นแแห่งไปเป็นอาหารเลี้ยงปลา และการนำเมล็ดกลั่นแแห่งไปเป็นส่วนผสมของอาหาร ดังนั้นการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่งโดยเครื่องคัดแยก เพื่อเพิ่มมูลค่าของเมล็ดกลั่นแแห่งและเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดอีกด้วย (Liu, 2009)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษากระบวนการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่งด้วยตะแกรงและการเป่าลม ซึ่งแบ่งขอบเขตการทดลองเป็น 3 แบบ ได้แก่ การใช้ตะแกรง การใช้การเป่าลม และการใช้ทั้งตะแกรงและการเป่าลม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่ง และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Liu, 2009)

วิธีการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่ง การใช้ตะแกรงในการคัดแยก จะต้องเลือกขนาดรูตะแกรงที่เหมาะสมตามมาตรฐานของ ASAE มา 3 ขนาด เพื่อทำการทดลองแยกเมล็ดกลั่นแแห่ง ส่วนการใช้การเป่าลม การป้อนจะใช้การสั่นสะเทือนให้เมล็ดกลั่นแแห่งลงมายังถึงรับวัตถุดิบ โดยเมล็ดกลั่นแแห่งที่หนักจะตกลงมายังภาชนะรองรับด้านล่าง ส่วนเมล็ดกลั่นแแห่งที่เบาจะมีลมจาก blower พาไปยังภาชนะรองรับด้านข้าง ซึ่งในการทดลองจะทำการปรับความเร็วลม เพื่อหาค่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่ง และการใช้ทั้งตะแกรงและการเป่าลม จะใช้การคัดแยกแบบตะแกรงก่อนการเป่าลม หรือการเป่าลมก่อนการคัดแยกแบบตะแกรงก็ได้ ในการทดลองทั้งหมดจะมีการวิเคราะห์ผลทางเคมี เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่ง (Liu, 2009)



รูปที่ 2.14 เครื่องคัดแยกเมล็ดกลั่นแแห่งโดยการเป่าลม

ที่มา : (Liu, 2009)

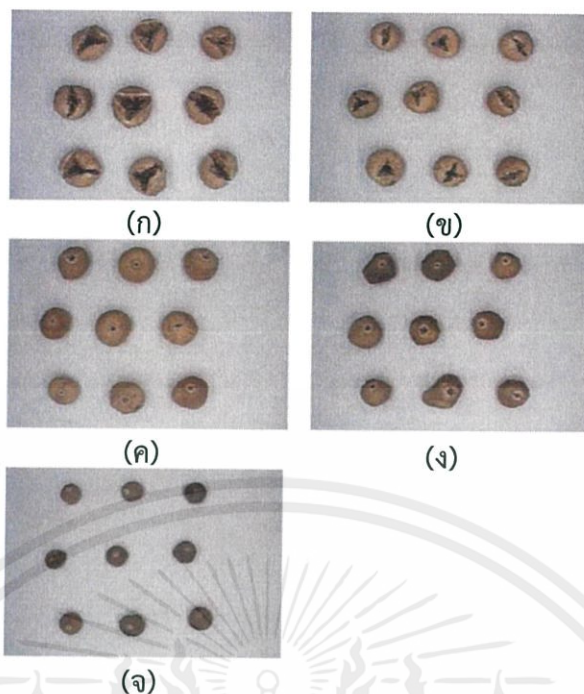
ผลการศึกษาการคัดแยกระหว่างเมล็ดกลั่นแห้งที่หนักจะมีโปรตีน น้ำมัน และซีเลี่ยมมาก กับเมล็ดกลั่นแห้งที่เบาจะมีคาร์โบไฮเดรตมาก ซึ่งในการทดลอง การใช้ตะแกรงจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้ทั้งตะแกรงและการเป่าลม ส่วนการใช้การเป่าลมจะไม่มีประสิทธิภาพในการคัดแยกเมล็ดกลั่นแห้ง และการใช้ทั้งตะแกรงและการเป่าลมจะมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งการคัดแยกแบบตะแกรงก่อนการเป่าลมจะมีประสิทธิภาพเหมือนกับการเป่าลมก่อนการคัดแยกแบบตะแกรง แต่ในการเลือกเครื่องคัดแยกควรเลือกวิธีการที่ใช้เวลาน้อย และมีประสิทธิภาพมาก เพื่อให้มีความผิดพลาดในขอบเขตที่ยอมรับได้ หรือโดยการวิเคราะห์ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้เครื่องคัดแยกเมล็ดกลั่นแห้ง ได้แก่ การใช้ทั้งตะแกรงและการเป่าลม (Liu, 2009)

2.4.2 เครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง

มะเดื่อแห้งมีส่วนประกอบของวิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน ไม่มีไขมันและคอเลสเตอรอล และมีฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และแอนโทไซอะนิน ที่เป็นส่วนสำคัญในร่างการ จึงเป็นที่นิยมรับประทาน และเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก ดังนั้นการนำเครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้งมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อลดเวลาการผลิต ลดปริมาณการเกิดของเสียให้น้อยลง เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดขนาดมะเดื่อแห้ง และเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบันอีกด้วย (Baigvand et al., 2015)

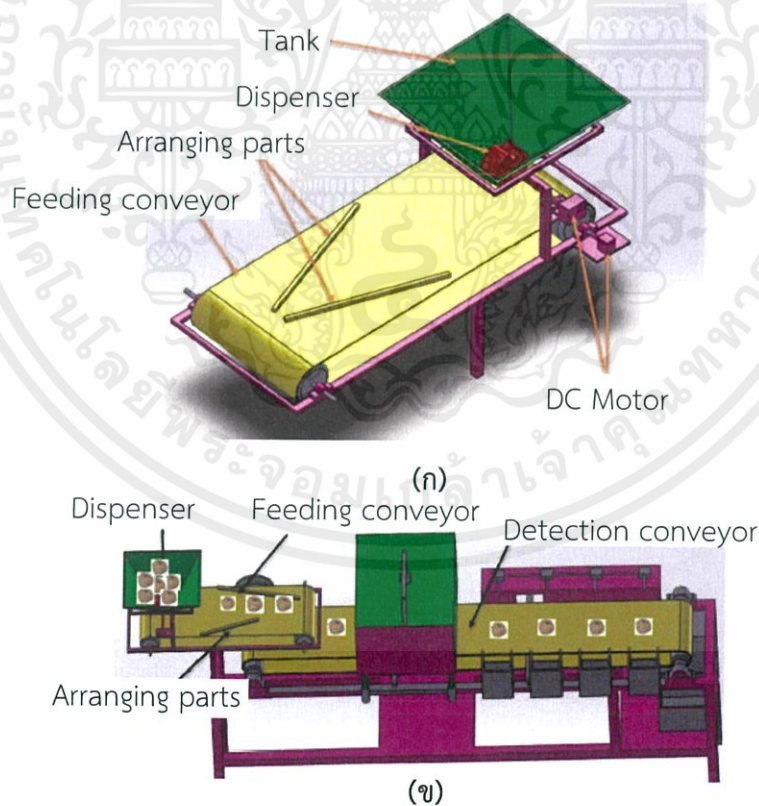
ในบทความนี้ เป็นการศึกษาค่าตัวแปรของมะเดื่อแห้งแต่ละประเภท โดยศึกษาขนาด สี และการแตกผลให้เห็นเนื้อภายใน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรในมะเดื่อแต่ละประเภท และเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นค่ามาตรฐานในการคัดขนาดมะเดื่อแห้ง (Baigvand et al., 2015)

วิธีการคัดขนาดมะเดื่อแห้ง ใส่มะเดื่อแห้งลงในถังป้อนวัตถุดิบ โดยถังป้อนวัตถุดิบจะปล่อยมะเดื่อที่ละลูกลงตรงกลางสายพาน มะเดื่อจะถูกส่งเข้าเครื่องวัดค่าขนาด ค่าสี และค่าการแตกผลให้เห็นเนื้อภายใน เครื่องตรวจวัดจะทำการถ่ายภาพ แบ่งสัดส่วนของพื้นที่มะเดื่อแห้งเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ระบบตั้งไว้ เมื่อระบบวิเคราะห์ค่าขนาด ค่าสี และค่าการแตกผลให้เห็นเนื้อภายใน ระบบจะสั่งการไปยังหัวจ่ายลมให้เป่ามะเดื่อแห้งลงขนาดต่างๆ โดยจะแบ่งเป็น 5 ประเภท ตามค่ามาตรฐานของขนาด สี และการแตกผลให้เห็นเนื้อภายใน (Baigvand et al., 2015)



รูปที่ 2.15 ลักษณะทางกายภาพของมะเดื่อแห้ง

(ก) ประเภทที่ 1 (ข) ประเภทที่ 2 (ค) ประเภทที่ 3 (ง) ประเภทที่ 4 (จ) ประเภทที่ 5
ที่มา : (Baigvand et al., 2015)



รูปที่ 2.16 เครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง

(ก) การส่งมะเดื่อแห้งเข้าระบบการคัดขนาด (ข) ระบบการทำงานของเครื่องคัดขนาดมะเดื่อแห้ง

ที่มา : (Baigvand et al., 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

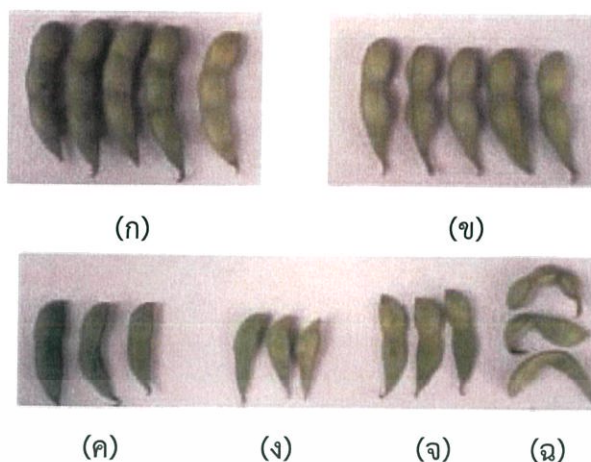
ผลการศึกษาค่าตัวแปรของมะเดื่อแห้ง สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท โดยการวัดขนาดจะแบ่งเป็นขนาดใหญ่ ปานกลาง และเล็ก ซึ่งประเภทที่ 1 และ 2 จัดอยู่ในกลุ่มขนาดใหญ่ ประเภทที่ 3 และ 4 จัดอยู่ในกลุ่มขนาดกลาง และประเภทที่ 5 จัดอยู่ในกลุ่มขนาดเล็ก ส่วนการวัดสีจะแบ่งเป็นสว่าง กึ่งสว่าง และมืด ซึ่งประเภทที่ 1 และ 2 จัดอยู่ในกลุ่มสว่าง ประเภทที่ 3 จัดอยู่ในกลุ่มกึ่งสว่าง และประเภทที่ 4 และ 5 จัดอยู่ในกลุ่มมืด และส่วนการวัดการแตกผลให้เห็นเนื้อภายในจะแบ่งเป็นช่องเปิดมาก ช่องเปิดน้อย และไม่มีช่องเปิด ซึ่งประเภทที่ 1 จัดอยู่ในกลุ่มช่องเปิดมาก ประเภทที่ 2 จัดอยู่ในกลุ่มช่องเปิดน้อย และประเภทที่ 3, 4 และ 5 จัดอยู่ในกลุ่มไม่มีช่องเปิด ดังนั้น จึงสามารถแยกประเภทมะเดื่อแห้งตามความแตกต่างของขนาด สี และการแตกผลให้เห็นเนื้อภายใน โดยเครื่องคัดขนาด เพื่อลดเวลาการผลิต ลดแรงงานคน ลดต้นทุนในการคัด และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งความผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ หรือโดยการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องแม่นยำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Baigvand et al., 2015)

2.4.3 การออกแบบการคัดขนาดของถั่วแระญี่ปุ่น

ถั่วแระญี่ปุ่นมีส่วนประกอบของโปรตีน โยอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ และไอโซฟลาโวน ซึ่งไอโซฟลาโวนสามารถป้องกันมะเร็ง โรคหลอดเลือด ภาวะกระดูกพรุน และเสริมสร้างระบบการรับรู้ จึงเป็นที่นิยมรับประทานในกลุ่มผู้บริโภคอย่างมาก ดังนั้นการนำการออกแบบการคัดขนาดของถั่วแระญี่ปุ่นมาประยุกต์ใช้ เพื่อลดเวลาการผลิต ลดปริมาณการเกิดของเสียให้น้อยลง ลดการใช้แรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดขนาดถั่วแระญี่ปุ่นให้ตรงตามมาตรฐานการผลิตมากขึ้น (Sirisomboon et al., 2006)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษาความแตกต่างลักษณะทางกายภาพของถั่วแระญี่ปุ่น โดยศึกษาความกว้าง ความยาว ความหนา น้ำหนัก พื้นที่ภาพฉาย ความหนาแน่น ความหนาแน่นรวม และความแน่นเนื้อ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของถั่วแระแต่ละประเภท และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาออกแบบการคัดขนาดของถั่วแระญี่ปุ่น (Sirisomboon et al., 2006)

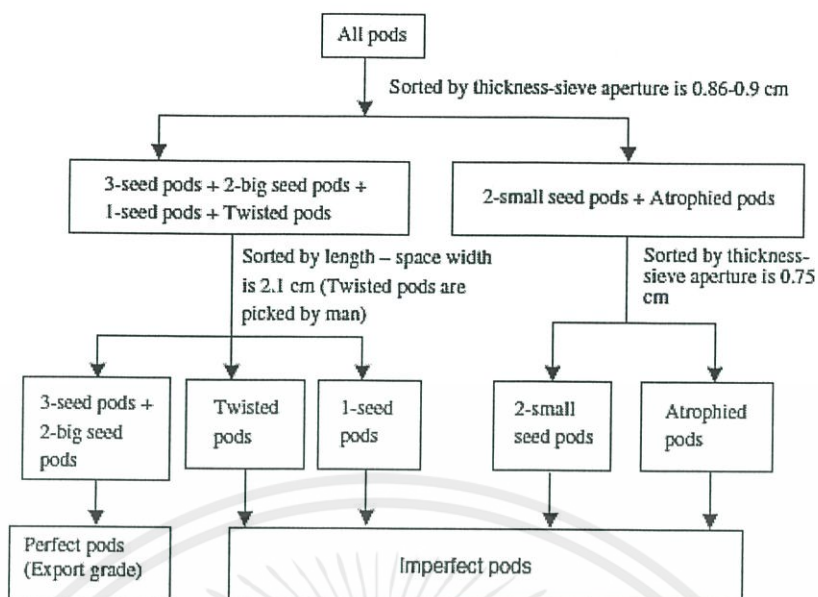
การศึกษาค่าความแตกต่างลักษณะทางกายภาพของถั่วแระญี่ปุ่น จะแบ่งกลุ่มของถั่วแระเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่สมบูรณ์ กับกลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งกลุ่มถั่วแระที่สมบูรณ์ประกอบด้วย ถั่วแระที่มี 3 เมล็ด และถั่วแระที่มี 2 เมล็ด ส่วนกลุ่มถั่วแระที่ไม่สมบูรณ์ประกอบด้วย ถั่วแระที่มี 1 เมล็ด ถั่วแระแกร็น ถั่วแระที่มีความผิดปกติ และถั่วแระที่มีตำหนิ โดยจะนำเอากลุ่มถั่วแระที่สมบูรณ์ และกลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่ไม่สมบูรณ์มาทำการวัดค่าความกว้าง ความยาว ความหนา น้ำหนัก พื้นที่ภาพฉาย ความหนาแน่น ความหนาแน่นรวม และความแน่นเนื้อ แล้วจึงวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเลือกค่าตัวแปรที่มีความแตกต่างมาออกแบบการคัดขนาดของถั่วแระญี่ปุ่น (Sirisomboon et al., 2006)



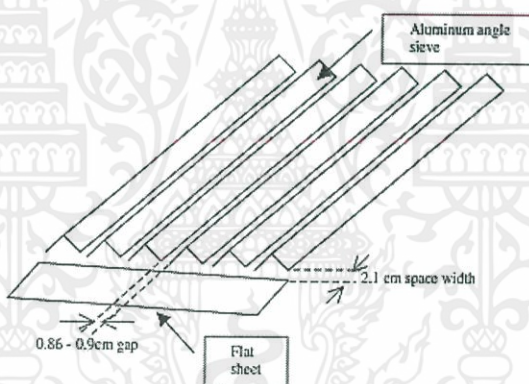
รูปที่ 2.17 ลักษณะทางกายภาพ (ก) ถั่วแระที่มี 3 เมล็ด (ข) ถั่วแระที่มี 2 เมล็ด (ค) ถั่วแระเมล็ดเล็ก
ที่มี 2 เมล็ด (ง) ถั่วแระที่มี 1 เมล็ด (จ) ถั่วแระที่มีความผิดปกติ (ฉ) ถั่วแระแกร็น

ที่มา : (Sirisomboon et al., 2006)

ผลการศึกษาความแตกต่างลักษณะทางกายภาพของถั่วแระญี่ปุ่น กลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่สมบูรณ์จะมีค่าความยาว น้ำหนัก พื้นที่ภาพฉาย และค่าความแน่นเนื้อที่มากกว่ากลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนถั่วแระที่มี 2 เมล็ดจะมีค่าความหนาแน่นรวม ความแน่นเนื้อ และความหนามากกว่าถั่วแระที่มี 3 เมล็ดเล็กน้อย ในการออกแบบการคัดขนาดของถั่วแระญี่ปุ่นจึงเลือกเอาความหนาและความยาวมาประยุกต์ใช้ เริ่มจากการนำเอาความหนาออกมาออกแบบระยะห่างของตะแกรงเพื่อแบ่งกลุ่มของถั่วแระที่มี 3 เมล็ด ถั่วแระที่มี 2 เมล็ด ถั่วแระที่มี 1 เมล็ด และถั่วแระที่มีตำหนิ กับกลุ่มของถั่วแระเมล็ดเล็กที่มี 2 เมล็ด และถั่วแระแกร็น จากนั้นนำความยาวออกมาออกแบบระยะห่างที่ปลายตะแกรง เพื่อแบ่งกลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่สมบูรณ์ กับกลุ่มถั่วแระญี่ปุ่นที่ไม่สมบูรณ์ เป็นการลดเวลาการผลิต ลดปริมาณการเกิดของเสียให้น้อยลง ลดการใช้แรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดขนาดถั่วแระญี่ปุ่นให้ตรงตามมาตรฐานการผลิตมากขึ้น



รูปที่ 2.18 การออกแบบกระบวนการคัดถั่วแระญี่ปุ่น
ที่มา : (Sirisomboon et al., 2006)



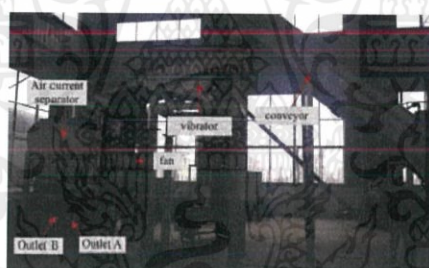
รูปที่ 2.19 กระบวนการคัดขนาดถั่วแระญี่ปุ่น
ที่มา : (Sirisomboon et al., 2006)

2.4.4 เครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

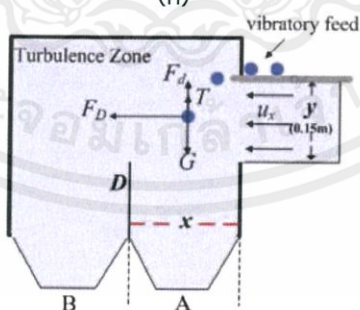
ปัจจุบันขยะที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก คือ ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศจีนมีขยะอิเล็กทรอนิกส์ประมาณ 170,000 ตันต่อปี ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนที่ย้ายอยู่ในพื้นที่ที่มีขยะอิเล็กทรอนิกส์มาก จึงมีการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยการคัดแยกขยะตามส่วนประกอบ ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยดีบุกและไทเทเนียม ดังนั้นจึงนำเอาเครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยในการแก้ไขปัญหา เพื่อลดมลภาวะที่จะทำอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม และเพื่อลดปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Ruan et al., 2016)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษาตำแหน่งในการคัดแยกระหว่างขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลัก กับขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก และศึกษาความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำองค์ประกอบของตำแหน่งในการคัดแยกและความเร็วลมที่เหมาะสมมาออกแบบเครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Ruan et al., 2016)

วิธีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลัก กับกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลักประกอบด้วย ไดโอด และไทรโอด ส่วนกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลักประกอบด้วย ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ การทำงานของระบบคัดแยก ระบบจะป้อนขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการสั่นสะเทือนเข้ามายังเครื่องคัดแยก กลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลักจะตกลงมายังภาชนะรองรับ A ส่วนกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลักจะมีลมจาก blower พายับยังภาชนะรองรับ B ซึ่งในการทดลองจะทำการปรับความเร็วลม เพื่อหาค่าความเร็วลม และหาค่าตำแหน่งในการคัดแยกที่เหมาะสม ในการทดลองจะมีการวิเคราะห์ผลด้วยการนำกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก และกลุ่มขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลักมาตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้เครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพในการคัดแยกตรงตามเกณฑ์มากที่สุด (Ruan et al., 2016)



(ก)



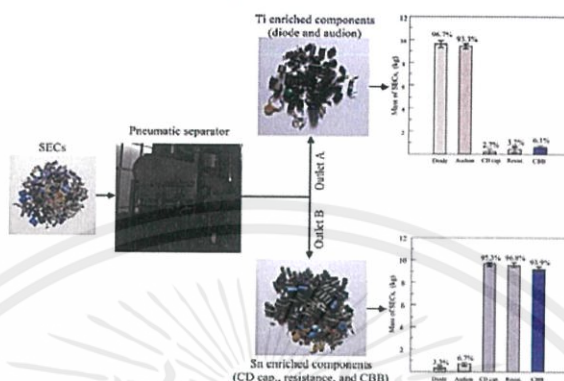
(ข)

รูปที่ 2.20 เครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

(ก) กระบวนการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (ข) ภายในเครื่องคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา : (Ruan et al., 2016)

ผลการศึกษาดำเนินการคัดแยกระหว่างขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบหลัก กับขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไทเทเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก และศึกษาความเร็วลมที่ใช้ในการคัดแยก ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ค่ามาตรฐานจากการทดลองที่สามารถใช้คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ คือ ค่าความเร็วลม 6.498 เมตรต่อวินาที และค่าตำแหน่งที่ตำแหน่งแผ่นกลั่น D ที่ระยะ 0.865 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการคัดแยกมากที่สุด (Ruan et al., 2016)



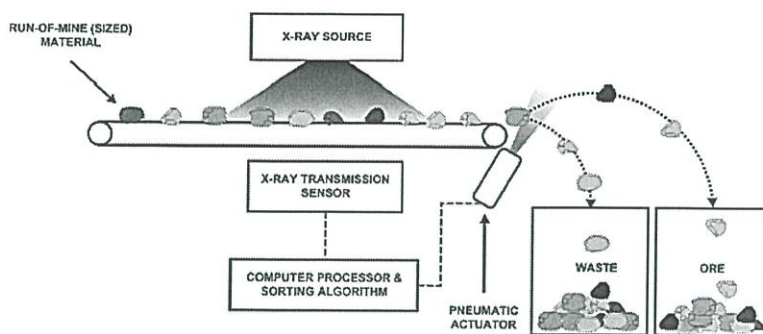
รูปที่ 2.21 ผลการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์
ที่มา : (Ruan et al., 2016)

2.4.5 เครื่องคัดแยกแร่

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเหมืองแร่มีการใช้พลังงานมากในการแยกหินที่มีแร่และหินที่ไม่มีแร่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ทั้งต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก และการคัดแยกไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงนำเครื่องคัดแยกแร่เข้ามาในกระบวนการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยก และลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย (Lessard et al., 2015)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษากระบวนการนำเครื่องคัดแยกแร่มาใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนในการผลิต โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ หินที่มีแร่ และหินที่ไม่มีแร่ (Lessard et al., 2015)

วิธีการคัดแยกแร่ หินที่มีแร่และหินที่ไม่มีแร่จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน โดยจะผ่านเครื่องเอกซเรย์เพื่อตรวจจับความเป็นโลหะ เครื่องเอกซเรย์จะส่งข้อมูลไปยังระบบประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ได้ผลเป็นหินที่มีแร่ ระบบสั่งการจะส่งไปยังหัวจ่ายลมให้เป่าหินที่มีแร่ไปลงภาชนะรองรับ ส่วนหินที่ไม่มีแร่ที่ไม่มีลมเป่าจะตกลงมาอย่างอิสระด้วยแรงโน้มถ่วงลงในภาชนะรองรับอีกอัน (Lessard et al., 2015)



รูปที่ 2.22 กระบวนการคัดแยกแร่

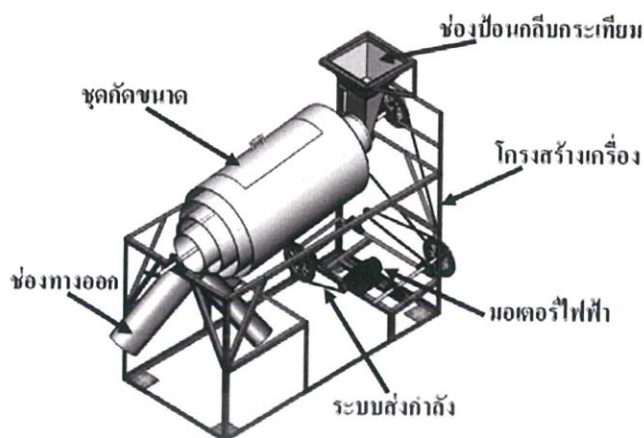
ที่มา : (Lessard et al., 2015)

ผลการศึกษากระบวนการนำเครื่องคัดแยกแร่มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งในการนำเครื่องคัดแยกเข้ามาจะต้องมีการลงทุนมาก เนื่องจากจะต้องมีเครื่องจักรและอุปกรณ์เพิ่มเติมที่ใช้ควบคู่กับการคัดแยกหินที่มีแร่และหินที่ไม่มีแร่ การที่จะคุ้มทุนจึงต้องใช้เวลา 20 เดือน หลังจากการคุ้มทุนจะได้กำไรเพิ่มขึ้น 4.5 ล้านดอลลาร์ต่อปี ซึ่งการคัดแยกแบบใหม่เมื่อเทียบกับการคัดแยกแบบเดิมสามารถประหยัดเวลาในการคัดแยก ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยก และการเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดอีกด้วย (Lessard et al., 2015)

2.4.6 เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมหรือหอมใหญ่

การคัดขนาดกลีบกระเทียมหรือหอมใหญ่เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรอย่างหนึ่ง เนื่องจากทำให้ง่ายแก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อได้ตามขนาดที่ต้องการ เพิ่มความสามารถในการทำงานและลดระยะเวลาในการคัดขนาด เครื่องคัดหอมและกระเทียมมักมีส่วนประกอบไม่ต่างกันมาก ได้แก่ โครงสร้าง ชุดคัดขนาด ช่องป้อนวัตถุดิบ ระบบส่งกำลัง และมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลัง จะแตกต่างกันตรงชุดคัดขนาดที่ออกแบบต่างกันไปตามความเหมาะสม (จตุรงค์ และคณะ, 2556)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดกระเทียมโดยสามารถคัดได้ 3 ขนาด โดยมีหลักการทำงานดังนี้ ป้อนกลีบกระเทียมในถังป้อนทางด้านบนของเครื่อง จากนั้นกลีบกระเทียมจะไหลไปยังชุดคัดขนาดชั้นในสุดซึ่งมีลักษณะเป็นตะแกรงทรงกระบอกซ้อนกันหมุนด้วยมอเตอร์ กระเทียมที่มีขนาดเล็กจะลอดผ่านรูตะแกรงออกมาจนถึงชั้นนอกสุดซึ่งได้กลีบกระเทียมที่มีขนาดเล็กที่สุด และไหลไปยังด้านหน้าของตัวเครื่อง (จตุรงค์ และคณะ, 2556)



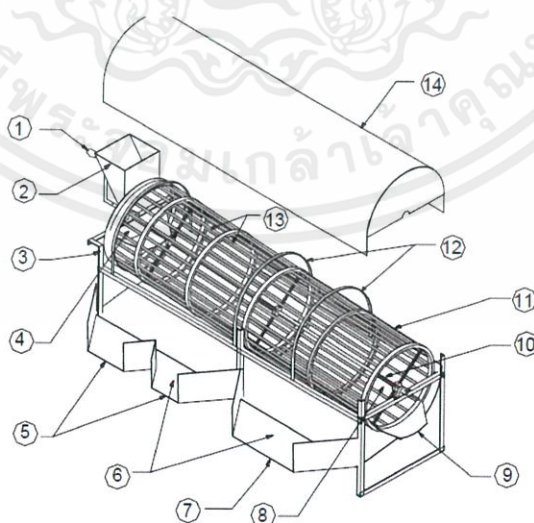
รูปที่ 2.23 เครื่องคัดขนาดเกล็ดกระเทียม

ที่มา : (จตุรงค์ และคณะ, 2556)

ผลการทดสอบเครื่องพบว่าความเร็วที่เหมาะสมในการคัดขนาดคือ 20 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด 90.8% มีกำลังการผลิตที่ 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (จตุรงค์ และคณะ, 2556)

ในบทความนี้ เป็นการได้ศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดหอมให้สามารถคัดได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4 เซนติเมตร) ขนาดกลาง (4 – 6 เซนติเมตร) และขนาดใหญ่ (มากกว่า 6 เซนติเมตร) (Gunathilake et al., 2015)

หลักการทำงานของเครื่องเป็นการคัดขนาดทางกล โดยมีมอเตอร์ต่อกับตะแกรงทรงกระบอกซึ่งทำจาก PVC นำมาเรียงต่อกัน ให้ช่องระหว่างท่อ PVC นั้นค่อยๆ ห่างออก ทำให้ช่วงแรกได้หอมขนาดเล็ก (หมายเลข 5) ช่วงที่สองได้หอมขนาดกลาง (หมายเลข 7) และที่ปลายทรงกระบอกได้หอมขนาดใหญ่ (หมายเลข 9) (Gunathilake et al., 2015)



รูปที่ 2.24 แบบเครื่องคัดขนาดหอม

ที่มา : (Gunathilake et al., 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นได้ทดสอบเครื่องเพื่อให้เครื่องคัดขนาดหอมมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์และความเอียงของตะแกรงทรงกระบอก พบว่าที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 15 รอบต่อนาที และความเอียงของตะแกรงทรงกระบอก 3 องศา ทำให้การคัดขนาดหอมใหญ่มีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่สุดซึ่งแบ่งตามขนาดดังนี้ ขนาดเล็ก 84.47% ขนาดกลาง 93.46% และขนาดใหญ่ 90.14% ภายใต้กำลังการคัดขนาดที่ 630 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Gunathilake et al., 2015)

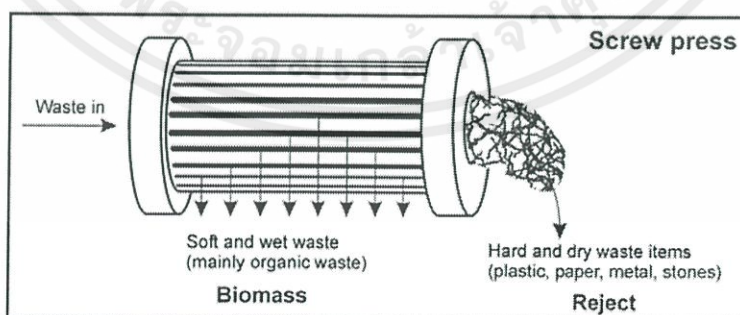
2.4.7 การคัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากสารอินทรีย์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์หรือโรงงานอุตสาหกรรม ขยะ และของเหลือใช้ทางการเกษตร มาผ่านกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ขั้นตอนการผลิตก๊าซเริ่มจากการสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง ต่อมาจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก สุดท้ายกรดเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วจะถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ รวมกันเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน, 2559)

ในบทความนี้ เป็นการศึกษาการแยกสิ่งปนเปื้อนที่มากับขยะอินทรีย์ (Organic waste) เช่น พลาสติก โลหะ และสิ่งสกปรก ก่อนที่จะนำไปหมักและผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป เนื่องจากสิ่งเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการปรับสภาพ (pre-treatment) โดยนำตัวอย่างมาจาก 5 เมืองในประเทศเดนมาร์ก โดยผลที่ได้จากการคัดแยกคือ ขยะอินทรีย์ที่ต้องการ และสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ต้องการ (Hansen et al., 2006)

2.4.7.1 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Screw press

หลักการทำงาน คือ ขยะอินทรีย์ทั้งแล้วจะถูกกดลงในท่อทรงกระบอก ซึ่งมีช่องเล็กๆตามแนวยาว ตลอดทั้งท่อทรงกระบอกอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สารอินทรีย์ที่มีลักษณะอ่อนสามารถลอดออกมาตามช่องได้ และสิ่งปนเปื้อน เช่น พลาสติก กระดาษ เศษไม้ กระดูกสัตว์ และโลหะจะออกมาที่ปลายท่อ (Hansen et al., 2006)

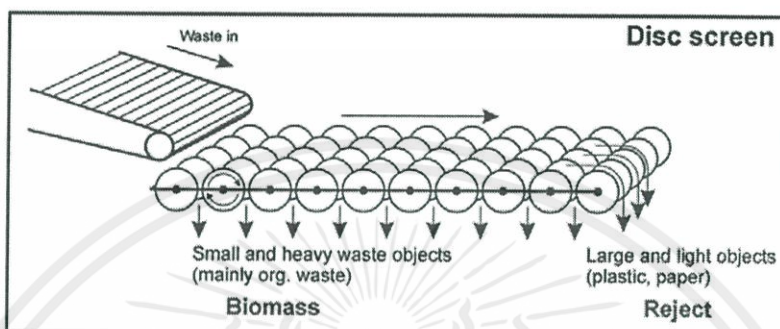


รูปที่ 2.25 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Screw press

ที่มา : (Hansen et al., 2006)

2.4.7.2 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Disc screen

เครื่องนี้จะแยกได้เป็น 2 ส่วน คือ วัตถุที่มีขนาดใหญ่แต่น้ำหนักเบา (พลาสติก และกระดาษ) และวัตถุที่มีขนาดเล็กแต่น้ำหนักมาก (สารอินทรีย์) โดยมีหลักการทำงานดังนี้ สารอินทรีย์เหลือทิ้งจะถูกส่งมากับสายพาน จากนั้นจะผ่านชั้นที่ประกอบด้วยจานกลมแผ่นเล็ก สามารถหมุนได้ วางตัวในแนวตั้ง เมื่อสารอินทรีย์เคลื่อนที่ลงมาถึงชั้นนี้จะทำให้วัตถุที่มีน้ำหนักแต่น้ำหนักเล็กตกไปยังด้านล่าง และวัตถุที่เหลือจะเคลื่อนไปจนสุดขอบของชั้นนี้ (Hansen et al., 2006)

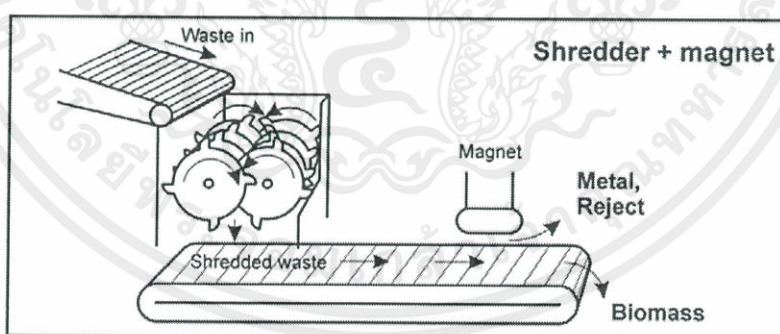


รูปที่ 2.26 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Disc screen

ที่มา : (Hansen et al., 2006)

2.4.7.3 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Shredder + magnet

การคัดแยกในเครื่องนี้สารอินทรีย์จะต้องไม่มีสิ่งปนเปื้อนอื่นที่ไม่ใช่โลหะ เช่น พลาสติก มีหลักการคัดแยก คือ สารอินทรีย์ที่มากับสายพานจะตกลงไปยังส่วนที่เป็นใบตัด ซึ่งหมุนเข้าหากันเพื่อย่อยให้สารอินทรีย์มีขนาดเล็กลง จากนั้นจะตกลงบนสายพานด้านล่างผ่านแม่เหล็กทำหน้าที่กำจัดโลหะออก (Hansen et al., 2006)



รูปที่ 2.27 เครื่องคัดแยกสารอินทรีย์แบบ Shredder + magnet

ที่มา : (Hansen et al., 2006)

เครื่องคัดแยกแต่ละแบบสำหรับใช้ในการปรับสภาพ (pre-treatment) มีประโยชน์ต่อการผลิตชีวมวล โดยเครื่องคัดแยกแบบ Screw press จะคัดแยกสิ่งปนเปื้อนชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่าแบบ Disc screen ได้ ส่วนแบบ Shredder + magnet สามารถแยกได้แค่วัตถุที่เป็นโลหะออกมาได้เท่านั้น (Hansen et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การศึกษาหาข้อมูลเพื่อการออกแบบเครื่องจักร

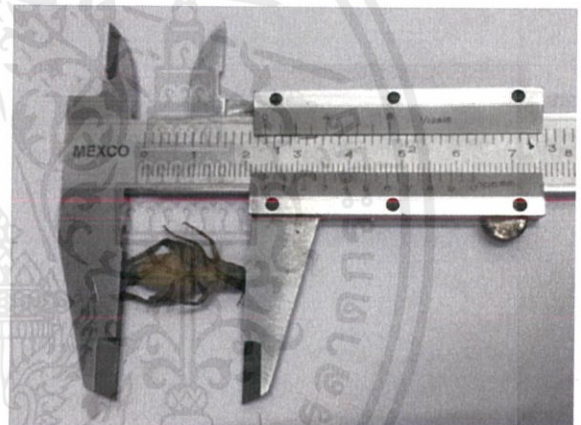
ลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีดขาวหรือแมลงสะตังถูกศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว น้ำหนัก ความหนาแน่นรวม ความชื้น ความเร็วสุดท้าย และแรงเสียดทานของจิ้งหรีดที่กระทำต่อพื้นผิววัสดุ โดยศึกษาจากจิ้งหรีดตัวมีไข่จำนวน 300 ตัว และตัวไม่มีไข่จำนวน 300 ตัว

3.1 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว

การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านที่กว้างที่สุดของลำตัวจิ้งหรีดดังรูปที่ 3.1 และ การวัดความยาวด้านที่ยาวที่สุดจากหัวถึงส่วนท้ายของจิ้งหรีดดังรูปที่ 3.2



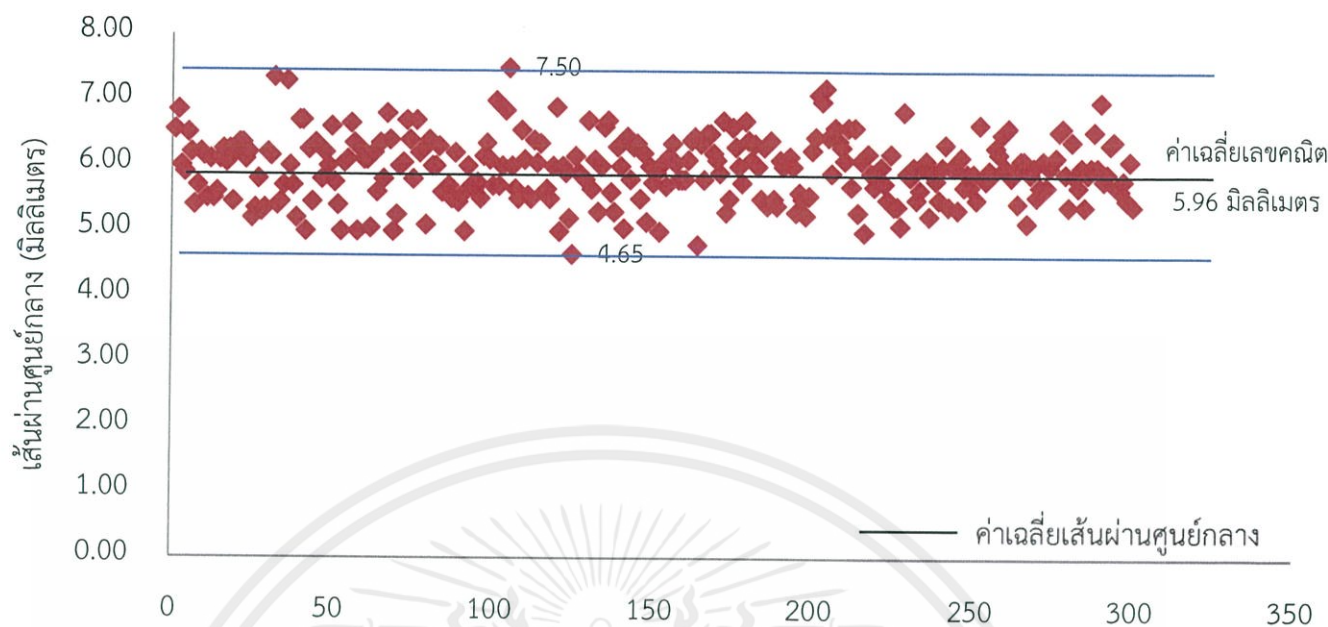
รูปที่ 3.1 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีด



รูปที่ 3.2 การวัดความยาวของจิ้งหรีด

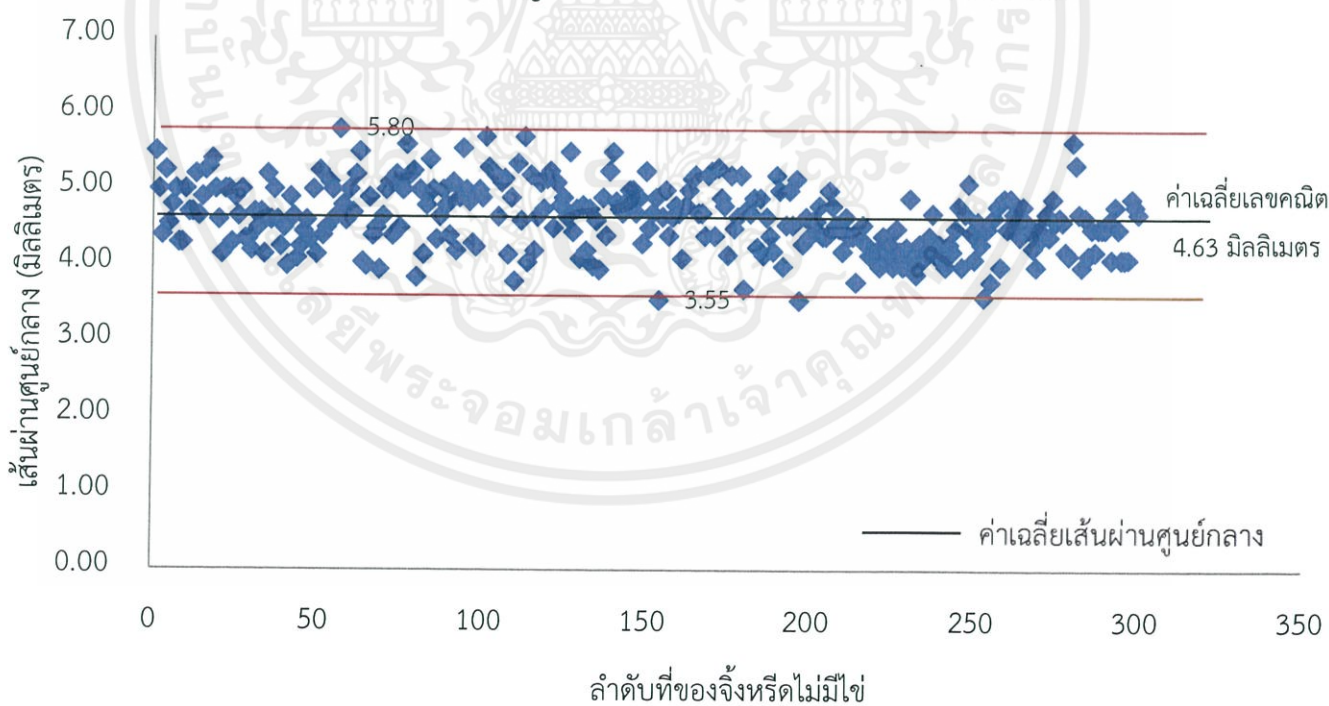
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยที่สุดของจิ้งหรีดมีไข่คือ 4.65 มิลลิเมตร และมากที่สุดคือ 7.50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3 จิ้งหรีดไม่มีไข่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยที่สุดคือ 3.55 มิลลิเมตร และมากที่สุดคือ 5.80 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4 และสามารถแสดงกราฟค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเปรียบเทียบระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่ (error bar คือ 95% confident interval) ดังรูปที่ 3.5

กราฟแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว



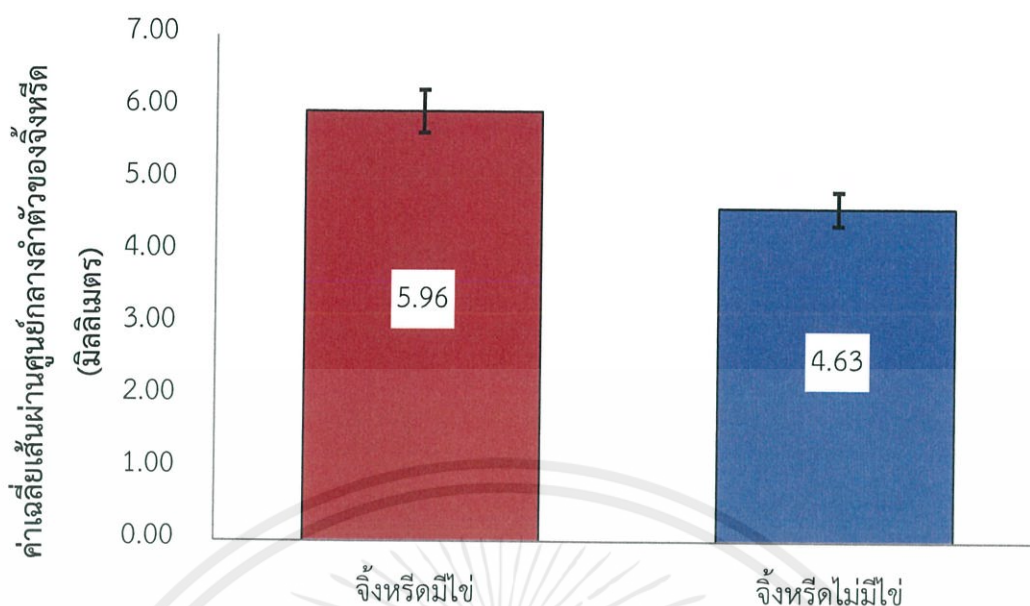
รูปที่ 3.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว

กราฟแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว



รูปที่ 3.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว

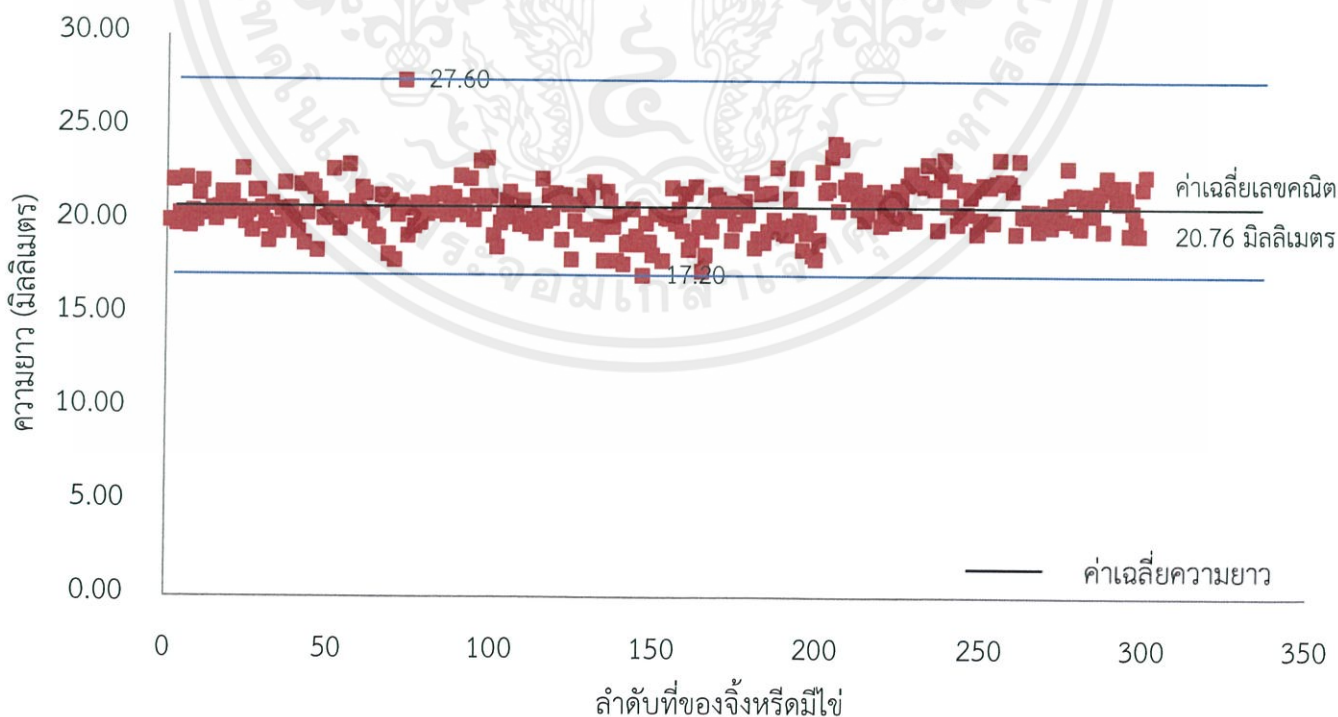
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่
(error bar คือ 95% confident interval)

ขนาดความยาวของจิ้งหรีดมีไข่มีความยาวมากที่สุดคือ 27.60 มิลลิเมตร และน้อยที่สุดคือ 17.20 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.6 และจิ้งหรีดไม่มีไข่มีความยาวมากที่สุดคือ 21.35 มิลลิเมตร และน้อยที่สุดคือ 11.70 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7 โดยค่าเฉลี่ยความยาวของจิ้งหรีดทั้งสองแสดงดังรูปที่ 3.8

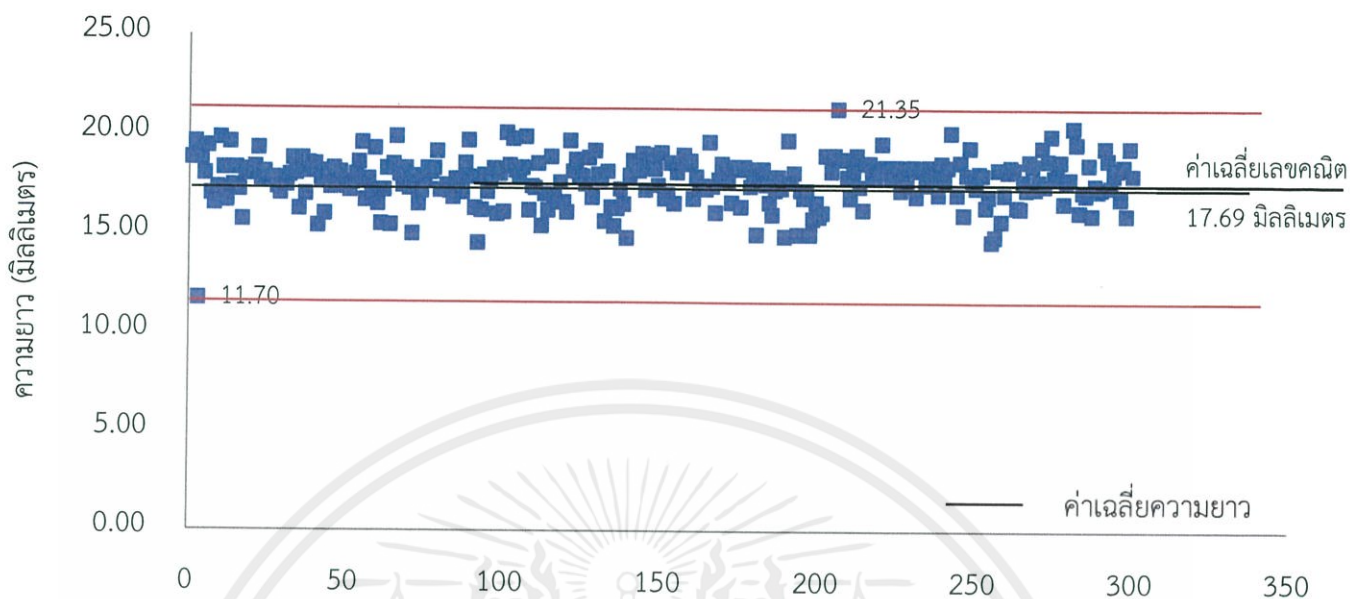
กราฟแสดงความยาวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว



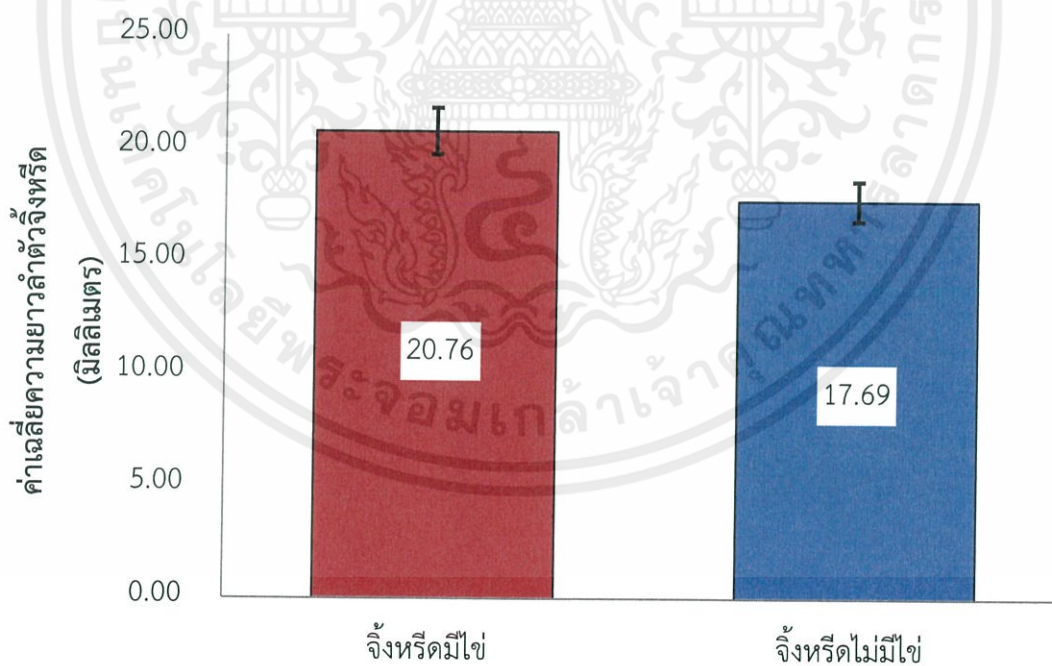
รูปที่ 3.6 ความยาวของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความยาวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว



รูปที่ 3.7 ความยาวของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว



รูปที่ 3.8 ค่าเฉลี่ยความยาวลำตัวระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่

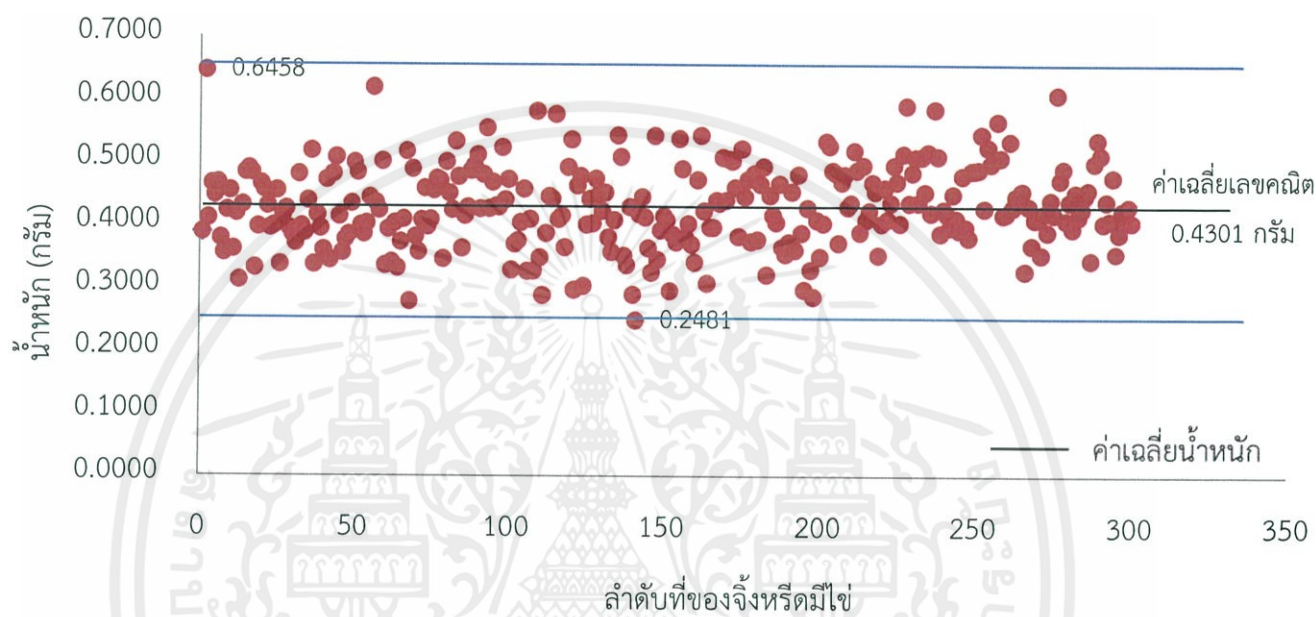
(error bar คือ 95% confident interval)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การชั่งน้ำหนัก

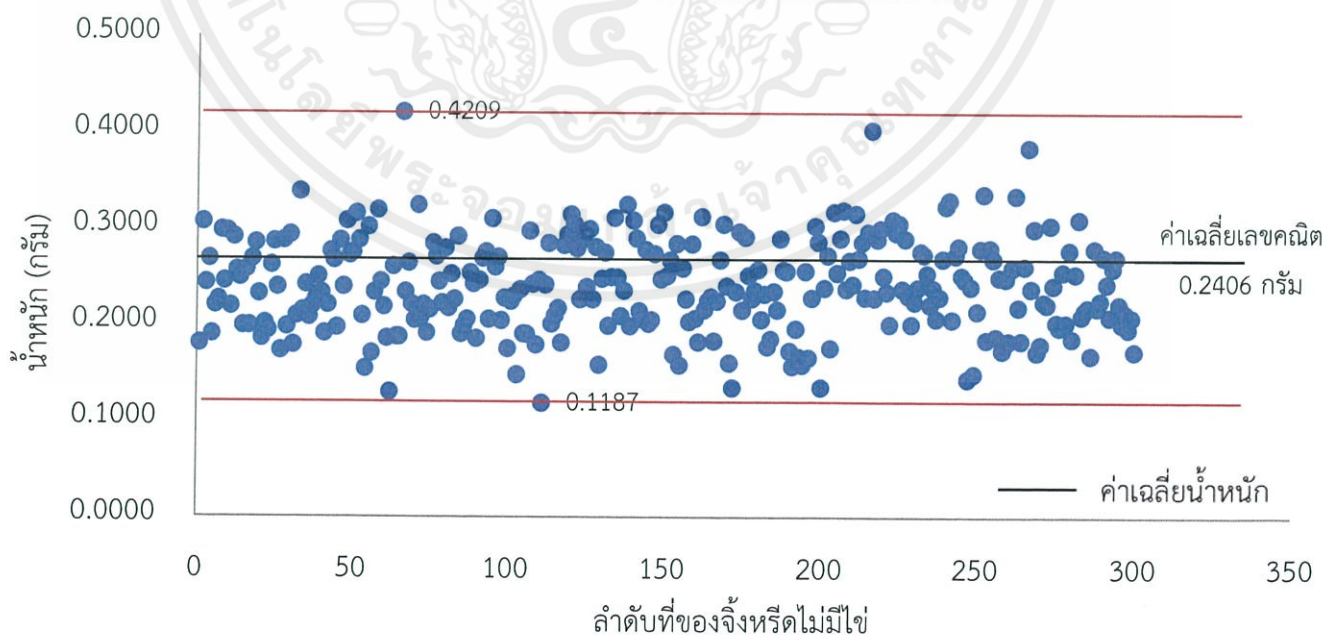
การชั่งน้ำหนักจะชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง เนื่องจากน้ำหนักของตัวจิ้งหรีดแต่ละตัวมีน้ำหนักเบาและต้องการความละเอียดในการชั่ง โดยจะทำการชั่งน้ำหนักจิ้งหรีดทีละตัวทั้งตัวมีไข่และตัวไม่มีไข่อย่างละ 300 ตัว ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 และกราฟแสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักของจิ้งหรีดรูปที่ 3.11

กราฟแสดงน้ำหนักของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว



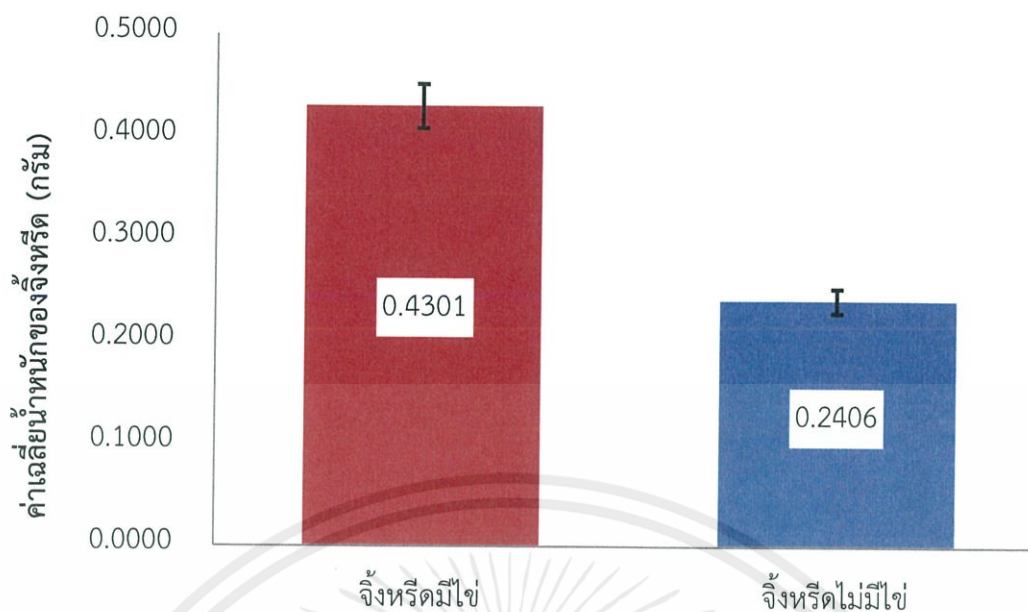
รูปที่ 3.9 น้ำหนักของจิ้งหรีดมีไข่ 300 ตัว

กราฟแสดงน้ำหนักของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว



รูปที่ 3.10 น้ำหนักของจิ้งหรีดไม่มีไข่ 300 ตัว

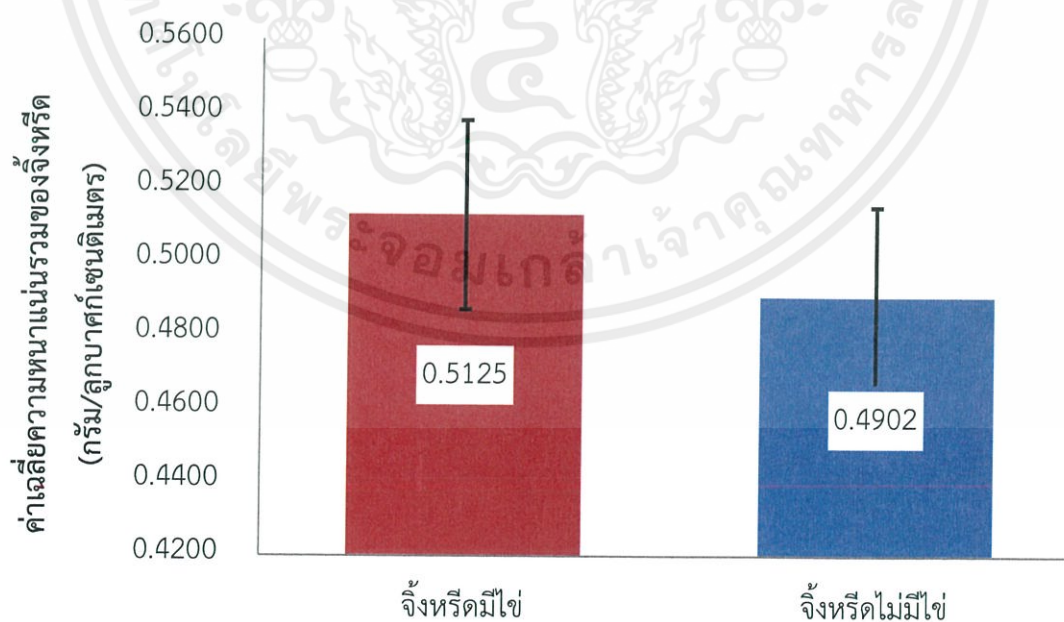
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักระหว่างจิ้งหรีดมีใบและจิ้งหรีดไม่มีใบ
(error bar คือ 95% confident interval)

3.3 การหาความหนาแน่นรวม

การวัดความหนาแน่นรวมของจิ้งหรีดโดยการใส่จิ้งหรีดตัวมีใบและไม่มีใบลงในภาชนะวัดความหนาแน่นให้เต็ม จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักบนที่กผลและวัดปริมาณน้ำของภาชนะวัดความหนาแน่นโดยนำน้ำใส่ลงไปในภาชนะวัดความหนาแน่นเดิม เพื่อนำมาหาความหนาแน่นรวมของจิ้งหรีดตัวมีใบและไม่มีใบ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวมของจิ้งหรีดดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมระหว่างจิ้งหรีดมีใบและจิ้งหรีดไม่มีใบ
(error bar คือ 95% confident interval)

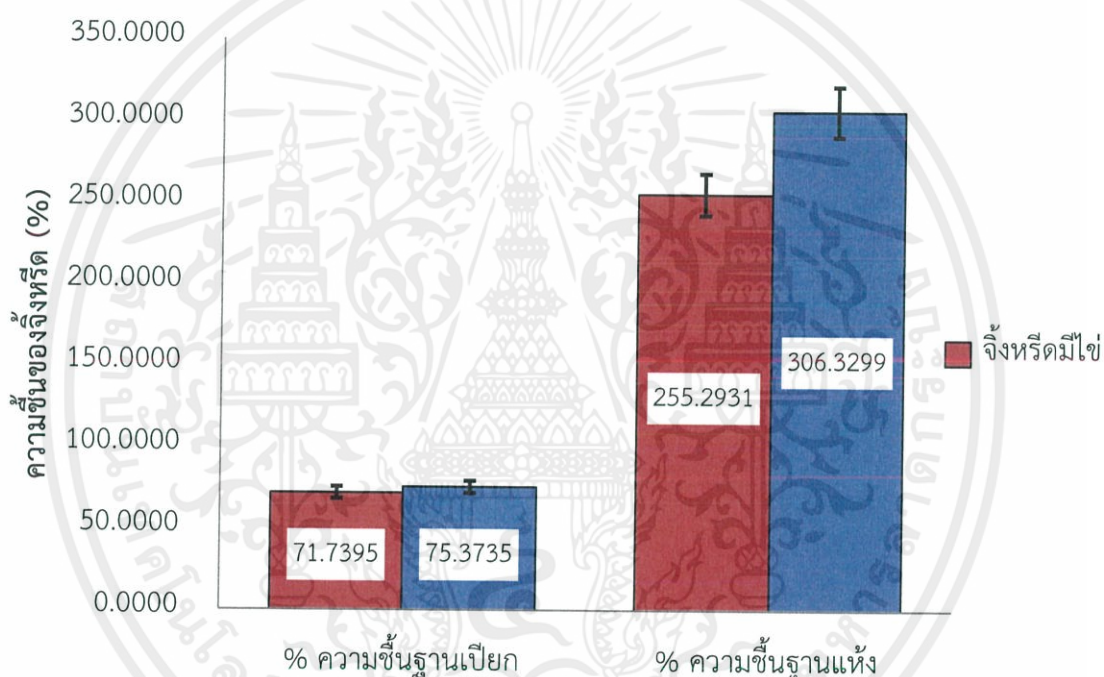
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาความชื้นฐานเปียกและความชื้นฐานแห้ง

การหาความชื้นของจิ้งหรีดโดยการนำจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่อย่างละประมาณ 3-5 กรัม เข้าตูบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จดบันทึกน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เพื่อนำมาหาความชื้นจากสมการที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3.13

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักสุดท้าย}} \times 100 \quad (2)$$

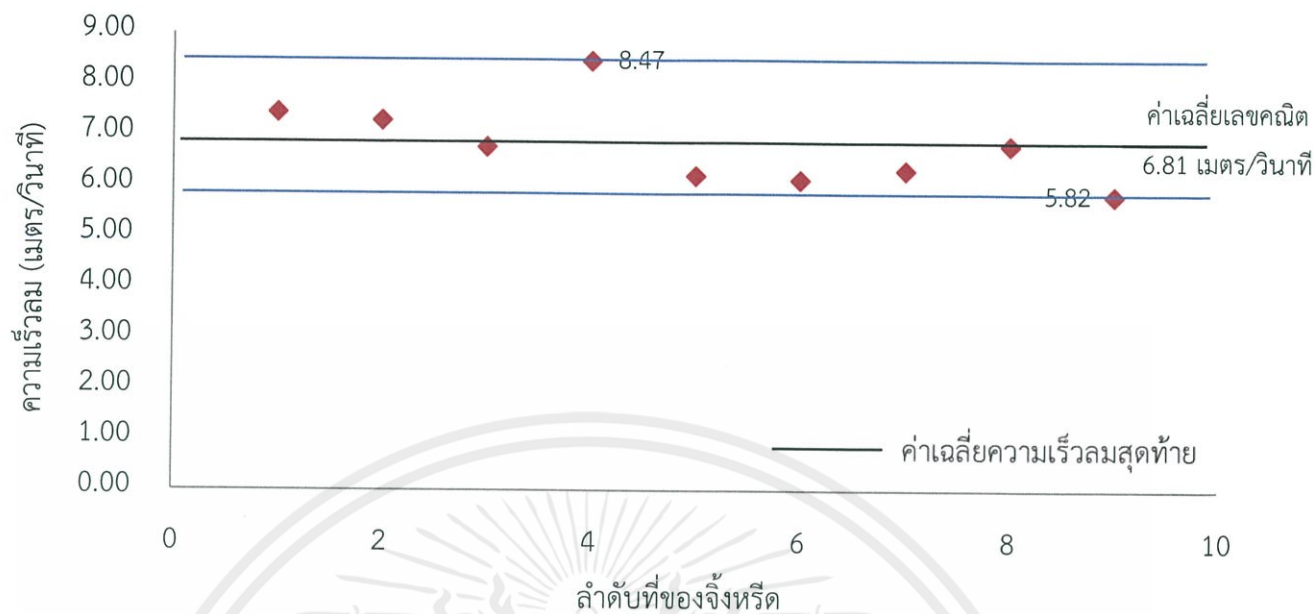


รูปที่ 3.13 ค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่างจิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่
(error bar คือ 95% confident interval)

3.5 การหาค่าความเร็วลมสุดท้าย

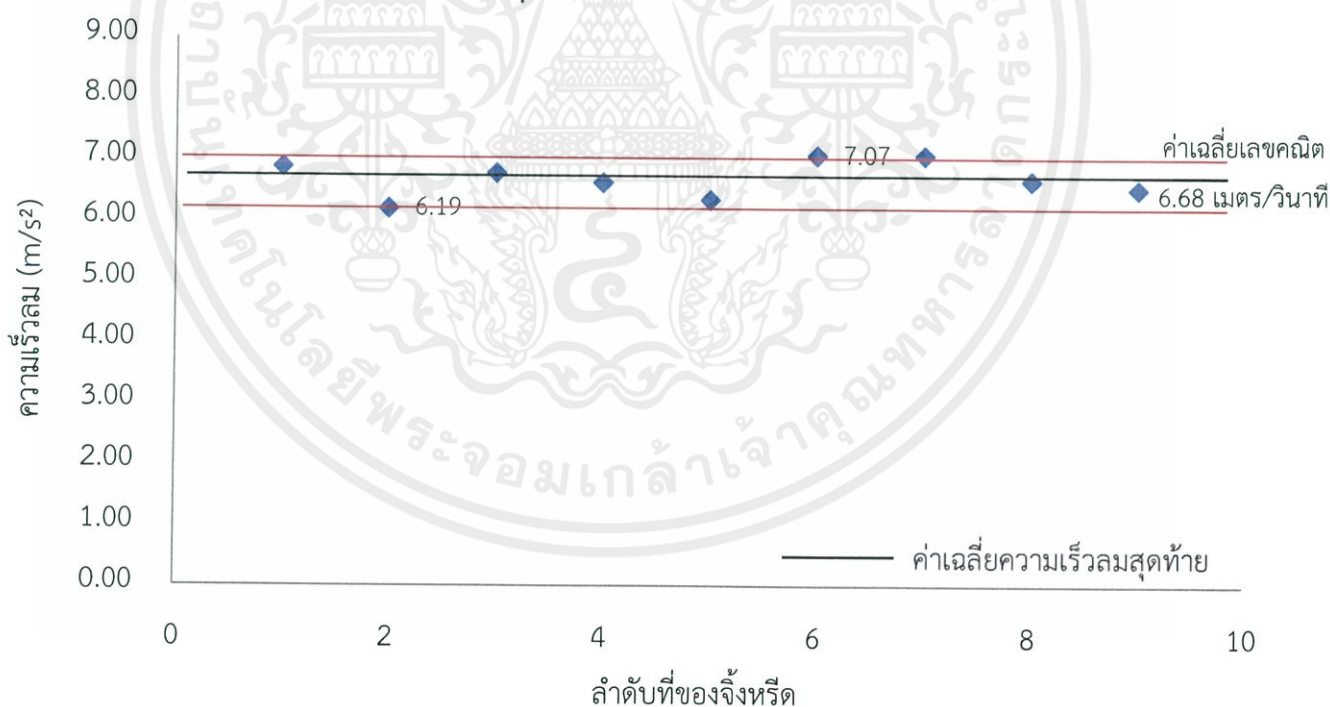
การหาความเร็วลมสุดท้ายของจิ้งหรีดตัวมีไข่และตัวไม่มีไข่ โดยการคัดจิ้งหรีดอย่างละ 3 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ นำจิ้งหรีดใส่ลงไปในกระบอกของเครื่องวัดความเร็วลมสุดท้าย ปรับความเร็วรอบของพัดลมด้วยเครื่องอินเวอร์เตอร์ เพื่อให้จิ้งหรีดลอยอยู่ในระดับที่กำหนดไว้ จากนั้นวัดความเร็วลมที่ปลายกระบอกด้วยเครื่องแอนนิมิเตอร์ แสดงดังกราฟรูปที่ 3.14 และ 3.15 ค่าเฉลี่ยของความเร็วลมสุดท้ายแสดงดังรูปที่ 3.16

ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดชาวตัวมีไข่

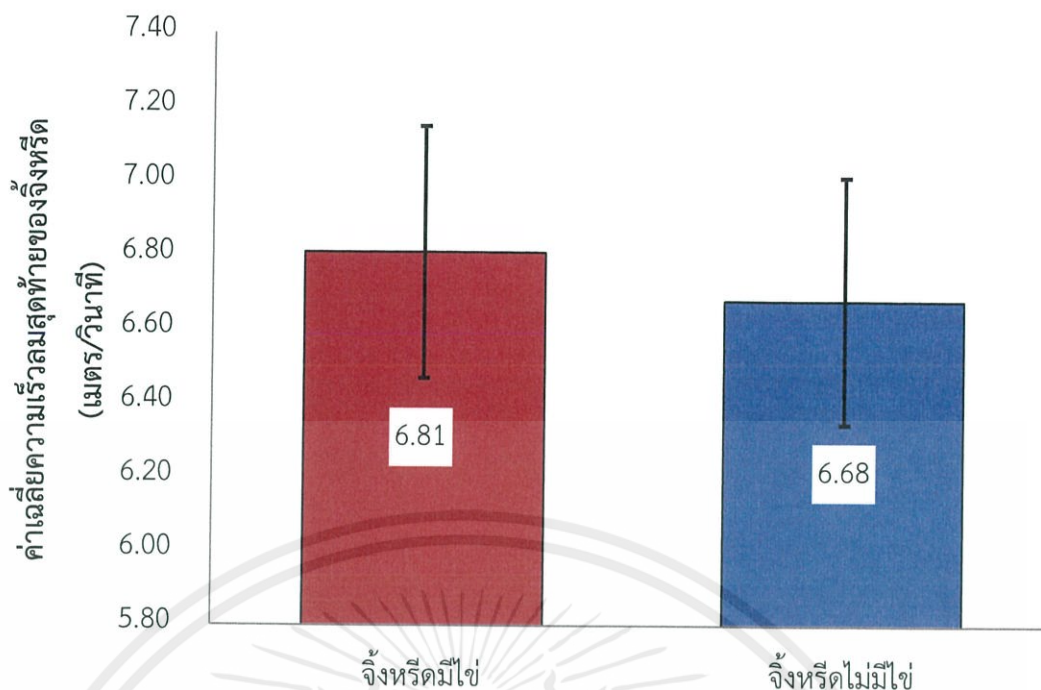


รูปที่ 3.14 ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดตัวมีไข่

ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดชาวตัวไม่มีไข่



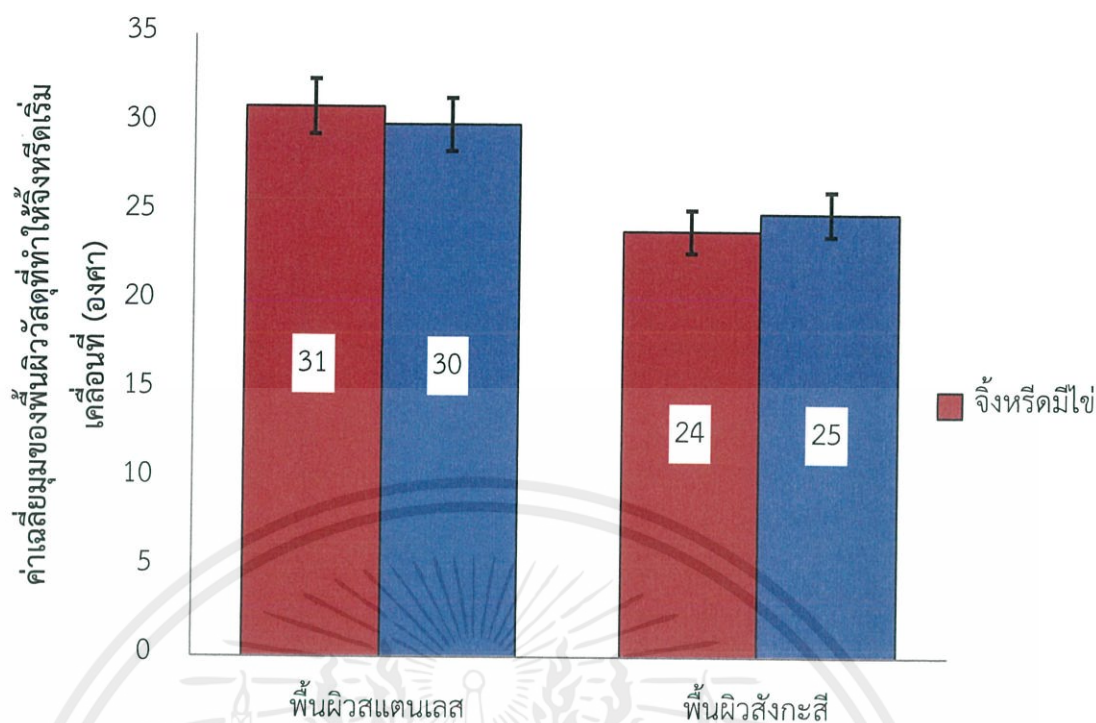
รูปที่ 3.15 ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดตัวไม่มีไข่



รูปที่ 3.16 ค่าเฉลี่ยความเร็วลมสุดท้ายระหว่างหัวใจมีไข่และหัวใจไม่มีไข่
(error bar คือ 95% confident interval)

3.6 การหาค่าแรงเสียดทานที่กระทำต่อพื้นผิววัสดุ

การหาแรงเสียดทานของหัวใจที่กระทำต่อพื้นผิววัสดุโดยทดสอบด้วยชุดทดสอบแรงเสียดทาน นำหัวใจตัวมีไข่และไม่มีไข้อย่างละ 3 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 3 ชั่วโมง นำหัวใจวางบนแผ่นสแตนเลส จากนั้นค่อยๆ ยกแผ่นสแตนเลสขึ้น เมื่อหัวใจเริ่มเคลื่อนที่ให้หยุดยกแผ่นทันทีและอ่านค่าองศาที่ได้ (องศาแปรผันตรงกับค่าแรงเสียดทานของพื้นผิว) จากนั้นทำการทดลองซ้ำอีกครั้งโดยเปลี่ยนจากแผ่น สแตนเลสเป็นแผ่นสังกะสี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานของหัวใจที่กระทำต่อพื้นผิววัสดุดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ค่าเฉลี่ยมุมของพื้นผิววัสดุที่ทำให้จิ้งหรีดมีไข่และจิ้งหรีดไม่มีไข่เริ่มเคลื่อนที่ (error bar คือ 95% confident interval)

จากกราฟค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพที่ได้ทดลองดังรูปที่ 3.5, 3.8, 3.11, 3.12, 3.13, 3.16 และ 3.17 พบว่ามีเพียงเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวรูปที่ 3.5 ความยาวลำตัวรูปที่ 3.8 และน้ำหนักรูปที่ 3.11 ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบ

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีดตัวมีไข่และตัวไม่มีไข่ในบทที่ 3 เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบการทำงานของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด โดยจิ้งหรีดที่นำมาคัดจะต้องผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดมาก่อน และจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว น้ำหนัก ความเร็วลมสุดท้าย ความหนาแน่น ความชื้น และแรงเสียดทาน พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว และน้ำหนัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางมาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ และใช้ตะแกรงแบบเส้นลวดที่สามารถให้จิ้งหรีดตัวไม่มีไข่เคลื่อนผ่านออกไปได้ ส่วนจิ้งหรีดตัวมีไข่จะไม่สามารถเคลื่อนผ่านออกไป

4.1 การออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดได้ถูกออกแบบมาให้มีขนาดกะทัดรัด โดยจิ้งหรีดที่นำมาคัดจะต้องผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดมาก่อนทำให้มีความชื้นมาก โดยกลไกในการคัดขนาดประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

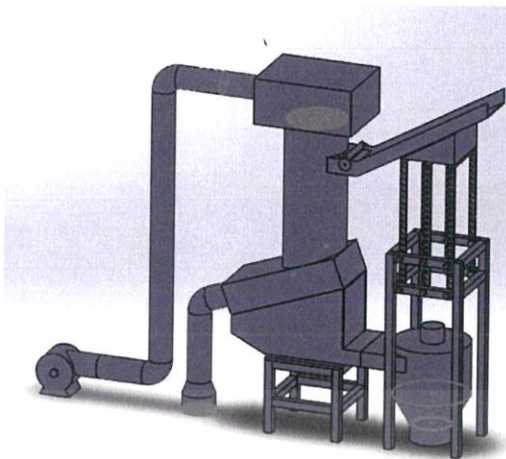
1. ถังเก็บลมและอุปกรณ์จัดการการไหล ทำหน้าที่เก็บลมและจัดรูปแบบการไหลของลมให้มีลักษณะไหลราบเรียบ โดยอุปกรณ์จัดการการไหลของลมจะติดตั้งต่อเนื่องมาจากถังเก็บลม ดังรูปในภาคผนวก ข.3.2
2. ตะแกรงแบบเส้นลวด ทำหน้าที่แยกจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่ออกจากกันโดยมีระยะห่างระหว่างเส้นลวดประมาณ 5.4 มิลลิเมตร และเอียงทำมุม 40 องศากับแนวนอน โดยติดตั้งต่อเนื่องมาจากท่อลำเลียงวัตถุดิบ ดังรูปในภาคผนวก ข.3.6
3. ภาชนะรองรับจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่หลังจากการคัดขนาด ดังรูปในภาคผนวก ข.3.7

4.2 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

4.2.1 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1

ในเครื่องที่ 1 ดังรูปที่ 4.1 มีความผิดพลาดเนื่องจาก

1. ตะแกรงแบบเส้นลวดมีความลาดเอียงไม่เพียงพอที่ทำให้จิ้งหรีดตัวมีไข่ไหลตามตะแกรง
2. ถังส่วนที่คัดขนาดจิ้งหรีดมีขนาดใหญ่และท่อลำเลียงมีความ ยาวมากเกินไป ในการเป่าลมขึ้นทำให้ลมไม่เพียงพอในคัดขนาดจิ้งหรีด
3. ในถังส่วนที่คัดขนาดจิ้งหรีด ลักษณะการไหลของลมเป็นแบบปั่นป่วน ทำให้จิ้งหรีดติดอยู่ในถังและไม่สามารถคัดขนาดจิ้งหรีดได้



(ก)



(ข)

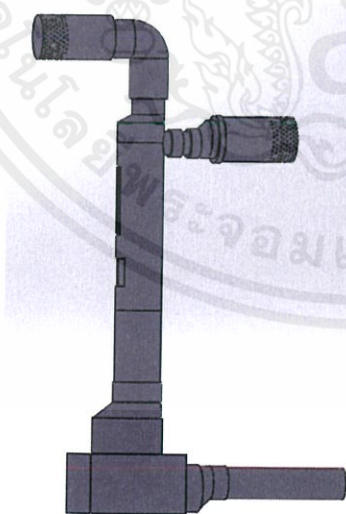
รูปที่ 4.1 เครื่องวัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1

(ก) แบบจำลองเครื่องวัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องวัดขนาดจิ้งหรีด

4.2.2 เครื่องวัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2

ในเครื่องที่ 2 ดังรูปที่ 4.2 มีความผิดพลาดเนื่องจาก

1. ในถังส่วนที่วัดขนาดจิ้งหรีดมีขนาดเล็กกว่าท่อลำเลียง ทำให้จิ้งหรีดตัวมีไข่เกิดการอุดตันที่ตะแกรง จิ้งหรีดตัวไม่มีไข่จึงไม่สามารถรอดผ่านตะแกรงไปได้
2. รูทางออกของภาชนะรองรับมีขนาดเล็กกว่าท่อลำเลียง ทำให้จิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ไม่รอดผ่านตะแกรงออกมาทางภาชนะรองรับของตัวมีไข่



(ก)



(ข)

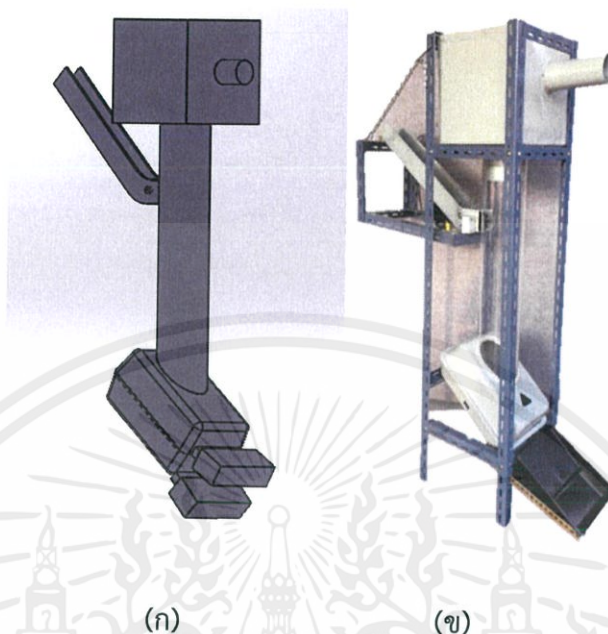
รูปที่ 4.2 เครื่องวัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2

(ก) แบบจำลองเครื่องวัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องวัดขนาดจิ้งหรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3

ในเครื่องที่ 3 ดังรูปที่ 4.3 เป็นเครื่องคัดขนาดที่นำมาใช้ในการทดลอง

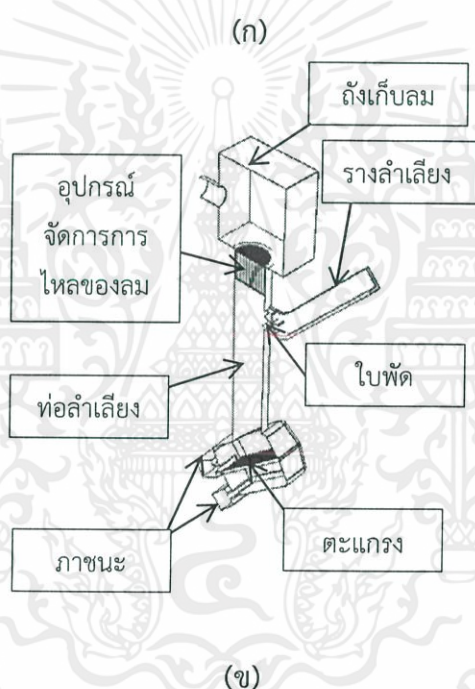
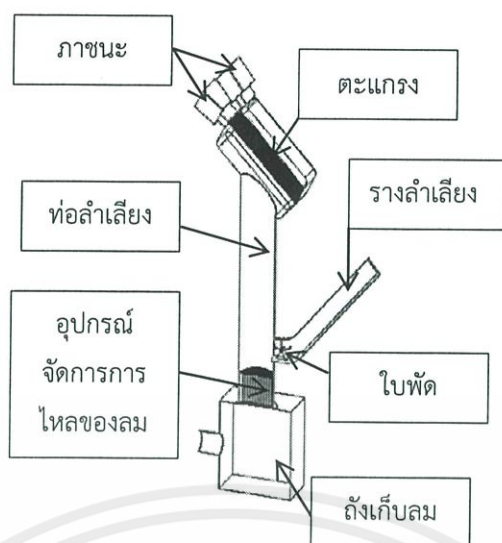


รูปที่ 4.3 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3

(ก) แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด (ข) เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

4.3 หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่จึงเลือกความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางมาใช้ในการออกแบบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด โดยมีหลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด ขั้นตอนแรกป้อนวัตถุดิบผ่านรางลำเลียงเข้าสู่ท่อลำเลียง จากนั้นจิ้งหรีดจะถูกลำเลียงโดยลมผ่านไปยังตะแกรงแบบเส้นลวด จิ้งหรีดตัวที่มีไข่จะไม่สามารถรอดผ่านช่องตะแกรงไปได้ และจะไถลไปกับตะแกรงเข้าสู่ภาชนะรองรับ ส่วนจิ้งหรีดที่ไม่มีไข่จะสามารถรอดผ่านช่องตะแกรงเข้าสู่ภาชนะรองรับอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 4.6 แบบจำลองภาพตัดเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด
(ก) แบบเป่าลมขึ้น (ข) แบบเป่าลมลง



(ข)

(ข)

รูปที่ 4.7 เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

(ก) แบบเป่าลมขึ้น (ข) แบบเป่าลมลง

4.4.2 วิธีการทดลอง

4.4.2.1 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทดลอง

ในการทดลองแต่ละครั้ง จะนำจิ้งหรีดมีไข่ 150 ตัวและจิ้งหรีดไม่มีไข่ 150 ตัว มารวมกันเป็นจำนวนทั้งหมด 300 ตัว

4.4.2.2 ทดลองหาค่าอัตราการป้อนและความเร็วลมที่เหมาะสม

ใส่จิ้งหรีดมีไข่และไม่มีไข่ที่เตรียมไว้เข้าไปยังเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดโดยใช้รางลำเลียงวัตถุดิบ จากนั้นปรับอัตราการป้อนวัตถุดิบและปริมาณลมให้เหมาะสม

4.4.2.3 การหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดขนาด

การหาค่าความถูกต้องในการคัดขนาดจะหาจากการนับจำนวนจิ้งหรีดที่คัดได้ถูกต้องมาเปรียบเทียบกับจำนวนจิ้งหรีดทั้งหมดที่ถูกป้อนเข้าไปในตอนต้น โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

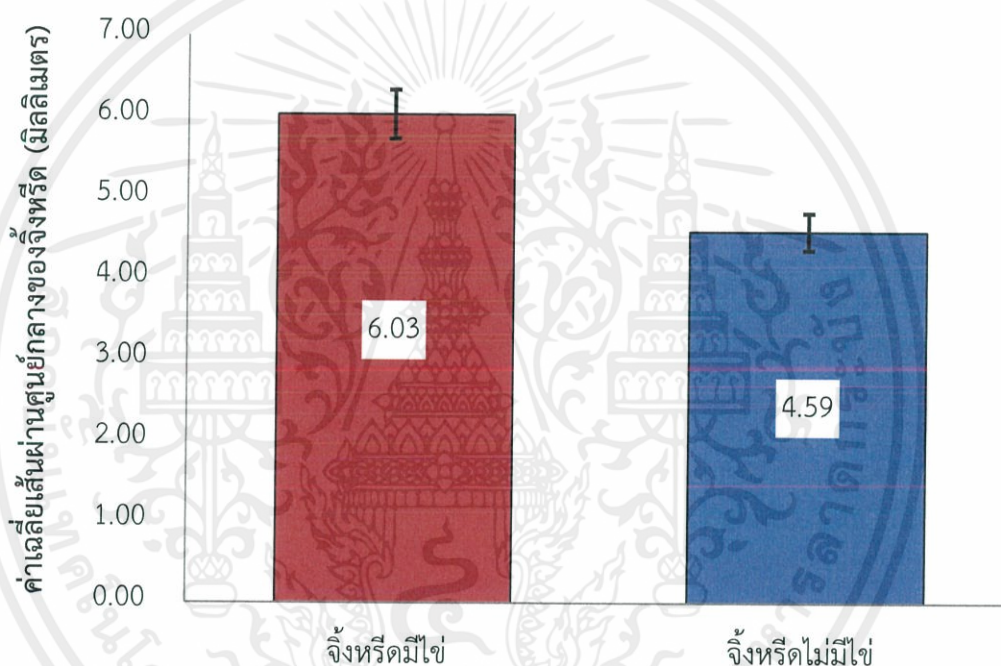
$$\% \text{ ความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนจิ้งหรีดที่คัดได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนจิ้งหรีดทั้งหมด}} \times 100 \quad \text{—————(1)}$$

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สมบัติทางกายภาพของจิ้งหรีดที่ใช้ในการออกแบบ

จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าจากการศึกษาความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพระหว่างจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่ พบว่าค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 5.1 (error bar คือ 95% confident interval)



รูปที่ 5.1 กราฟค่าเฉลี่ยความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างจิ้งหรีดตัวมีไข่และไม่มีไข่

ในการคัดขนาดจิ้งหรีดระหว่างจิ้งหรีดมีไข่กับจิ้งหรีดไม่มีไข่ คณะผู้จัดทำโครงการจึงเลือกใช้การคัดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของลำตัวจิ้งหรีดเป็นเกณฑ์ในการคัด โดยใช้ลมเป่าลำเลียงจิ้งหรีดผ่านช่องลวดที่มีระยะห่างระหว่างกัน 5.4 มิลลิเมตร แสดงดังรูปในภาคผนวก ข.3.6 โดยจิ้งหรีดที่ไม่มีไข่จะมีขนาดเล็ก สามารถลอดผ่านไปยังภาชนะรองรับหนึ่ง ส่วนจิ้งหรีดที่มีไข่จะมีขนาดใหญ่กว่าและไม่สามารถลอดผ่านได้ จะถูกลมลำเลียงไปยังภาชนะรองรับอีกด้านหนึ่ง นอกจากนั้นยังมีการทดลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้นมีอัตราการป้อนที่ 30, 45 และ 60 ตัวต่อวินาที และความเร็วลมที่ 12.68, 13.83 และ 15.09 เมตรต่อวินาที และแบบเป่าลมลงให้มีอัตราการป้อนที่ 30, 45 และ 60 ตัวต่อวินาที และความเร็วลมที่ 0.00, 2.42, 3.58 และ 4.62 เมตรต่อวินาที โดยการทดลองจะนำจำนวนจิ้งหรีดที่คัดได้ถูกต้องมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

จากการทดลองพบว่าการคัดขนาดจิ้งหรีดที่อัตราการป้อน 30, 45 และ 60 ตัวต่อวินาที โดยมีใบพัด แสดงดังรูปในภาคผนวก ข.3.3 และมอเตอร์เป็นตัวควบคุม ให้ค่าความถูกต้องในการคัดขนาดจิ้งหรีดไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการป้อนที่ต่ำกว่า 30 ตัวต่อวินาที พบว่าจิ้งหรีดจะไปกองอยู่ที่ใบพัด เนื่องจากอัตราการหมุนที่ช้า ส่งผลให้ใบพัดหยุดหมุนและไม่สามารถป้อนจิ้งหรีดต่อไปได้ ส่วนอัตราการป้อนที่มากกว่า 60 ตัวต่อวินาที พบว่าจิ้งหรีดเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากอัตราการหมุนที่เร็ว ทำให้ใบพัดตัดตัวจิ้งหรีดขาดออกจากกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราการหมุนที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 60 ตัวต่อวินาที

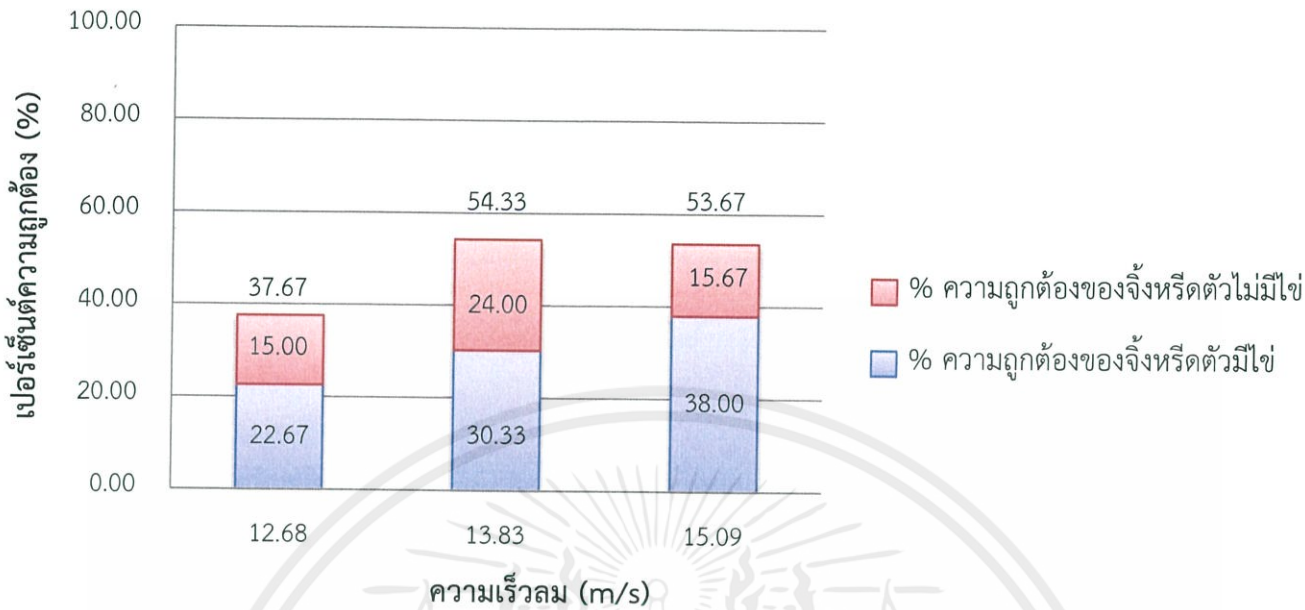
ในการทดลองแบบเป่าลมขึ้น ค่าความเร็วลมที่ 12.68, 13.83 และ 15.09 เมตรต่อวินาที จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ 37.67, 54.33 และ 53.67 ตามลำดับ จึงเลือกความเร็วที่เหมาะสมที่สุดของแบบเป่าลมขึ้น คือ 13.83 เมตรต่อวินาที แสดงดังตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ส่วนการทดลองแบบเป่าลมลง ค่าความเร็วที่ 2.42, 3.58 และ 4.62 เมตรต่อวินาที จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ 63.67, 69.00 และ 68.00 ตามลำดับ จึงเลือกความเร็วลมที่เหมาะสมที่สุดของแบบเป่าลมลง คือ 3.58 เมตรต่อวินาที แสดงดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้น

เปอร์เซนต์ความถูกต้อง	12.68 เมตร/วินาที	13.83 เมตร/วินาที	15.09 เมตร/วินาที
	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที
จิ้งหรีดตัวมีไข่ (เปอร์เซนต์)	22.67	30.33	38.00
จิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (เปอร์เซนต์)	15.00	24.00	15.67
จิ้งหรีดทั้งหมด (เปอร์เซนต์)	37.67	54.33	53.67

หมายเหตุ เปอร์เซนต์ความถูกต้อง = (จำนวนจิ้งหรีดที่คัดได้ถูกต้อง/จำนวนจิ้งหรีดทั้งหมด) × 100

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลมแบบเป่าลมขึ้น



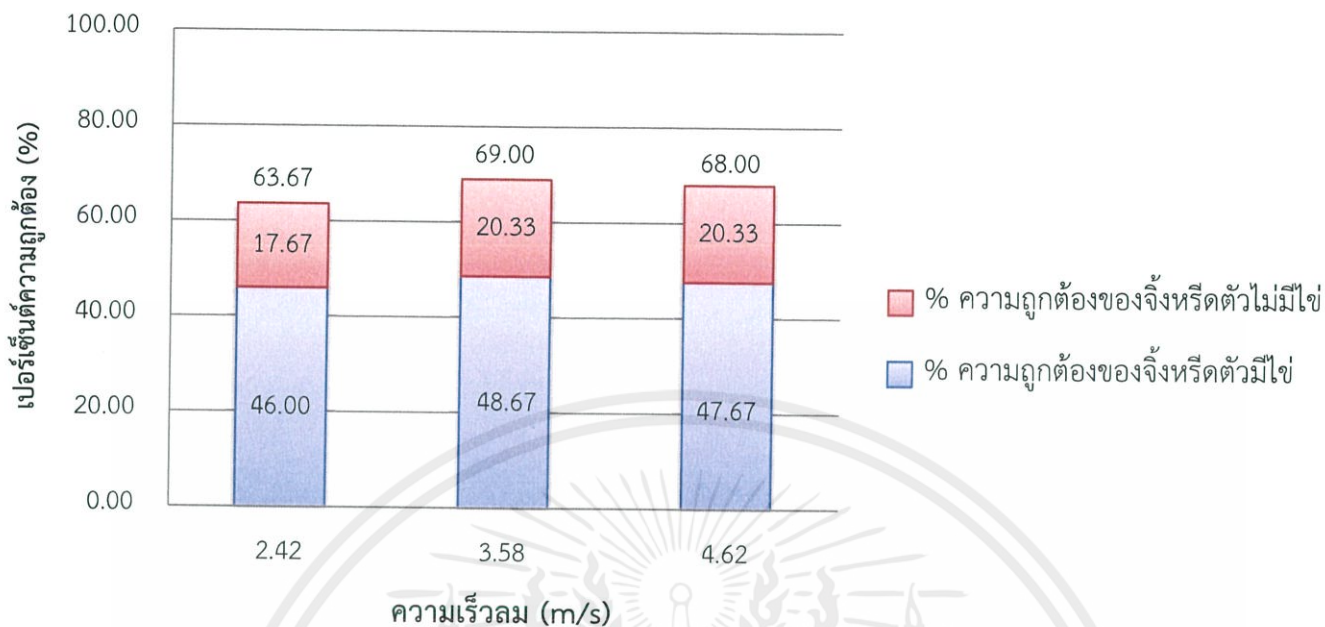
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลมแบบเป่าลมขึ้น

ตารางที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจังหวะแบบเป่าลมลง

เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง	2.42 เมตร/วินาที	3.58 เมตร/วินาที	4.62 เมตร/วินาที
	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที
จังหวะตัวมีไข (เปอร์เซ็นต์)	46.00	48.67	47.67
จังหวะตัวไม่มีไข (เปอร์เซ็นต์)	17.67	20.33	20.33
จังหวะทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	63.67	69.00	68.00

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = (จำนวนจังหวะที่คัดได้ถูกต้อง/จำนวนจังหวะทั้งหมด) x 100

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลมแบบเป่าลมลง



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและความเร็วลมแบบเป่าลมลง

จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้นและแบบเป่าลมลงพบว่า ในการคัดขนาดแบบเป่าลมขึ้นจะไม่สามารถคัดได้ทั้งหมด เนื่องจากในการทดลองจะมีจิ้งหรีดบางส่วนเกาะติดผิวกระบอกลำเลียง ทำให้ไม่สามารถลอยขึ้นผ่านตะแกรงได้ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดขนาดมีค่าน้อยกว่าแบบเป่าลมลง ซึ่งการคัดขนาดแบบเป่าลมลงจะมีแรงลมและแรงโน้มถ่วงในการผลักจิ้งหรีดให้เคลื่อนที่คัดขนาดได้ทั้งหมด

หลังจากการทดลองหาแบบเครื่องและค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปคัดขนาดจิ้งหรีดสามารถสรุปได้ว่าแบบที่เหมาะสมคือ แบบเป่าลมลง ที่อัตราการป้อน 60 ตัวต่อวินาที ความเร็วลมที่ 3.58 เมตรต่อวินาที จะได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดขนาด 69.00 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามในการคัดขนาดจิ้งหรีดอาจมีความผิดพลาด ซึ่งอาจเกิดจากตอนจิ้งหรีดเริ่มมีการคัดแยก ความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดแยกจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้นอยู่ระหว่าง 12.68 - 15.09 เมตรต่อวินาที ถ้าหากใช้ลมต่ำกว่านี้จะทำให้จิ้งหรีดบางส่วนลอยไม่ถึงตะแกรงคัดขนาด ส่งผลให้การคัดแยกไม่ดีเท่าที่ควร และถ้าใช้ความเร็วลมที่สูงกว่านี้จะทำให้ จิ้งหรีดตัวมีไข่ติดตะแกรง ทำให้คัดแยกได้ไม่ดีเช่นกัน ส่วนความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดแยกจิ้งหรีดแบบเป่าลมลงที่เหมาะสมอยู่ที่ 2.42 - 4.62 เมตรต่อวินาที ถ้าใช้ลมที่ต่ำกว่านี้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดขนาดจะไม่แตกต่างกับการคัดแยกแบบไม่ใช้ลม จิ้งหรีดบางส่วนจะติดอยู่บนตะแกรง และถ้าใช้ลมที่สูงกว่านี้จะทำให้จิ้งหรีดตัวมีไข่ไม่ไกลไปกับตะแกรง แต่จะถูกแรงลมที่มากเกินไป เป่าอัดติดกับตะแกรง ส่งผลทำให้ตัวไม่มีไข่ไม่สามารถลอดผ่านไปได้

5.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด มีจุดมุ่งหมายในการพิจารณาปัจจัยในการลงทุน การพิจารณาจะใช้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด เพื่อให้ผลที่แม่นยำ โดยรายละเอียดของตัวแปรต่างๆ

5.3.1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์แสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ข้อมูลเบื้องต้น	จำนวน
ชั่วโมงทำงานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	8
วันทำงานต่อปี (วัน/ปี)	200
ปริมาณการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	129
ราคาเครื่องคัดขนาด (บาท)	44,500
ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร (บาท/ปี)	5,000
อายุการใช้งานเครื่องคัดขนาด (ปี)	2
ค่าไฟฟ้าแปรผัน (บาท/หน่วย)	3.2
ค่าจ้างแรงงาน (บาท/วัน)	300
ค่ารับจ้างคัดขนาดจิ้งหรีด (บาท/กิโลกรัม)	10

5.3.2 วิธีการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เมื่อใช้เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

5.3.2.1 กำลังการผลิต

กำลังการผลิตต่อปี = ปริมาณการคัดขนาด x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี

5.3.2.2 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี

ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี =
$$\frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{อายุการใช้งานเครื่องคัดขนาด X กำลังการผลิตต่อปี}}$$

5.3.2.3 ต้นทุนคงที่

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี

5.3.2.4 ค่าจ้างแรงงาน

ค่าจ้างแรงงานต่อปี =
$$\frac{\text{ราคาค่าจ้างรายวัน X วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

5.3.2.5 ค่าไฟฟ้าแปรผัน

ค่าไฟฟ้าแปรผันต่อปี =
$$\frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง X ชั่วโมงการทำงานเครื่องจักรต่อวัน X วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

5.3.2.6 ต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนแปรผัน = ค่าจ้างแรงงาน + ค่าไฟฟ้าแปรผัน + ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.7 ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวม = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน

5.3.2.8 ต้นทุนค่าใช้จ่าย

$$\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

5.3.2.9 จุดคุ้มทุน

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิ} - \text{ต้นทุนแปรผัน}}$$

5.3.2.10 ระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิ} - \text{ต้นทุนแปรผัน}}$$

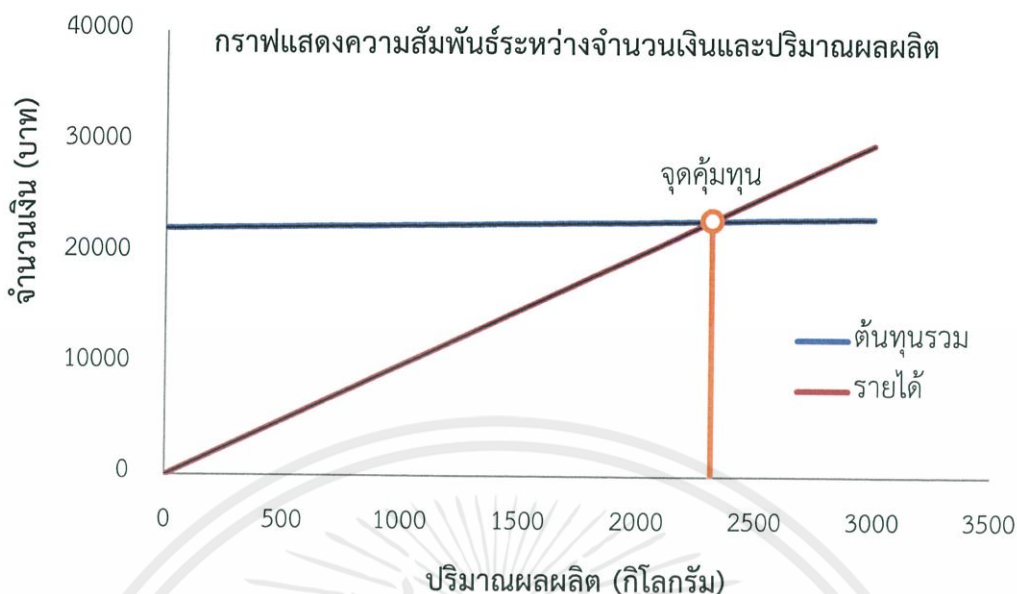
5.3.3 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์แสดงดังตารางที่ 5.4 และ 5.5

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการหาต้นทุนรวม

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)		ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)	
ราคาเครื่อง (บาท)	44,500	ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ปี)	60,000
ค่าเสื่อมเครื่องจักรรายปี (บาท/ปี)	22,250	ค่าไฟฟ้าแปรผัน (บาท/ปี)	10,137.60
-	-	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร (บาท/ปี)	5,000
ต้นทุนคงที่รวม (บาท/ปี)	22,250	ต้นทุนแปรผันรวม (บาท/ปี)	75,137.60
ต้นทุนรวมทั้งหมด 97,387.60 บาท/ปี			

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

ข้อมูล	จุดคุ้มทุน (กิโลกรัม/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
กำลังการผลิตต่อปี (กิโลกรัม/ปี)	206,400	
ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	0.47	
ผลกำไรต่อกิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	9.64	
ต้นทุนแปรผันต่อกิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	0.36	
	10,106.68	0.02



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุน

จากการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สามารถวิเคราะห์ผลการคำนวณได้ว่า เมื่อปริมาณผลผลิตต่ำกว่า 10,106.68 กิโลกรัมต่อปี จะเกิดการขาดทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตมากกว่ารายได้ที่ได้รับ และเมื่อปริมาณผลผลิตสูงกว่า 10,106.68 กิโลกรัมต่อปี จะได้กำไร เนื่องจากรายได้ที่ได้รับมากกว่าค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจะเห็นว่าจุดคุ้มทุนของปริมาณผลผลิตอยู่ที่ 10,106.68 กิโลกรัมต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนที่ 0.02 ปี

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องคัตขนาดจิ้งหรีดสามารถคัตขนาดจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลายที่มีไข่เต็มท้องและไม่มีไข่ออกจากกัน เนื่องจากจิ้งหรีดทั้งสองแบบนี้จะเข้าสู่กระบวนการผลิตที่แตกต่างกันในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การออกแบบเครื่องคัตขนาดจิ้งหรีดจะเลือกความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างจิ้งหรีดตัวมีไข่และตัวไม่มีไข่มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัตขนาด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการคัตขนาด คือ ความเร็วลม โดยถ้าความเร็วลมมากเกินไปจะทำให้วัตถุดิบเกิดการเสียหาย ส่วนถ้าความเร็วลมน้อยเกินไปจะไม่สามารถคัตขนาดจิ้งหรีดได้ดี

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การคัตขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมลงสามารถคัตแยกได้มากกว่าการคัตขนาดจิ้งหรีดแบบเป่าลมขึ้น โดยการคัตขนาดแบบเป่าลมลงที่เหมาะสมที่สุดที่อัตราการป้อน 60 ตัวต่อวินาที ความเร็วลมที่ 3.58 เมตรต่อวินาที และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัตขนาดจิ้งหรีด 69 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นได้วิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าจะคุ้มทุนเป็นเวลาประมาณ 0.01 ปี หรือประมาณ 1,098.22 กิโลกรัม

6.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องคัตขนาดจิ้งหรีดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงมีการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการคัตขนาดมากกว่านี้ เครื่องคัตขนาดจิ้งหรีดนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการทดลองเริ่มต้นของการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะของเครื่องคัตขนาดจิ้งหรีด คือ ใบพัดที่ใช้ในการป้อนจิ้งหรีดเข้าเครื่องคัตขนาดควรใช้วัสดุที่มีสมบัติอ่อนนุ่ม เพื่อป้องกันไม่ให้จิ้งหรีดเกิดการเสียหาย เนื่องจากจิ้งหรีดมีความเปราะบางมาก อีกทั้งวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องคัตขนาด ควรเลือกใช้วัสดุที่ถูกสุขลักษณะอนามัย เพื่อความปลอดภัยของอาหารที่จะส่งผู้บริโภค และเนื่องจากจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่มิขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างจากจิ้งหรีดที่มีไข่เพียงเล็กน้อย ตะแกรงที่ใช้ในการคัตขนาด ระยะห่างระหว่างตะแกรงควรออกแบบให้มีความแม่นยำสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัตขนาดจิ้งหรีด

6.3 แนวคิดการพัฒนาเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

ในอนาคตเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดต้องมีการพัฒนาและปรับปรุง ซึ่งการพัฒนาเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด มีแนวคิดที่จะพัฒนาดังนี้

1. การเพิ่มสายพานลำเลียงวัตถุดิบหลังจากกระบวนการล้างทำความสะอาดจิ้งหรีด เพื่อป้อนจิ้งหรีดเข้าสู่เครื่องคัดขนาด และทำการคัดขนาดจิ้งหรีดอย่างต่อเนื่อง
2. เพิ่มการทำงานของเครื่องคัดขนาด โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างตะแกรง เพื่อให้สามารถคัดขนาดวัตถุดิบชนิดอื่นได้
3. เพิ่มตะแกรงหลายๆชั้น เพื่อให้สามารถคัดขนาดวัตถุดิบได้หลายขนาดมากขึ้น



บรรณานุกรม

- จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร, ราชัญทร์ หงส์โต, อรรถกร จันทร์ชนะ และ อาทิตย์ พูลทวี. (2556). ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกระเทียม. แก่นเกษตร 41(2): 191-198.
- จินตามณี นิสยนต์ และ อภิชาติ อาจนาเสียว. (2555). การแยกแกลบข้าวหอมมะลิด้วยระบบลมเป่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: วิศวกรรมลาดกระบัง.
- เดลินิวส์. (2558). สะดุ้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.dailynews.co.th/agriculture/33488>.
- ดุจดือน ศศนาวิน. (2559). จิ้งหรีดโกอินเตอร์ส่งออกปุยโรปก.ก.ละ 1,000 บาท. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://farm.onzorn.info/2016/11/1000.html>.
- ปศุสัตว์. (2559). จิ้งหรีดและการเลี้ยงจิ้งหรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://pasusat.com>.
- นิภา เบญจพงศ์ และ อรุณกร จันทรแสง. (2540). ชีวิตวิทยาของจิ้งหรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.agriqua.doe.go.th/lac_cricket_web/Cricket2.html.
- นิรนาม 1. (2557). 'จิ้งหรีด' แผลงธรรมดาที่ไม่ธรรมดา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.komchadluek.net/news/detail/186705>.
- นิรนาม 2. (2558). จิ้งหรีดทองแดงลาย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki>.
- นิรนาม 3. (2014). Electronic Sorting. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.cimbria.com/products/electronic-sorting>.
- พลรัชต์ บุญมี, วรวิทย์ วรรณวิน และ ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี. (2553). รายงานการวิจัยเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า. กรุงเทพมหานคร: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- วิบูลย์ เทเพนทร์. (2560). รายงานการวัดความชื้นเมล็ดพืช. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดขอนแก่น. (2559). จิ้งหรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.aopdb05.doe.go.th/cricket.html>.
- ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดจันทบุรี (ผึ้ง). (2560). การเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อการค้าและการแปรรูป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.aopdb02.doe.go.th/14promote.html>.
- อังคณา สุวรรณภู. (2556). เมื่อ FAO ชวนชาวโลกกินแมลง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://doa.go.th/pibai/pibai/n16/v_5-june/ceaksong.html.

- Baigvand, M., Banakar, A., Minaei, S., Khodaei, J. & Khazaei, B. N. (2015). Machine vision system for grading of dried figs. *Computers and Electronics in Agriculture* 119 (2015) : 158-165.
- Gunathilake, D.M.C.C., Wasala, W.M.C.B. & Palipane, K.B. (2015). Design, development and evaluation of a size grading machine for onion. *Procedia Food Science* 6 : 103-107.
- Hansen, T.L., Jansen, J.C., Davidsson, A. & Christensen, T.H. (2006). Effects of pre-treatment technologies on quantity and quality of source-sorted municipal organic waste for biogas recovery. *Waste Management* 27 : 398-405.
- Lessard, J., Sweetser, W., Bartram, K., Figueroa, J. & McHugh, L. (2015). Understanding the economic impact of ore sorting on a mineral processing circuit. *Minerals Engineering* 91 : 92–99.
- Linnaeus, C. (1758). House cricket. [Online]. Retrieved from <https://th.wikipedia.org/wiki>.
- Liu, K. S. (2009). Fractionation of distillers dried grains with solubles (DDGS) by sieving and winnowing. *Bioresource Technology* 100: 6559–6569.
- Ruan, J., Zheng, J., Dong, L. & Xu, Z. (2016). Pneumatic separation of Sn-enriched and Ti-enriched electronic components of waste printed circuit boards. *Journal of Cleaner Production* (2016) : 1–7.
- Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P. & Romphophak, T. (2006). Physical properties of green soybean: Criteria for sorting. *Journal of Food Engineering* 79 (2007) : 18–22.
- Walker, T. (1984). House cricket. [Online]. Retrieved from http://entnemdept.ifas.ufl.edu/walker/Buz_z/487a.html.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของจังหวัด

- ก.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง
- ก.2 ความยาว
- ก.3 น้ำหนัก
- ก.4 ความหนาแน่น
- ก.5 ความชันฐานแห้ง
- ก.6 ความชันฐานเปียก
- ก.7 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสังกะสี
- ก.8 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสแตนเลส
- ก.9 ความเร็วลมสุดท้าย

ภาคผนวก ข แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจังหวัด

- ข.1 เครื่องคัดขนาดจังหวัดรูปแบบที่ 1
- ข.2 เครื่องคัดขนาดจังหวัดรูปแบบที่ 2
- ข.3 เครื่องคัดขนาดจังหวัดรูปแบบที่ 3

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดจังหวัด

- ค.1 อัตราการป้อนจังหวัด
- ค.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของจังหวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1
เส้นผ่านศูนย์กลาง

ตารางที่ ก.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางของจังหวัดตัวมีไข่

เส้นผ่านศูนย์กลางจังหวัดตัวมีไข่ครั้งที่ 1 (มิลลิเมตร)			
6.55	5.40	5.75	6.70
6.85	5.80	5.40	6.20
6.00	5.75	5.65	6.25
5.90	5.45	6.05	5.90
6.50	6.20	6.10	6.40
6.20	6.15	6.65	6.00
5.40	7.35	6.35	6.00
5.70	5.40	6.00	6.30
6.20	5.45	6.25	5.60
6.15	5.70	6.10	5.60
5.50	7.30	6.10	5.70
6.10	6.00	6.00	5.50
5.50	5.70	6.20	6.20
5.60	6.35	5.60	5.45
6.10	6.70	6.35	5.55
6.25	6.70	5.80	5.80
6.05	5.85	6.80	6.00
6.25	6.25	6.40	5.70
5.45	5.45	5.80	5.65
6.20	6.35	5.75	5.75
6.35	6.30	6.00	5.50
6.35	5.80	6.05	6.15
6.10	6.20	6.70	6.35
6.20	6.00	6.40	6.10
5.40	6.60	5.80	5.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวมีไข่ (ต่อ)

เส้นผ่านศูนย์กลางจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 2 (มิลลิเมตร)			
7.00	6.15	5.90	6.30
5.70	5.90	5.60	6.00
6.00	5.85	6.05	5.75
6.85	5.80	5.70	6.70
7.50	6.70	6.15	6.40
6.00	5.65	6.35	6.10
5.65	6.10	6.05	6.35
5.50	5.80	5.80	6.00
6.55	6.00	5.80	5.50
6.10	6.60	5.80	6.30
5.55	6.70	6.10	5.40
5.50	5.60	6.40	6.40
6.40	5.70	6.45	5.50
6.05	6.30	6.60	5.40
6.35	6.00	6.35	6.10
5.60	6.40	5.80	6.00
5.65	6.45	6.50	6.10
5.50	5.80	6.50	6.15
6.00	6.30	6.20	6.00
6.90	6.35	6.10	5.45
6.25	5.50	5.90	5.60
6.00	6.20	6.70	5.50
5.90	5.80	5.45	5.75
5.75	6.00	5.50	5.55
5.80	5.75	6.60	6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวมีไข่ (ต่อ)

เส้นผ่านศูนย์กลางจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 3 (มิลลิเมตร)			
6.45	5.40	5.50	6.15
7.10	6.30	6.65	6.55
7.00	6.85	5.85	6.60
7.20	5.90	5.80	5.90
6.45	5.85	5.95	5.40
5.90	6.00	5.90	6.40
6.60	5.50	6.30	5.85
6.40	5.65	6.20	5.70
6.30	6.00	6.50	6.00
6.10	6.10	6.00	5.40
6.60	5.55	6.60	5.90
5.70	5.90	5.85	6.00
6.60	5.80	5.90	6.55
6.25	5.50	5.45	6.00
6.10	6.00	6.10	7.00
5.75	6.35	6.10	5.80
6.20	5.40	5.85	5.90
5.90	6.00	5.90	6.35
5.70	6.00	6.00	6.40
5.80	5.45	5.55	5.70
6.00	6.15	5.70	5.65
5.75	5.70	6.10	5.80
5.50	5.90	5.70	5.50
6.20	5.70	6.00	6.10
5.40	5.90	6.10	5.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่

เส้นผ่านศูนย์กลางจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 1 (มิลลิเมตร)			
5.10	4.65	5.25	5.00
5.00	5.00	4.40	5.10
4.40	4.35	4.50	5.20
5.25	4.35	5.10	5.25
4.55	4.20	5.00	3.85
4.80	4.70	4.65	5.00
5.00	4.50	4.65	4.15
4.30	4.70	4.80	4.80
4.30	4.15	4.60	4.70
5.00	5.20	5.00	5.00
4.70	4.60	4.70	4.35
4.70	5.00	5.20	4.65
5.20	4.60	4.85	5.00
4.65	4.25	4.05	4.80
4.90	4.50	4.00	4.40
5.25	4.00	4.90	5.10
4.95	4.90	4.40	4.20
5.00	4.65	4.50	4.90
5.00	4.10	3.95	4.75
4.60	4.25	4.65	5.00
4.15	4.45	5.00	4.85
5.00	4.60	5.10	4.30
5.00	4.35	4.40	4.25
4.30	5.00	5.20	5.00
4.90	4.15	4.50	4.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

เส้นผ่านศูนย์กลางจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 2 (มิลลิเมตร)			
5.15	4.65	4.50	5.20
5.20	4.35	4.70	4.50
5.25	4.45	4.90	4.65
5.20	4.75	3.55	5.20
4.65	4.10	4.65	3.70
5.10	4.80	5.00	4.75
5.15	4.20	4.40	4.70
4.15	4.75	4.65	4.90
4.90	4.00	4.80	4.25
3.80	4.60	4.70	4.90
4.80	3.95	4.10	4.15
4.60	4.90	4.80	4.65
4.40	4.40	5.00	4.40
4.05	5.25	5.15	4.20
5.20	4.25	5.20	5.20
4.20	4.85	4.70	5.00
4.65	4.75	4.70	4.00
5.10	4.70	4.40	4.55
4.75	4.85	5.20	5.00
5.15	5.00	5.25	4.55
5.25	5.00	4.40	5.15
4.50	4.70	4.55	3.55
5.10	4.90	4.90	4.30
4.80	4.30	4.80	4.65
4.90	5.25	4.15	4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

เส้นผ่านศูนย์กลางจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 3 (มิลลิเมตร)			
4.60	4.50	4.60	4.65
4.60	4.20	4.30	4.60
4.80	4.00	3.60	4.20
4.40	4.25	4.50	4.15
4.40	4.90	3.80	4.65
5.00	4.10	4.65	4.35
4.80	3.90	4.80	4.70
4.55	4.30	4.00	4.00
4.50	4.10	4.90	4.65
4.20	4.20	4.50	4.15
4.65	4.40	4.90	4.50
4.40	4.70	4.70	4.20
4.40	4.15	4.50	4.50
3.80	4.30	4.40	4.50
4.50	4.20	4.80	4.50
4.55	4.00	4.60	4.60
4.30	4.30	4.50	4.10
4.15	4.20	4.25	4.80
4.15	4.50	4.00	4.50
4.20	4.80	4.50	4.10
4.00	4.00	4.40	4.10
4.40	4.70	4.70	4.10
4.20	5.10	4.40	4.90
4.30	4.45	4.90	4.80
4.00	4.10	4.60	4.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2

ความยาว

ตารางที่ ก.2.1 ความยาวของจิ้งหรีดตัวมีไข่

ความยาวจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 1 (มิลลิเมตร)			
20.10	19.55	22.85	19.80
22.25	21.70	20.70	21.05
19.90	21.70	19.65	20.00
20.45	20.75	20.55	20.50
20.30	20.00	20.25	20.45
22.35	19.00	23.10	21.00
19.80	21.00	20.40	20.60
20.60	19.80	21.10	21.50
20.10	19.50	20.65	20.60
21.55	20.70	21.85	21.55
22.20	22.10	21.55	20.40
20.50	20.30	20.05	20.80
20.45	20.75	20.45	21.35
20.75	20.10	19.30	20.65
20.15	19.50	19.20	22.50
20.80	22.00	21.45	20.90
21.60	18.90	21.40	20.40
21.15	20.50	18.30	22.35
20.50	22.20	21.15	20.15
21.60	21.85	18.00	21.40
20.65	18.50	20.40	23.30
20.75	21.20	20.90	21.00
22.85	20.20	27.60	23.45
20.00	20.25	19.30	21.40
20.60	20.60	20.75	19.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.1 ความยาวของจิ้งหรีดตัวมีไข่ (ต่อ)

ความยาวจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 2 (มิลลิเมตร)			
18.70	21.00	20.50	20.90
20.00	19.65	18.00	21.20
20.50	21.45	20.30	20.45
21.20	21.35	20.25	22.20
21.65	19.65	21.90	18.70
20.30	22.20	20.00	19.20
20.60	19.40	20.75	21.60
19.90	19.80	19.60	19.00
21.20	18.00	21.60	19.60
20.00	21.70	18.60	21.65
19.80	21.20	19.15	20.20
20.20	19.80	21.95	23.00
19.45	18.00	19.80	19.80
20.45	20.50	17.45	19.50
22.35	17.80	18.30	19.40
20.10	18.90	20.35	21.35
21.45	19.00	19.60	19.90
20.25	20.75	21.55	22.45
21.60	19.30	21.30	20.20
21.10	18.90	20.70	18.60
19.10	17.20	21.10	19.50
21.50	20.00	20.80	20.10
21.00	19.00	19.10	18.30
18.05	18.30	20.00	18.10
20.10	20.50	21.10	19.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.1 ความยาวของจิ้งหรีดตัวมีไข่ (ต่อ)

ความยาวจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 3 (มิลลิเมตร)			
22.80	20.35	22.00	23.00
21.70	22.10	22.00	21.50
21.85	22.70	20.10	21.60
23.60	20.20	22.20	20.05
24.30	22.20	23.45	19.80
20.70	22.25	22.30	21.25
24.00	22.00	22.30	21.55
22.00	23.20	22.20	20.70
21.65	22.00	21.80	20.50
22.40	21.90	19.50	21.35
22.35	19.70	23.40	21.70
20.80	22.70	20.45	19.65
21.60	23.45	20.40	22.50
20.20	21.00	20.70	21.90
20.60	21.00	20.70	22.00
21.30	22.35	20.50	21.35
21.75	20.00	19.65	21.15
21.20	20.40	20.10	22.00
19.90	21.90	20.55	21.35
20.50	20.55	20.65	19.45
20.90	21.45	19.85	20.65
21.50	21.85	21.05	20.05
20.10	19.50	20.60	19.40
21.80	20.25	21.10	21.90
21.35	22.10	20.20	22.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2.2 ความยาวของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่

ความยาวจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 1 (มิลลิเมตร)			
18.80	17.70	17.20	18.30
19.60	17.80	17.60	18.10
11.70	17.35	18.00	18.30
18.80	17.05	18.60	19.15
18.00	17.60	19.60	17.20
19.40	17.45	16.70	17.20
17.00	17.95	17.75	17.45
16.50	18.80	17.00	17.15
17.30	18.05	19.30	16.85
19.80	16.25	16.50	17.75
18.30	18.80	15.50	17.75
16.65	17.00	17.20	17.10
19.60	18.55	18.30	18.55
17.40	18.15	15.45	19.70
18.30	18.50	18.50	17.85
17.20	15.40	19.90	16.30
15.70	17.75	18.00	14.55
18.00	16.00	17.45	16.20
18.20	18.15	18.30	17.95
18.00	17.35	17.30	17.10
18.35	18.30	15.00	17.70
19.30	17.45	17.90	18.30
17.70	18.10	16.50	16.00
18.10	17.40	17.15	18.00
17.75	17.35	17.65	16.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2.2 ความยาวของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

ความยาวจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 2 (มิลลิเมตร)			
20.10	17.50	16.80	18.40
18.45	18.85	17.00	18.30
19.80	16.85	18.60	17.40
18.20	19.20	16.55	17.85
17.85	18.00	18.10	15.00
18.35	17.75	18.60	17.70
19.90	15.65	19.00	18.30
16.20	18.15	18.55	17.50
17.40	16.35	18.70	16.60
17.30	15.40	16.80	16.00
18.55	16.30	17.90	17.20
15.40	17.25	17.30	17.90
17.00	16.50	17.45	17.30
16.20	14.80	17.25	14.90
18.90	17.95	19.65	19.75
16.95	18.70	17.40	17.60
16.60	18.50	16.10	18.10
17.60	18.20	17.75	15.00
16.60	19.05	18.55	17.20
16.10	17.20	17.70	16.85
19.70	18.80	17.70	17.20
18.15	19.00	16.60	15.00
18.75	18.30	18.30	15.80
17.95	17.45	18.40	16.60
17.90	19.10	16.40	15.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2.2 ความยาวของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

ความยาวจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 3 (มิลลิเมตร)			
16.10	17.20	18.10	18.00
19.00	18.00	18.00	18.70
19.00	17.45	16.40	16.60
18.20	18.35	16.90	17.70
19.00	18.40	14.65	17.80
21.35	16.90	14.90	20.40
18.80	18.25	18.30	19.60
18.80	18.30	15.70	16.15
17.90	17.50	17.00	17.15
16.85	18.40	18.20	17.00
18.20	17.80	18.40	18.55
19.00	18.10	18.30	16.00
17.40	17.00	16.40	17.50
16.25	18.60	16.35	17.20
18.60	17.70	17.70	17.30
18.60	18.40	17.25	19.40
17.80	20.15	18.70	18.80
17.80	17.50	18.50	17.40
18.20	17.00	17.30	18.00
19.60	18.65	17.70	18.30
18.40	16.00	19.40	16.85
18.30	18.00	17.45	18.45
17.80	19.40	18.75	16.00
18.15	17.70	20.00	19.40
18.40	17.35	17.90	18.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.3

น้ำหนัก

ตารางที่ ก.3.1 น้ำหนักของจังหวัดตัวมีไข่

น้ำหนักจังหวัดตัวมีไข่ครั้งที่ 1 (กรัม)			
0.3885	0.3370	0.4842	0.4554
0.6458	0.4166	0.3995	0.4736
0.4107	0.4257	0.3856	0.4709
0.4655	0.3946	0.4026	0.3461
0.4470	0.3855	0.4439	0.5006
0.4673	0.3712	0.6191	0.4505
0.3786	0.4809	0.4352	0.4242
0.3557	0.3981	0.4235	0.5333
0.4230	0.3877	0.5012	0.4769
0.4543	0.4391	0.3358	0.3629
0.3612	0.5181	0.3933	0.4147
0.4183	0.3370	0.3409	0.4280
0.3119	0.4157	0.4033	0.4868
0.4316	0.3946	0.3314	0.4950
0.4841	0.3600	0.3729	0.5116
0.4896	0.4722	0.4093	0.4257
0.4835	0.3443	0.5172	0.4802
0.3313	0.4815	0.2781	0.5544
0.3972	0.5080	0.4893	0.4261
0.4656	0.4139	0.3812	0.4682
0.4564	0.3563	0.3573	0.4305
0.4304	0.3770	0.4078	0.4287
0.3953	0.3846	0.4583	0.5236
0.3985	0.4343	0.3973	0.4399
0.4549	0.4994	0.4089	0.4727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3.1 น้ำหนักของจิ้งหรีดตัวมีไข่ (ต่อ)

น้ำหนักจิ้งหรีดตัวมีไข่ครั้งที่ 2 (กรัม)			
0.3284	0.4416	0.4077	0.4455
0.3697	0.4028	0.2953	0.4735
0.3752	0.4736	0.3848	0.3742
0.4042	0.4489	0.3730	0.4824
0.4575	0.4228	0.5375	0.3769
0.3264	0.4519	0.4895	0.4658
0.4094	0.3803	0.3801	0.4937
0.3269	0.3571	0.4020	0.3212
0.5814	0.4079	0.3692	0.4475
0.3477	0.5431	0.3408	0.4157
0.2878	0.5085	0.4722	0.4048
0.3868	0.3508	0.5429	0.4662
0.4455	0.3361	0.4228	0.3654
0.4423	0.4290	0.3075	0.3538
0.5767	0.2890	0.3967	0.3728
0.4092	0.2481	0.3967	0.4537
0.4147	0.4173	0.4397	0.3607
0.3644	0.4444	0.4352	0.4812
0.4921	0.4123	0.5080	0.3879
0.5363	0.3631	0.4393	0.2974
0.2968	0.3245	0.5055	0.4278
0.4631	0.5423	0.5025	0.3292
0.4779	0.3448	0.4599	0.2862
0.3027	0.3919	0.3823	0.4081
0.4004	0.4146	0.5221	0.3497

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3.1 น้ำหนักของจังหวัดตัวมีไข่ (ต่อ)

น้ำหนักจังหวัดตัวมีไข่ครั้งที่ 3 (กรัม)			
0.4033	0.4031	0.4887	0.6085
0.5336	0.5139	0.5449	0.4729
0.5266	0.5904	0.4274	0.4902
0.4871	0.4353	0.5244	0.4082
0.4837	0.4842	0.4983	0.4381
0.3719	0.5082	0.5045	0.3956
0.4689	0.4361	0.5661	0.4521
0.4803	0.5091	0.5081	0.4143
0.4292	0.4526	0.4171	0.4259
0.4356	0.5162	0.4189	0.4478
0.5186	0.4200	0.5344	0.4562
0.4875	0.5850	0.4286	0.3447
0.3888	0.5099	0.4459	0.4997
0.4953	0.3875	0.4411	0.5360
0.4090	0.4254	0.4551	0.5124
0.4233	0.4181	0.3272	0.4036
0.4681	0.3970	0.4310	0.4386
0.4539	0.4498	0.3686	0.4080
0.3524	0.4108	0.4099	0.4770
0.4024	0.3922	0.4103	0.3551
0.4595	0.4790	0.3536	0.3859
0.4095	0.3972	0.4196	0.4237
0.4360	0.3805	0.3900	0.4067
0.4952	0.4873	0.4405	0.4298
0.4693	0.4878	0.4179	0.4046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3.2 น้ำหนักของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่

น้ำหนักจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 1 (กรัม)			
0.1805	0.2392	0.3155	0.2848
0.3068	0.1732	0.2881	0.2709
0.2435	0.2876	0.2095	0.2449
0.2685	0.1982	0.1545	0.2224
0.1905	0.2934	0.3019	0.2794
0.2204	0.1791	0.1707	0.2175
0.2263	0.2094	0.2339	0.2527
0.2981	0.3382	0.3193	0.2265
0.2451	0.2147	0.2449	0.2916
0.2972	0.2418	0.2188	0.1906
0.2190	0.2082	0.1860	0.1992
0.2912	0.2196	0.1302	0.2057
0.2566	0.2259	0.2608	0.2539
0.2494	0.2502	0.1878	0.2424
0.1989	0.2332	0.1876	0.1858
0.2577	0.1910	0.4209	0.2461
0.1989	0.2209	0.2342	0.2690
0.2686	0.2762	0.2643	0.2758
0.2852	0.2672	0.2216	0.2059
0.2323	0.1969	0.2050	0.3103
0.1861	0.2875	0.3241	0.2598
0.2013	0.2394	0.2074	0.2702
0.1943	0.3079	0.2209	0.2044
0.2619	0.2722	0.1916	0.2278
0.2864	0.2749	0.2161	0.1754

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3.2 น้ำหนักของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

น้ำหนักจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 2 (กรัม)			
0.2245	0.2995	0.2509	0.2914
0.2298	0.2266	0.2672	0.2515
0.1483	0.2806	0.1693	0.2274
0.2364	0.1586	0.2845	0.2355
0.1908	0.2479	0.1583	0.2576
0.1903	0.2749	0.2591	0.2056
0.2975	0.1991	0.2267	0.2323
0.2422	0.2496	0.2034	0.1776
0.1792	0.3113	0.2840	0.1855
0.2463	0.2493	0.2067	0.2350
0.1187	0.2091	0.1825	0.2158
0.2417	0.2356	0.3126	0.2896
0.2847	0.3248	0.2157	0.2569
0.2010	0.1988	0.2250	0.2555
0.2096	0.3084	0.2293	0.1728
0.2170	0.2896	0.1832	0.1571
0.1813	0.2146	0.2248	0.1961
0.2828	0.2059	0.2676	0.1665
0.2939	0.2782	0.3049	0.1585
0.3144	0.2013	0.2407	0.2558
0.3048	0.2052	0.1606	0.1661
0.2793	0.2736	0.1348	0.2281
0.2265	0.3043	0.2344	0.3027
0.2891	0.2477	0.2969	0.2863
0.2392	0.3170	0.2155	0.1352

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3.2 น้ำหนักของจังหวัดตัวไม่มีไข่ (ต่อ)

น้ำหนักจังหวัดตัวไม่มีไข่ครั้งที่ 3 (กรัม)			
0.2384	0.2375	0.2793	0.1976
0.2725	0.2899	0.3362	0.2554
0.1761	0.2304	0.1847	0.2021
0.3176	0.2009	0.2800	0.2778
0.2543	0.2243	0.2685	0.1859
0.2900	0.2389	0.1878	0.2532
0.3193	0.2764	0.2495	0.3098
0.2377	0.2732	0.1736	0.2093
0.2670	0.2536	0.2482	0.2147
0.2422	0.2213	0.1832	0.2182
0.3158	0.2381	0.2593	0.1686
0.2695	0.2069	0.3346	0.2794
0.2860	0.2291	0.2186	0.2180
0.2290	0.2689	0.1836	0.2252
0.2964	0.3237	0.2611	0.2708
0.4026	0.3296	0.3845	0.2428
0.2281	0.2058	0.2379	0.2086
0.2894	0.2724	0.3002	0.2592
0.3001	0.2816	0.1719	0.2701
0.2508	0.2511	0.1797	0.2214
0.2344	0.2470	0.2237	0.2012
0.2009	0.1439	0.2215	0.2125
0.3096	0.2399	0.3039	0.1961
0.2960	0.1491	0.2413	0.2079
0.3055	0.2143	0.2029	0.1727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.4

ความหนาแน่น

ตารางที่ ก.4.1 ความหนาแน่นของจิ้งหรีดตัวมีไข่

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักจิ้งหรีด (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความหนาแน่นจิ้งหรีด (กรัม/มิลลิลิตร)
1	24.47	70.58	127.00	0.5591
2	24.47	62.92	127.00	0.4954
3	24.47	61.34	127.00	0.4830

ตารางที่ ก.4.2 ความหนาแน่นของจิ้งหรีดตัวไม่มีไข่

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักจิ้งหรีด (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความหนาแน่นจิ้งหรีด (กรัม/มิลลิลิตร)
1	24.47	71.01	127.00	0.5557
2	24.47	63.68	127.00	0.5014
3	24.47	52.51	127.00	0.4135

ภาคผนวก ก.5
ความชื้นฐานแห้ง

ตารางที่ ก.5.1 ความชื้นฐานแห้งของจังหวัดตัวมีไข่

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความชื้นฐานแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
1	2.91	3.36	0.96	248.18
2	2.95	3.18	0.96	231.44
3	3.16	3.17	0.82	286.26

ตารางที่ ก.5.2 ความชื้นฐานแห้งของจังหวัดตัวไม่มีไข่

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความชื้นฐานแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
1	2.95	3.12	0.78	302.36
2	2.91	3.19	0.80	296.06
3	3.34	3.08	0.73	320.57

ภาคผนวก ก.6
ความชื้นฐานเปียก

ตารางที่ ก.6.1 ความชื้นฐานเปียกของจังหวัดฉะเชิงเทรา

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความชื้นฐานเปียก (เปอร์เซ็นต์)
1	2.91	3.36	0.96	71.28
2	2.95	3.18	0.96	69.83
3	3.16	3.17	0.82	74.11

ตารางที่ ก.6.2 ความชื้นฐานเปียกของจังหวัดฉะเชิงเทรา

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (กรัม)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความชื้นฐานเปียก (เปอร์เซ็นต์)
1	2.95	3.12	0.78	75.15
2	2.91	3.19	0.80	74.75
3	3.34	3.08	0.73	76.22

ภาคผนวก ก.7
แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสังกะสี

ตารางที่ ก.7.1 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสังกะสีของจังหวัดตัวมิไซ

ครั้งที่	ความลาดเอียง (องศา)
1	26
2	20
3	24
4	21
5	25
6	22
7	27
8	33
9	22

ตารางที่ ก.7.2 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสังกะสีของจังหวัดตัวมิไซ

ครั้งที่	ความลาดเอียง (องศา)
1	19
2	25
3	25
4	23
5	21
6	25
7	30
8	30
9	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.8
แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นแตนเลส

ตารางที่ ก.8.1 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสแตนเลสของจังหวัดตัวมีไข่

ครั้งที่	ความลาดเอียง (องศา)
1	32
2	28
3	30
4	23
5	34
6	35
7	29
8	41
9	29

ตารางที่ ก.8.2 แรงเสียดทานพื้นผิววัสดุที่เป็นสแตนเลสของจังหวัดตัวไม่มีไข่

ครั้งที่	ความลาดเอียง (องศา)
1	33
2	24
3	27
4	25
5	20
6	38
7	29
8	36
9	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.9
ความเร็วลมสุดท้าย

ตารางที่ ก.9.1 ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดที่มีไข่

ครั้งที่	ความเร็วลมสุดท้าย (เมตร/วินาที ²)
1	7.44
2	7.29
3	6.77
4	8.47
5	6.21
6	6.13
7	6.32
8	6.81
9	5.82

ตารางที่ ก.9.2 ความเร็วลมสุดท้ายของจังหวัดที่ไม่มีไข่

ครั้งที่	ความเร็วลมสุดท้าย (เมตร/วินาที ²)
1	6.87
2	6.19
3	6.77
4	6.62
5	6.34
6	7.07
7	7.07
8	6.66
9	6.52

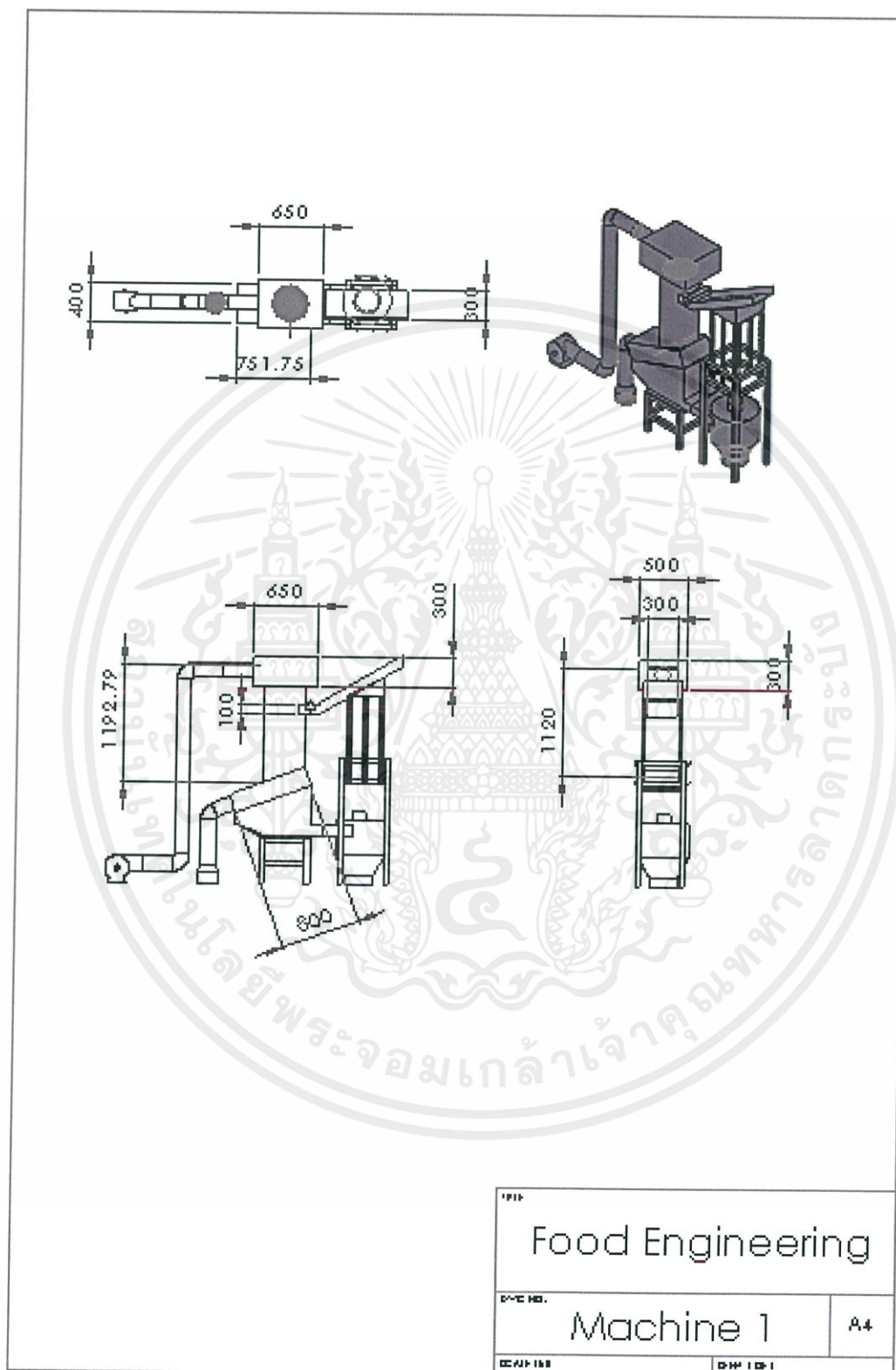


ภาคผนวก ข

แบบจำลองเครื่องคัตขนาดจิ๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

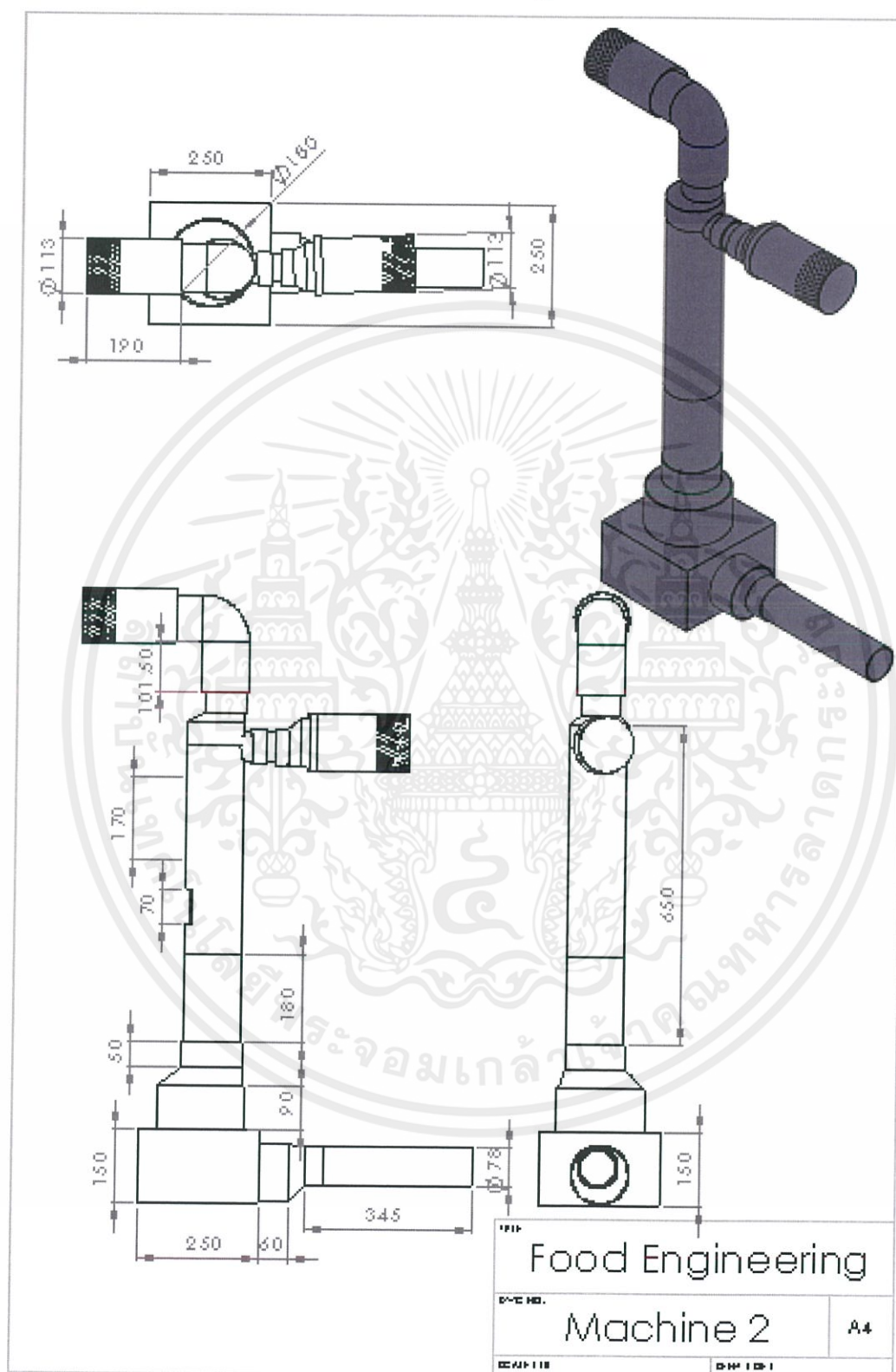
ภาคผนวก ข.1
เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 1



รูปที่ ข.1 แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

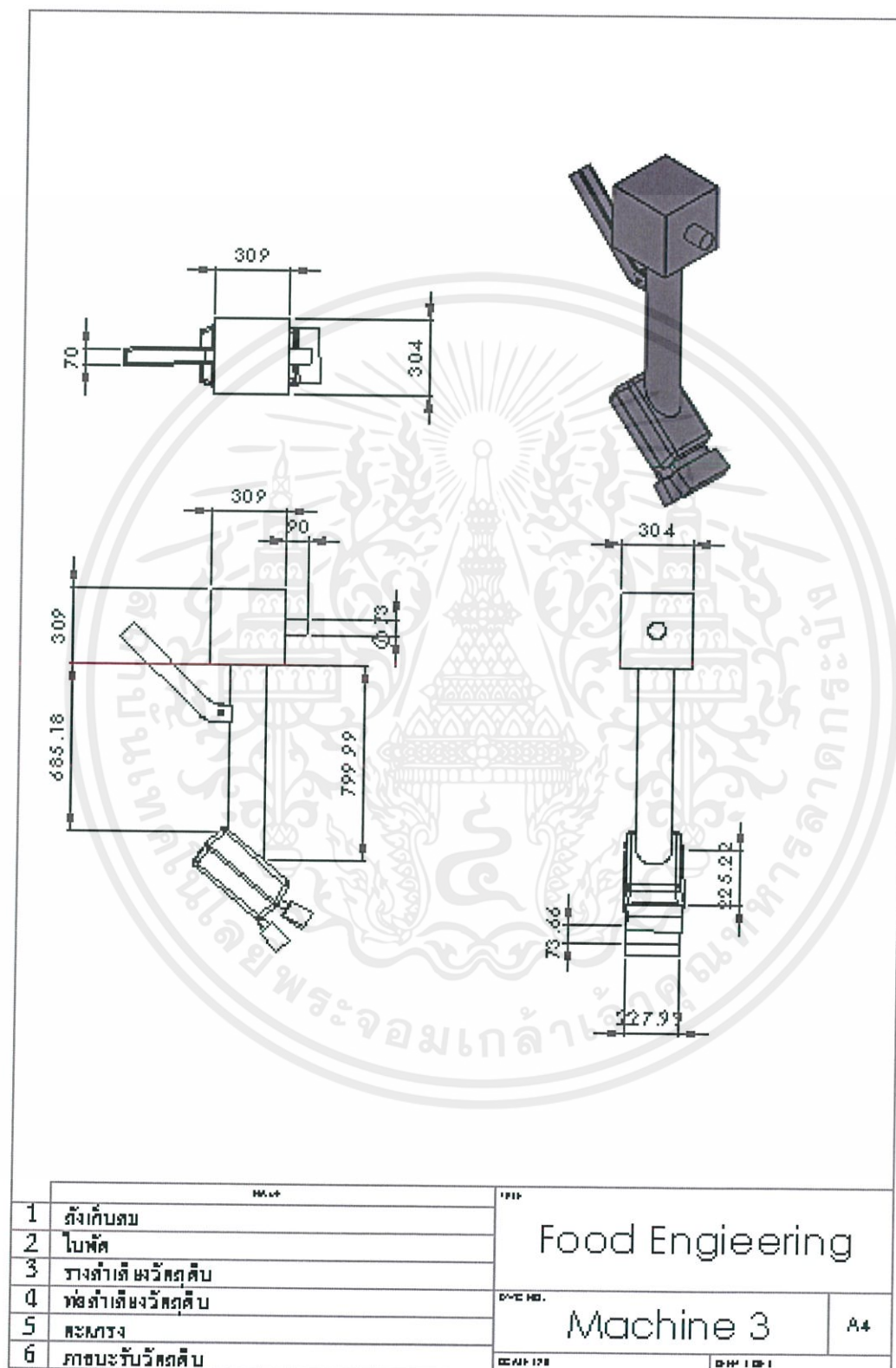
ภาคผนวก ข.2
เครื่องัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 2



รูปที่ ข.2 แบบจำลองเครื่องัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 2

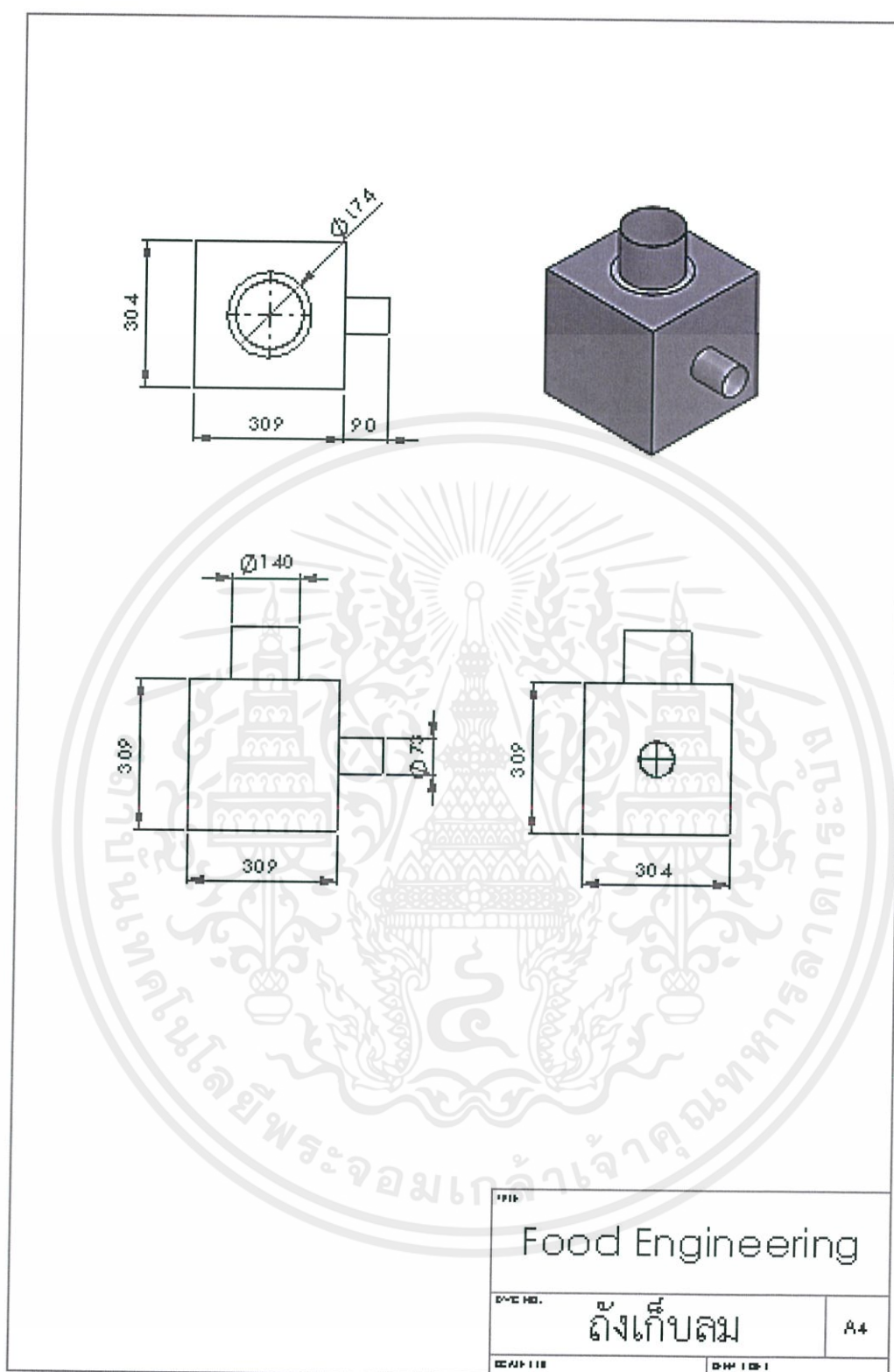
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.3
เครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดรูปแบบที่ 3



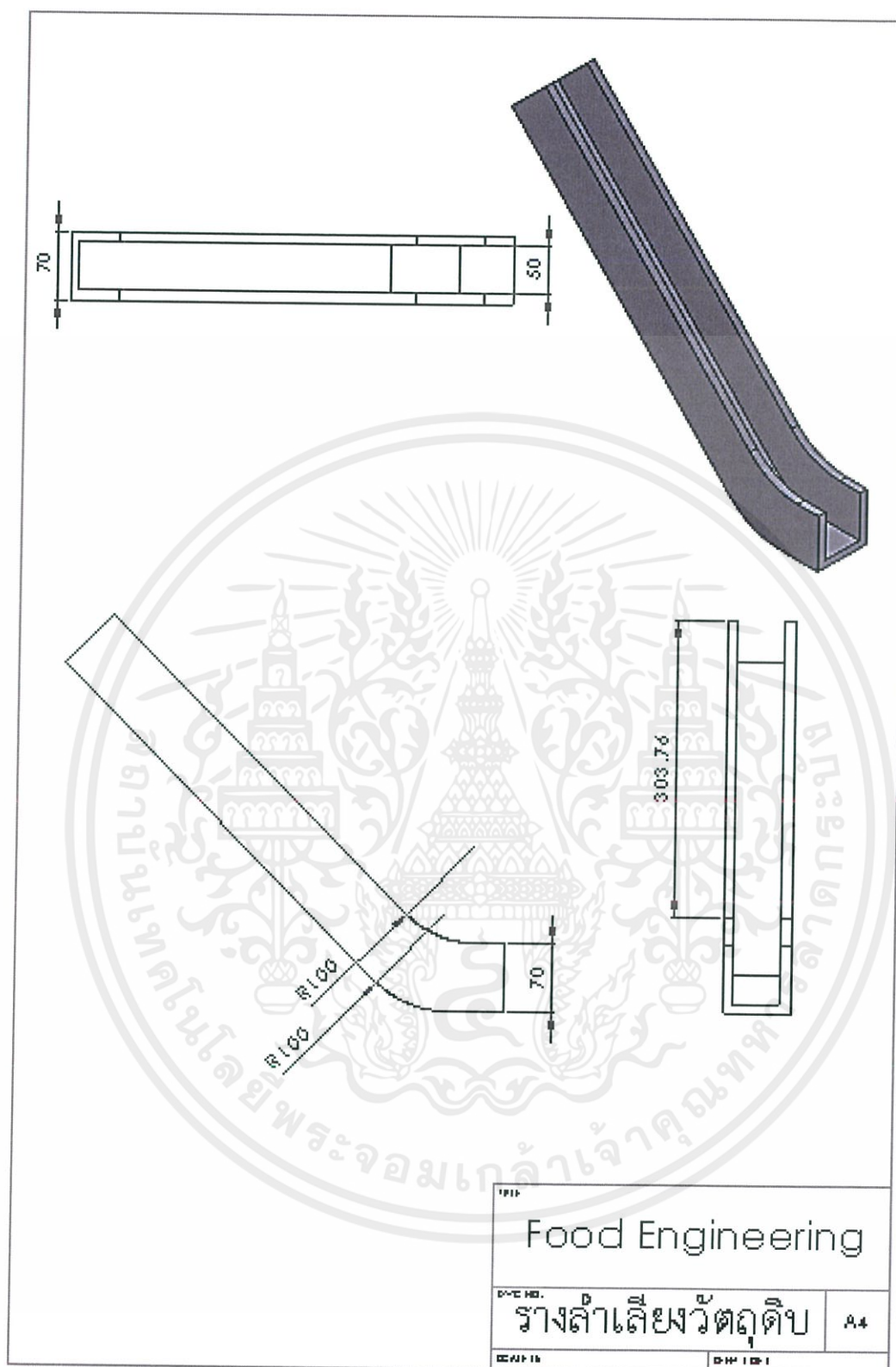
รูปที่ ข.3.1 แบบจำลองเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



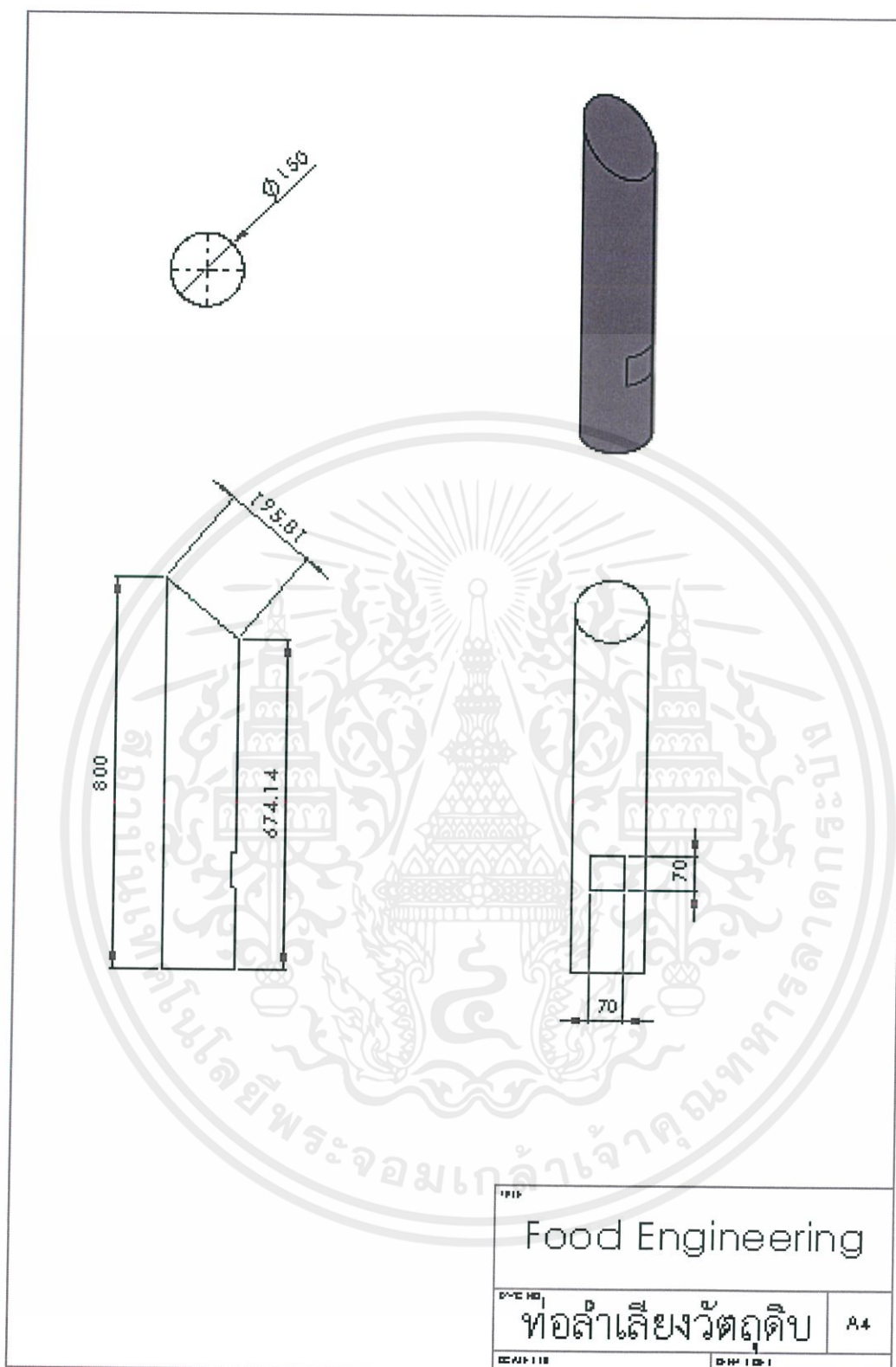
รูปที่ ข.3.2 แบบจำลองถึงเก็บลมในเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

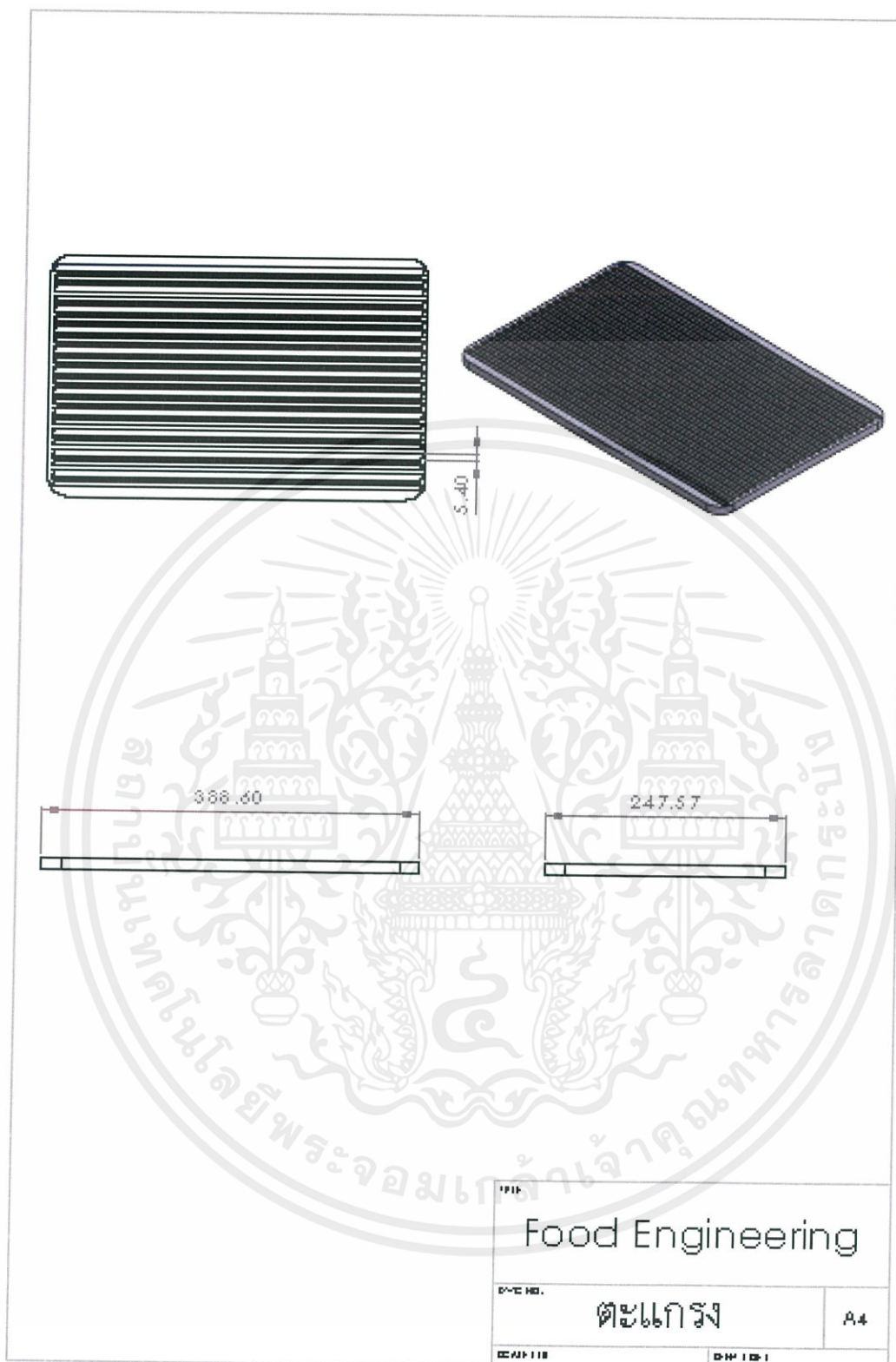


รูปที่ ข.3.4 แบบจำลองร่างลำเลียงวัตถุดิบในเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 3

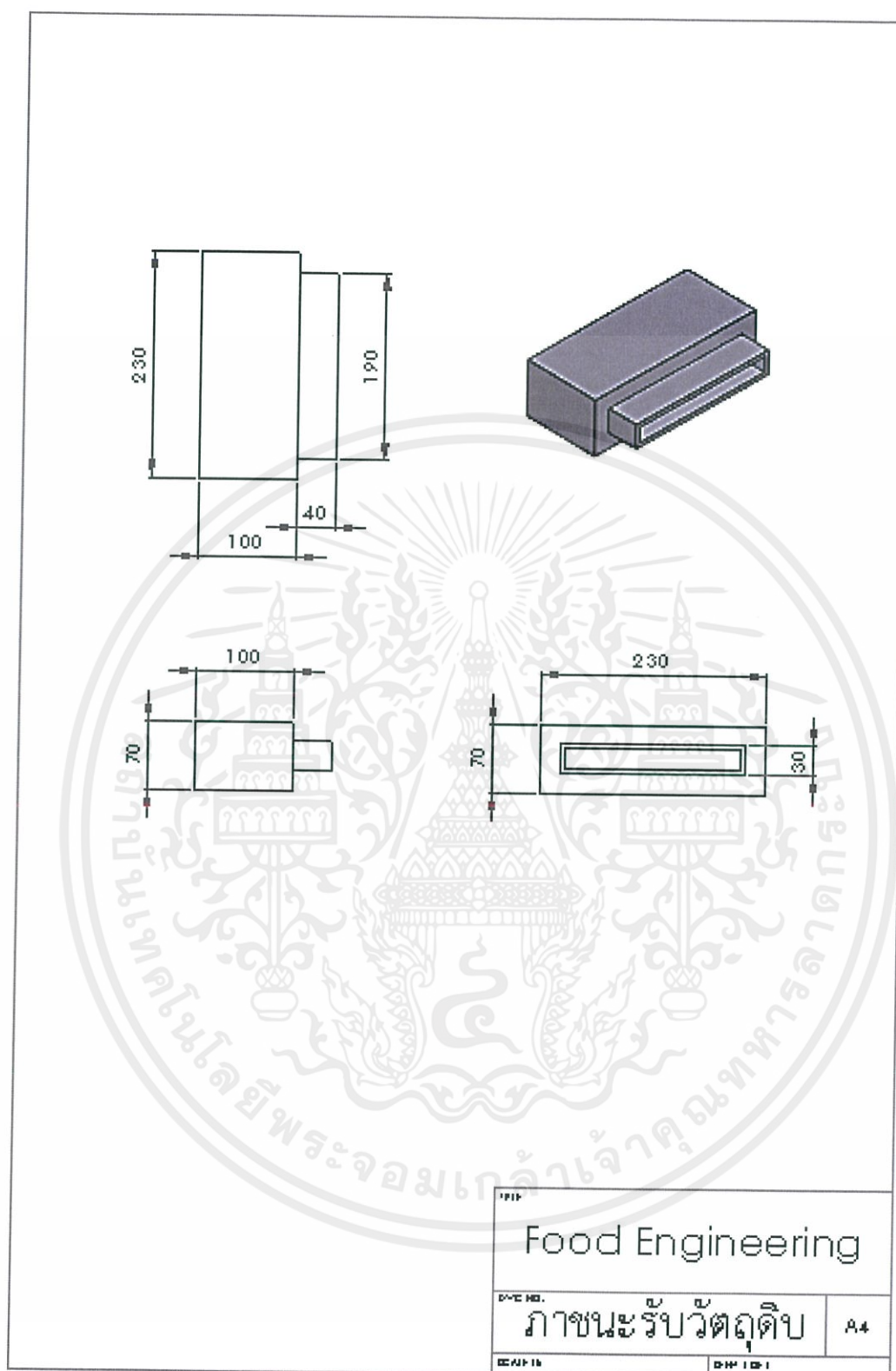
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3.5 แบบจำลองทอล้ำเลียงวัดถุดิบในเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 3



รูปที่ ข.3.6 แบบจำลองตะแกรงในเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีดแบบที่ 3



รูปที่ ข.3.7 แบบจำลองภาชนะรองรับวัตถุดิบในเครื่องคัสดขนาดจิ๋วแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



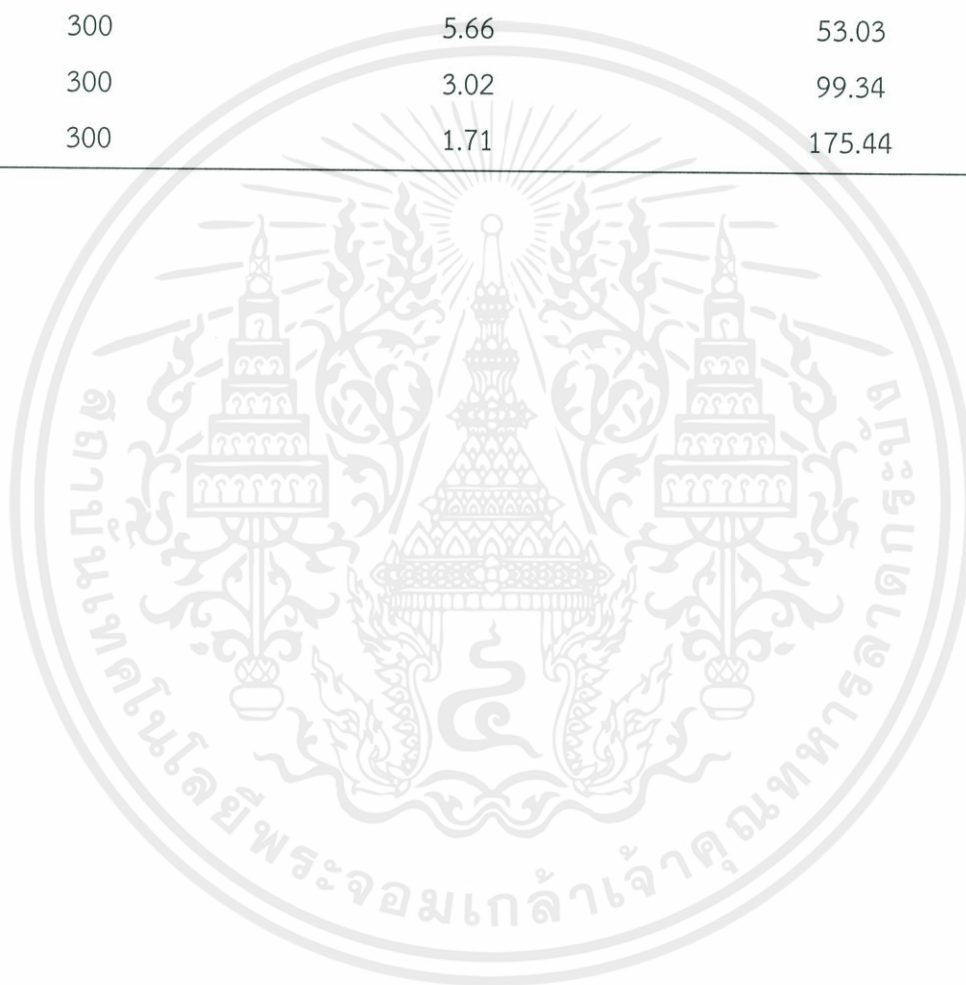
ภาคผนวก ค
ผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดจิ้งหรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.1
อัตราการบินจังหวัด

ตารางที่ ค.1 อัตราการบินจังหวัด

จำนวนจังหวัด (ตัว)	เวลา (วินาที)	อัตราการบิน (ตัว/วินาที)
300	9.17	32.71
300	7.63	39.33
300	5.66	53.03
300	3.02	99.34
300	1.71	175.44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.2
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของจังหวัด

ตารางที่ ค.2.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจังหวัดแบบเป่าลมขึ้น

จำนวนของจังหวัด	12.68 เมตร/วินาที	13.83 เมตร/วินาที	15.09 เมตร/วินาที
	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที
จังหวัดตัวมีไข่ (ตัว)	68	91	114
จังหวัดตัวไม่มีไข่ (ตัว)	45	72	47
จังหวัดทั้งหมด (ตัว)	113	163	161

หมายเหตุ จังหวัดทั้งหมด 300 ตัว

ตารางที่ ค.2.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคัดขนาดจังหวัดแบบเป่าลมลง

จำนวนของจังหวัด	2.42 เมตร/วินาที	3.58 เมตร/วินาที	4.62 เมตร/วินาที
	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที	60 ตัว/วินาที
จังหวัดตัวมีไข่ (ตัว)	138	146	143
จังหวัดตัวไม่มีไข่ (ตัว)	53	61	61
จังหวัดทั้งหมด (ตัว)	191	207	204

หมายเหตุ จังหวัดทั้งหมด 300 ตัว