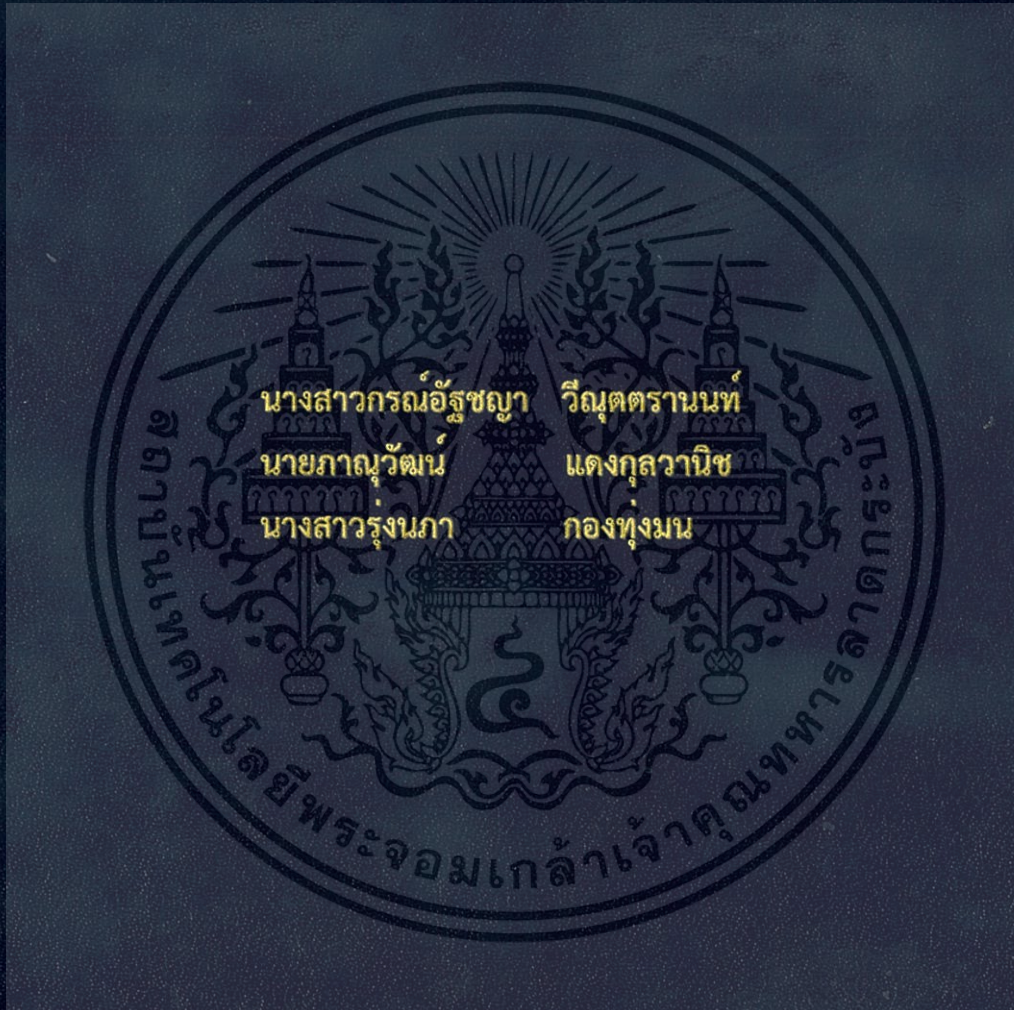


เครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

Design and development of peeling and removing mucilage machine
for Aloe Vera (ALOE BARBADENSIS MILL)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

Design and development of peeling and removing mucilage machine
for Aloe Vera (ALOE BARBADENSIS MILL)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and development of peeling and removing mucilage machine
for Aloe Vera (ALOE BARBADENSIS MILL)



Ms.Kornautchaya Veenuttranon
Mr.Panuwat Daengkulwanich
Ms.Rungnapa Kongthungmon

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEER
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง เครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกวุ้นทางจระเข้

Design and development of peeling and removing mucilage machine
for Aloe Vera (ALOE BARBADENSIS MILL)

นักศึกษาผู้ทำโครงการงาน

- | | | | |
|-------------------|--------------|--------------|----------|
| 1. นางสาวกรณัฐชญา | วีณุตตรานนท์ | รหัสนักศึกษา | 54010027 |
| 2. นายภาณุวัฒน์ | แดงกุลวานิช | รหัสนักศึกษา | 54010991 |
| 3. นางสาวรุ่งนภา | กองทุ่งมน | รหัสนักศึกษา | 54011086 |




.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	เครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจระเข้	
นักศึกษา	นางสาวกรณัฏฐญา	วิญุตตรานนท์
	นายภาณุวัฒน์	แดงกุลวานิช
	นางสาวรุ่งนภา	ก่องทุ่งมน
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สาทิป	รัตนภาสกร
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร	
	ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ปีการศึกษา	2557	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ดังนี้ 1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกว่านทางจระเข้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องต้นแบบ 2) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจระเข้ 3) ทดสอบเครื่องต้นแบบ การทดสอบเครื่องต้นแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ก) ส่วนการปอกเปลือก ตัวแปรคือความเร็วรอบลูกกลิ้งที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ส่งใบวานไปสู่การปอกเปลือก มี 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที ข) ส่วนการล้างเมื่อกว่าน ตัวแปรคืออัตราการไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีดมี 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองพบว่า 1) สมบัติทางกายภาพของใบวานทางจระเข้ได้แก่ ความหนา ความกว้าง ความหนาเปลือก ความเอียงใบ แรงกุด และแรงเฉือนเฉลี่ยเท่ากับ 28.05 มม. 100.75 มม. 2.25 มม. 5.41 องศา 139.94 นิวตัน และ 8.78 นิวตันตามลำดับ ซึ่งนำผลการทดลองมาออกแบบเครื่องโดยมีส่วนประกอบได้แก่ลูกกลิ้งยาง มีดปอกด้านข้าง มีดปอกด้านหน้าด้านหลัง และหัวฉีดล้างเมื่อกว่าน 2) การปอกเปลือกพบว่าที่ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาทีมีเปลือกติดเนื้อและอัตราปอกเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 2.77 เปอร์เซ็นต์และ 12 ใบต่อนาที 3) การล้างเมื่อกว่านพบว่าที่อัตราการไหลน้ำล้าง 3 ลิตรต่อนาที มีประสิทธิภาพการล้างสูงที่สุดเป็น 99.36 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนคิดเป็น 5 เท่า และมีระดับความพึงพอใจโดยรวมของเครื่องอยู่ในระดับ 4 จาก 5 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Design and development of peeling and removing mucilage machine for Aloe Vera (ALOE BARBADENSIS MILL)	
Student	Ms.Kornautchaya	Veenuttranon
	Mr.Panuwat	Daengkulwanich
	Ms.Runghapa	Kongthungmon
Project Advisor	Assoc.Prof.Satip	Rattanapaskorn
Submitted for	Bachelor Degree in Food Engineering Department of Food Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Academic Year	2014	

ABSTRACT

The objectives of this study were to : 1) study the physical properties of aloe vera 2) design mechanism for peeling and removing mucilage and 3) test the prototype machine. Testing of the prototype machine divided into 2 parts: a) peeling process (with 3 level of variable roller speeds : 15 20 and 25 rpm), which rollers are mechanical transmission component to control aloe vera leaf to peeling process b) removing mucilage process (with 3 level of variable flow rates : 1 2 and 3 L/min). The results showed that 1) physical properties in thickness width leaf-thickness angle of inclination compression and shear force are 28.05 mm. 100.75 mm. 2.25 mm. 5.41 degree 139.94 N. and 8.78 N. respectively. For these results were used to design parts of machine such as roller side-blade front-blade back-blade and water nozzle. 2) peeling process at 25 rpm was the best percentage of leaf attached solid and capacity 2.77% and 12 leaves/min respectively and 3) removing mucilage process at flow rate 3 L/min was the best percentage of washing efficiency at 99.36%.The prototype machine operate 5 times faster than manual with higher washing efficiency and overall satisfaction of the machine is in 4 level from 5 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษาและความเอาใจใส่ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีจาก รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เอกพงษ์ ชิวโตโสภณ ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะเกี่ยวกับงานและท่านคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาตั้งแต่เริ่มเข้าการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้นำมาประกอบการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอำนาจ คุตะคุ ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือในการทำเครื่องต้นแบบ

ขอขอบพระคุณ คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ ที่ให้ช่วยเหลือในการทำงานทั้งสถานที่ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่ให้กำลังใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวกรณัฐชญา วิญุตตรานนท์

นายภาณุวัฒน์ แดงกุลวานิช

นางสาวรุ่งนภา กองทุ่งมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของว่านหางจระเข้	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี	5
2.1.3 จุลกายวิภาคของว่านหางจระเข้	6
2.1.4 สารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยา	7
2.1.5 ประโยชน์ทางยาของว่านหางจระเข้	8
2.2 การแปรรูปว่านหางจระเข้	8
2.2.1 สถานการณ์ตลาดว่านหางจระเข้	10
2.3 การปกเปลือก	11
2.3.1 วิธีการปกเปลือกผักและผลไม้บางชนิด	11
2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปกเปลือก	12
2.4 การล้างเมือก	12
2.4.1 การกำจัดเมือกของเมล็ดกาแฟสุก	13
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการล้างเมือก	13
2.5 การทดสอบแรงกด	14
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ	16
3.1 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง	16
3.1.1 เกียร์ทดรอบ (Gear Reducer)	17
3.2 เพลาส่งกำลัง	17
3.2.1 วัสดุเพลลา	18
3.2.2 ขนาดของเพลลา	19
3.2.3 การพิจารณาในการออกแบบเพลลา	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 แบริ่ง (Bearings)	20
3.3.1 แบริ่งกบ (Plain bearings)	20
3.3.2 โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing)	20
3.4 สายพานส่งกำลัง (Belts)	21
3.4.1 ข้อดีข้อเสียของสายพานส่งกำลัง	21
3.4.2 ลักษณะการส่งกำลังด้วยแรง	21
3.4.3 ลักษณะของสายพาน	21
3.4.4 สายพานรูปตัววี (V belts)	22
3.5 สปริง (Spring)	24
3.5.1 สปริงขดรับแรงดึง (Extension Springs)	26
3.6 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ	29
3.6.1 สแตนเลส (Stainless steel)	29
3.6.2 เหล็ก	30
3.6.3 ยาง	31
3.7 หัวฉีด	31
3.8 ป้อนน้ำ	32
3.9 สมการของความต่อเนื่อง	34
3.8 สมการของแบร์นูลลี	35
3.11 สมมติฐานการออกแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว้านทางจระเข้	36
บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบ	37
4.1 การคำนวณและออกแบบเฟลา	37
4.1.1 คำนวณหาแรงจากสายพาน	37
4.1.2 คำนวณหาแรงในแนวตั้ง	43
4.1.3 คำนวณหาแรงในแนวระดับ	44
4.1.4 คำนวณขนาดเฟลา	45
4.2 การคำนวณหาแรงดันน้ำ	46
4.3 การออกแบบกลไกเครื่องต้นแบบการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว้านทางจระเข้	48
4.3.1 การออกแบบกลไกการปอกเปลือก	48
4.3.1.1 ลูกกลิ้งยาง	48
4.3.1.2 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้าง	49
4.3.1.3 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง	51
4.3.2 การออกแบบกลไกการล้างเมื่อกว้าน	52
4.2.3 หลักการทำงาน	53
4.3 รายการชิ้นส่วน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	56
5.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง	56
5.1.1 วัสดุดิบ	56
5.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง	56
5.2 วิธีการทดสอบ	57
5.2.1 การหาสมบัติทางกายภาพของว่านหางจระเข้	57
5.2.2 การออกแบบกลไกสำหรับการปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้	59
5.2.3 การทดสอบกลไกสำหรับการปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้	59
5.2.4 วิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้	61
5.3 ผลการทดสอบ	62
5.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพว่านหางจระเข้	62
5.3.2 การทดสอบการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้	62
5.3.3 การทดสอบการล้างเมื่อว่านหางจระเข้	66
5.3.4 การทดสอบความพึงพอใจ	68
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	69
6.1 สรุปผลการวิจัย	69
6.2 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก. ตารางที่ใช้ในการคำนวณเพื่อการออกแบบ	72
ภาคผนวก ข. แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้	79
ภาคผนวก ค. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของว่านหางจระเข้	91
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบเครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้	95
ภาคผนวก จ. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของวุ้นหางจระเข้	4
ตารางที่ 2.2 คุณค่าอาหารของวุ้นหางจระเข้ต่อ 100 กรัม	6
ตารางที่ 2.3 พื้นที่ปลูกของวุ้นหางจระเข้ ณ จังหวัดต่างๆของประเทศไทย	9
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ในการรับซื้อวุ้นหางจระเข้ในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์	10
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติที่นำมาใช้ในการทดสอบ	15
ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วนของเครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกวุ้นหางจระเข้	55
ตารางที่ 5.1 ระดับคะแนนความสะอาดของการล้างวุ้นหางจระเข้	60
ตารางที่ 5.2 ระดับความพึงพอใจการทำงานเครื่องต้นแบบ	61
ตารางที่ 5.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพวุ้นหางจระเข้	62
ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพการปอกเปลือกจากร้อยละเปลือกที่ติดไปกับเนื้อเทียบกับคน	63
ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพการปอกเปลือกจากร้อยละของเนื้อที่ติดไปกับเปลือกเทียบกับคน	63
ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่อประสิทธิภาพการปอกเปลือก	64
ตารางที่ 5.7 ร้อยละผลได้ของการปอกเปลือกเทียบกับคน	64
ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่อร้อยละผลได้ของการปอก	65
ตารางที่ 5.9 อัตราการป้อนใบวุ้นหางจระเข้เทียบกับคน	65
ตารางที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่ออัตราการป้อนใบวุ้นหางจระเข้	66
ตารางที่ 5.11 ประสิทธิภาพการล้างใบวุ้นหางจระเข้เทียบกับคน	66
ตารางที่ 5.12 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำต่อประสิทธิภาพการล้าง	67
ตารางที่ 5.13 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำต่อความสะอาดของการล้าง	67
ตาราง ก.1 ภาวะที่กระทำกับเพลลา	73
ตาราง ก.2 มาตรฐานของสายพานรูปตัววีชนิดต่าง	73
ตาราง ก.3 ความยาวเส้นรอบสายพานขนาดมาตรฐาน	74
ตาราง ก.4 ค่าแก้สำหรับแปลงความยาวเส้นรอบรูปสายพาน	74
ตาราง ก.5 อัตราการส่งกำลังสายพาน	75
ตาราง ก.6 แฟกเตอร์แก้มุมโอบ	76
ตาราง ก.7 แฟกเตอร์แก้ความยาวสายพาน	77
ตาราง ก.8 แฟกเตอร์การใช้งาน	77
ตาราง ก.9 แฟกเตอร์แก้สำหรับสายพานรูปตัววี	78
ตาราง ค.1 ผลการวัดขนาดด้านกว้าง ด้านยาว ด้านหนา และน้ำหนักของใบวุ้นหางจระเข้	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ตาราง ค.2 แรกกดที่กระทำบนใบว่านทางจระเข้ที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก	93
ตาราง ค.3 แรกกดที่กระทำบนใบว่านทางจระเข้ที่ปอกเปลือกแล้ว	93
ตาราง ค.4 มุมมีดด้านข้าง	93
ตาราง ค.5 มุมมีดส่วนโค้ง	94
ตาราง ค.6 ร้อยละผลได้ของการปอกเปลือกด้วยมือ	94
ตาราง ง.1 ผลการทดสอบกลไกการทำงานเครื่องต้นแบบในการปอกเปลือก ด้านประสิทธิภาพการปอกเปลือก	96
ตาราง ง.2 ผลการทดสอบการปอกเปลือก ด้านประสิทธิภาพการปอกเปลือกโดยคนปอก	96
ตาราง ง.3 ผลการทดสอบกลไกการทำงานเครื่องต้นแบบในการปอกเปลือก ด้านร้อยละผลได้	97
ตาราง ง.4 ผลการทดสอบการปอกเปลือก ด้านร้อยละผลได้โดยคนปอก	97
ตาราง ง.5 ผลการทดสอบกลไกการทำงานเครื่องต้นแบบในการปอกเปลือก ด้านอัตราการปอก	98
ตาราง ง.6 ผลการทดสอบการปอกเปลือก ด้านอัตราการปอกได้โดยคนปอก	98
ตาราง ง.7 ผลการทดสอบกลไกการทำงานเครื่องต้นแบบในการล้างเปลือก ด้านประสิทธิภาพการล้าง	99
ตาราง ง.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างเปลือกโดยคนล้าง	99
ตาราง ง.9 ผลการทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน	101
ตาราง ง.10 ผลการทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของเครื่อง	102
ตาราง จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละของเนื้อติดไปกับเปลือก	106
ตาราง จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อ	106
ตาราง จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละผลได้ของการปอกเปลือก	106
ตาราง จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการป้อนใบว่านทางจระเข้	106
ตาราง จ.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของประสิทธิภาพการล้าง	107
ตาราง จ.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความสะอาดของการล้าง	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ว่านหางจระเข้ <i>Aloe barbadensis</i> Mill	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางกายวิภาคภาพตัดขวางของใบว่านหางจระเข้ที่เจริญเต็มที่	7
รูปที่ 2.3 กราฟเส้นโค้งเนื้อสัมผัส	14
รูปที่ 3.1 เกียรติครอบแบบแนวนอน	17
รูปที่ 3.2 เกียรติครอบแบบแนวตั้ง	17
รูปที่ 3.3 รูปร่างหน้าตัดของสายพานรูปตัววี	24
รูปที่ 3.4 ตัวแปรต่างๆของสปริง	25
รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ของระยะยุบ และแรงกด	26
รูปที่ 3.6 ลักษณะปลายประเภทต่าง ๆ ของสปริงขดรับแรงดึง	27
รูปที่ 3.7 จุดรวมความเค้นที่ปลายสปริงขดรับแรงดึงแบบต่าง ๆ	27
รูปที่ 3.8 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับระยะการยืดตัวของสปริง	28
รูปที่ 3.9 หัวฉีดยาแบบแรงประทะ	32
รูปที่ 3.10 หัวฉีดยาแบบรูปพัด	32
รูปที่ 3.11 หัวฉีดยาแบบกรวย	33
รูปที่ 3.12 ส่วนหนึ่งของท่อของของไหลที่กำลังไหล	34
รูปที่ 4.1 Free body diagram ของเพลา	37
รูปที่ 4.2 Free body diagram ของพู่ล้อย	37
รูปที่ 4.3 Free body diagram ของเพลา	43
รูปที่ 4.4 Free body diagram ของเพลาในแนวตั้ง	43
รูปที่ 4.3 แรงและโมเมนต์บนเพลาของแนวตั้ง	44
รูปที่ 4.4 Free body diagram ของเพลาในแนวระดับ	44
รูปที่ 4.5 แรงและโมเมนต์บนเพลาของแนวระดับ	45
รูปที่ 4.6 ลูกกลิ้งผิวขรุขระ	48
รูปที่ 4.7 ลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน	49
รูปที่ 4.8 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนสองแกน	49
รูปที่ 4.9 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกน	50
รูปที่ 4.10 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกนและล้อเลื่อน	50
รูปที่ 4.11 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลังแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกน	51
รูปที่ 4.12 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลังแบบใบมีดตรง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 4.13 หัวฉีดแรงดันน้ำแบบรูปกรวย	52
รูปที่ 4.14 ชุดกลไกการล้างเมื่อกว่านหางจระเข้	52
รูปที่ 4.15 แผนภาพหลักการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้	53
รูปที่ 4.16 เครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้	54
รูปที่ 5.1 ขนาดว่านหางจระเข้สำหรับใช้ทดลอง	57
รูปที่ 5.2 มุมใบว่านหางจระเข้ด้านข้าง	57
รูปที่ 5.3 มุมใบว่านหางจระเข้ส่วนโค้ง	58
รูปที่ 5.4 แบ่งว่านหางจระเข้เป็น 4 ส่วน	58
รูปที่ 5.5 การทดสอบแรงกดโดยเครื่อง Texture analyser	58
รูปที่ ข.1 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้	80
รูปที่ ข.2 แบบชุดป้อนสำหรับป้อนใบว่านเข้าสู่เครื่องต้นแบบ	81
รูปที่ ข.3 แบบลูกกลิ้งชุดที่ 1	82
รูปที่ ข.4 แบบลูกกลิ้งชุดที่ 2	83
รูปที่ ข.5 แบบใบมีดสำหรับปอกเปลือกด้านข้าง	84
รูปที่ ข.6 แบบใบมีดสำหรับปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง	85
รูปที่ ข.7 แบบโครงเครื่อง	86
รูปที่ ข.8 แบบชุดแบร์ริงเคลื่อนที่	87
รูปที่ ข.9 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้ (ด้านหน้า)	88
รูปที่ ข.10 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้ (ด้านข้าง)	89
รูปที่ ข.11 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้ (ด้านหลัง)	90
รูปที่ ค.1 แบ่งว่านหางจระเข้เป็น 4 ส่วน	92
รูปที่ ง.1 ตัวอย่างแบบทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน	100

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ว่านหางจระเข้เป็นหนึ่งในพืชสมุนไพรที่นิยมนำมาแปรรูป เนื่องจากว่านหางจระเข้มีประโยชน์ในการรักษาแผลในกระเพาะอาหาร สมานแผล รักษาแผลไหม้เนื่องจากความร้อน ลดการอักเสบ เป็นยาระบาย (จุฬารัตน์, 2548) และยังมีผลต่อการลดน้ำตาลในเลือด (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2553) ดังนั้นจึงมีการนำว่านหางจระเข้มาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อบริโภคเป็นอาหารบำรุงสุขภาพและเพิ่มความสดชื่นให้แก่ร่างกาย ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก ว่านหางจระเข้เป็นหนึ่งในส่วนประกอบหลักที่ถูกนำมาใช้ประกอบการทำผลิตภัณฑ์ ทำให้ภาคอุตสาหกรรมไปจนถึงวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) อย่างเช่นกลุ่มแม่บ้าน-กลุ่มสตรีได้นำว่านหางจระเข้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย โดยว่านหางจระเข้ที่นำมาแปรรูปมีการจำแนกตามน้ำหนัก อายุ และลักษณะ โดยมีข้อกำหนดลักษณะเชิงการค้าที่รับซื้อจากเกษตรกรไว้ดังนี้คือใบว่านต้องมีน้ำหนักตั้งแต่ 0.5 กิโลกรัม มีอายุตั้งแต่ 8 เดือน ถึง 1 ปีขึ้นไป มีลำต้นอวบใหญ่ ใบกว้างตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ขอบใบมีหนามแหลมสด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) เมื่อผ่านข้อกำหนดแล้วว่านหางจระเข้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเริ่มตั้งแต่กรรมวิธีการปอกเปลือกเขียวออกจนเหลือเพียงเนื้อใสที่เรียกว่าวุ้นหรือเนื้อเจลโดยทั่วไปมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงร้อยละ 99.19 และน้ำยางหรือยาค่าที่ติดอยู่กับใบว่านหางจระเข้ โดยน้ำยางไหลออกมาเมื่อกรีดใบออกจากเนื้อเจล ต้องมีกรรมวิธีการล้างน้ำสะอาดให้ยางสีเหลืองที่ติดมาออกให้หมดเพื่อป้องกันอันตรายจากน้ำยางซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ แต่หากรับปริมาณที่มากกว่า 50 ppm ส่งผลให้เป็นอันตรายเกิดการระคายเคืองผิวหนัง (จิตตา, 2551) จากนั้นนำว่านหางจระเข้ไปหั่นหรือปั่นก่อนนำเข้ากระบวนการอื่นเช่นการผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหรือบรรจุกระป๋อง ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ ของการแปรรูปว่านหางจระเข้ให้ได้วุ้นที่พร้อมรับประทานใช้เวลามาก โดยในส่วนของกระบวนการปอกเปลือกหากใช้แรงงานคนใน 1 นาที ปอกเปลือกได้ประมาณ 2 ใบ และในส่วนของกระบวนการล้างเมื่อกออกต้องเสียเวลาและใช้น้ำล้างจำนวนมาก

การศึกษาขั้นตอนการแปรรูปว่านหางจระเข้ยังพบว่าเนื้อเจลว่านหางจระเข้มีความคงสภาพต่ำมาก เมื่อสูญเสียความคงสภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพคือสีคล้ำขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลดำ กลิ่นผิดไปจากเดิม และอาจมีการตกตะกอนหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาเกิดการเน่าเสียของเจล (ศุภกานต์, 2544) จึงเกิดแนวความคิดในการศึกษาและออกแบบเครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้ เพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการการปอกเปลือกและล้างเมื่อกแบบต่อเนื่องซึ่งคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความเสื่อมเสียของเจลว่านหางจระเข้ เช่น แรงที่ใช้กระทำกับใบว่านหางจระเข้ขณะปอกเปลือกต้องไม่ทำให้เจลเสียหาย และศึกษากลไกการล้างเมื่อกเพื่อลดความเสี่ยงของการเสื่อมเสียของเจลให้พร้อมนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต่อไป ซึ่งยังมุ่งหวังให้การทำงานของกลไกการปอกเปลือกนี้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นให้เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อประหยัดเวลาและลดต้นทุนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อออกแบบเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้ โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. เพื่อศึกษาวิธีการปอกเปลือกกว่านทางจระเข้
2. เพื่อออกแบบกลไกที่เหมาะสมในการปอกเปลือกกว่านทางจระเข้
3. เพื่อศึกษาการล้างเปลือกด้วยวิธีการใช้หัวฉีดแรงดันน้ำ
4. เพื่อทดสอบกลไกที่เหมาะสมสำหรับการปอกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้ในกระบวนการเดียวกัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ใช้กว่านทางจระเข้พันธุ์ *Barbadensis* Mill แหล่งที่มา บ้านรักษศิริ บางพลีใหญ่ เลขที่ 168/1 หมู่ที่ 21 ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
2. ใช้กว่านทางจระเข้ น้ำหนัก 0.6-0.8 กิโลกรัม
3. ใช้วิธีการล้างเปลือกแบบหัวฉีดแรงดันน้ำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รู้กลไกที่เหมาะสมสำหรับการปอกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้
2. ได้แนวทางในการออกแบบเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของว่านหางจระเข้

ว่านหางจระเข้เป็นพืชที่ชอบขึ้นในดินปนทรายและมีแดดส่อง มักขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อไปปลูกโดยปลูกห่างกัน 30-50 เซนติเมตร เมื่อเริ่มปลูกต้องรดน้ำวันละครั้ง เมื่อตั้งตัวได้แล้วต้องการน้ำน้อย ระยะเวลาการปลูกจนกว่านำไปใช้ประโยชน์ได้ใช้เวลาประมาณ 1 ปี

ในอดีตการปลูกว่านหางจระเข้ถูกปลูกเป็นไม้ประดับตามบ้านเรือน หรือปลูกไว้ใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคในครัวเรือนเท่านั้น เนื่องจากเป็นว่านหางจระเข้พันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิม ต้นมีขนาดเล็กจึงทำให้วันหรือเมื่อกในใบมีจำนวนน้อยไปด้วย ไม่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชิงพาณิชย์ได้ แต่ในปัจจุบันได้มีการขยายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์บาร์บาเดนซิส (*Barbadensis*) เป็นว่านหางจระเข้ที่มีขนาดของใบหนักประมาณ 0.8-1 กิโลกรัม เมื่อปลูกได้ 1 ปี ซึ่งปริมาณเนื้อว่านมากเหมาะที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชิงพาณิชย์ ซึ่งภายในมีวุ้นใส ๆ เรียกว่าเจล ลักษณะของเจลอาจมีสีเหลืองอ่อน หรือไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและมีค่า pH ประมาณ 4-5 นอกจากนี้ยังมีน้ำยางสีเหลืองที่เรียกว่ายาดำ

ว่านหางจระเข้สดโดยทั่วไปมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงร้อยละ 99.19 ส่วนประกอบที่เหลือของว่านหางจระเข้อยู่ในรูปของแข็ง (Solid component) ซึ่งประกอบด้วยสารต่าง ๆ มากมายโดยปริมาณสารต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สถานที่ อายุและขนาดของว่าน รวมทั้งปริมาณน้ำ อากาศ แสงแดดที่ให้แก่ว่านหางจระเข้ด้วย ว่านหางจระเข้เป็นพืชสมุนไพรที่ปลูกมากในภาคตะวันตก เป็นพืชเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ราชบุรี กาญจนบุรี ฉะเชิงเทราและประจวบคีรีขันธ์ เป็นต้น (ศุภกานต์, 2544)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ว่านหางจระเข้จัดอยู่ในวงศ์ *Asphodelaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aloe vera* (L.) ชื่อท้องถิ่น ได้แก่ ว่านไฟไหม้ (ภาคเหนือ) ว่านหางจระเข้ (ภาคกลาง) และนำเต็ก (จีน) มีแหล่งกำเนิดอยู่ในชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและบริเวณตอนใต้ของทวีปแอฟริกา พันธุ์ของว่านหางจระเข้มีมากกว่า 300 สายพันธุ์เช่น *Aloe ferox* mill. *Aloe indica* royle. *Aloe barbadensis* mill. *Aloe perrybaker*. และ *Aloe arborescens* เป็นต้น มีทั้งพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่มากไปจนถึงพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 เซนติเมตร อาจใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aloe vera* Linn. ในการเรียนแทนพืชชนิดนี้ทั้งหมด เนื่องจากมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบเดียวกัน

ว่านหางจระเข้จัดเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสั้น ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเป็นกระจุกที่ปลายลำต้น รูปร่างยาว ปลายแหลม ขอบใบมีหนามแหลม ผิวสีเขียวมีจุดต่างสีขาว ใบหนา อวบน้ำ ภายในใบของว่านหางจระเข้ ประกอบด้วยส่วนของน้ำยางและเจลหรือวุ้นจากใบ

ใบว่านหางจระเข้ที่นำไปใช้ประโยชน์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. น้ำยางหรือยาดำ เมื่อกรีดใบน้ำยางที่ไหลออกมาใหม่ ๆ ไม่มีสี เมื่อทิ้งไว้ให้น้ำยางถูกกับอากาศ น้ำยางเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงน้ำตาล สารเคมีที่พบในน้ำยางส่วนใหญ่ได้แก่ บาร์บาโลอิน (Barbaloin) หรือ คาปาโลอิน (Capaloin) เป็นสารพวกกลูโคไซด์ นอกจากนี้ยังมีสารประเภทแอนทราควิโนนไกลโคไซด์ (Anthraquinone glycoside) ซึ่งสารนี้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ กระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ใหญ่ นิยมใช้เป็นยาระบาย โดยสารแอนทราควิโนนที่มากกว่า 50 ppm ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ นอกจากนี้ยังออกฤทธิ์ทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง

2. น้ำเมือกหรือวุ้นจากใบ (*Aloe vera gel*) มีส่วนประกอบหลักเป็นกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารพวกโพลีแซคคาไรด์ สารพวกนี้มีคุณสมบัติคล้ายกับกัวกัม สารสำคัญเช่น อโลอีโมดิน (Aloe-emodin) อโลซิน (Aloesin) อโลอิน (Aloin) สารประเภทไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) เช่น อล็คติน-เอ (Aloctin-A) มีฤทธิ์ลดอาการอักเสบ และอื่น ๆ มีสรรพคุณรักษาแผลต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและช่วยสมานแผลได้ (จิตตา, 2551)



รูปที่ 2.1 ว่านหางจระเข้ *Aloe barbadensis* Mill

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของว่านหางจระเข้

องค์ประกอบ	วุ้น (เปอร์เซ็นต์)	เปลือก (เปอร์เซ็นต์)
ของแข็งทั้งหมด	0.5	1.5
โพลีแซคคาไรด์	0.12	0.16
น้ำ	99.5	98.5

ส่วนของเปลือก หมายถึง เปลือกและยางของว่านหางจระเข้ (จิตตา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

ว่านหางจระเข้ประกอบด้วยสารต่าง ๆ หลายชนิดซึ่งได้แก่

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เป็นองค์ประกอบหลักในส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันตามชนิด ฤดูกาล ขนาดและอายุของว่าน โดยทั่วไปมีประมาณร้อยละ 0.3-0.8 ของเจล และอยู่ในรูปของพอลิแซคคาไรด์ซึ่งได้แก่อะราบีโนกาแลคแทน (Arabinogalactans) กลูโคแมนแนน (Glucomannans) อะเซทิลเลทกลูโคแมนแนน (Acetylated glucomannan) และกลูแคน (Glucan) เป็นต้น น้ำตาลที่พบมากคือกลูโคส (Glucose) และแมนโนส (Mannose) ซึ่งรวมตัวเป็นกลูโคแมนแนนที่มีอัตราส่วนกลูโคสต่อแมนโนสเท่ากับ 1 ต่อ 2.8 ความข้นหนืดของเจลขึ้นกับอัตราส่วนดังกล่าว และการเกิดปฏิกิริยาอะซิติลเลชัน (Acetylation) ของกลูโคแมนแนน ส่วนน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ได้แก่ กาแล็กโทส (Galactose) ไซโลส (Xylose) อะราบินโนส (Arabinose) แรมโนส (Rhamnose) เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และแพนโทซาน (Pantosan)
2. โปรตีน (Protein) เจลจากว่านหางจระเข้มีโปรตีนร้อยละ 0.013 – 0.06 กรดอะมิโนที่มีมากได้แก่ กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid) แอสพาราจิ้น (Asparagin) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) อาร์จินีน (Arginine) และซีรีน (Serine) นอกจากนี้มีฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) วาลีน (Valine) ลูซีน (Leucine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ไกลซีน (Glycine) และกลูตามีน (Glutamine) เป็นต้น มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นอยู่ 8 ชนิดโดยมีอาร์จินีนและฮีสทีดีนปริมาณมากกว่าชนิดอื่นคือ ร้อยละ 18 และ 13 ตามลำดับ
3. เอนไซม์ (Enzyme) ส่วนมากเป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลส (Hydrolase) และออกซิโดรีดักเทส (Oxidoreductase) ซึ่งได้แก่เซลลูเลส (Cellulase) คะตาเลส (Catalase) อะไมเลส (Amylase) ออกซิเดส (Oxidase) คาร์บอกซีเปปติเดส (Carboxypeptidase) บราดีไคนินเนส (Bradykininase) เปอร้ออกซิเดส (Peroxidase) และไลเปส (Lipase) เอนไซม์ทั้งหมดอยู่ภายในไมโทคอนเดรียของเซลล์พืชเมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายมีการปลดปล่อยเอนไซม์เหล่านี้ออกมาโดยเฉพาะ เอนไซม์บราดีไคนินเนสซึ่งช่วยลดอาการอักเสบ
4. สเตอรอล (Sterols) พบว่ามีแคมเปสเตอร์ล (Campesterol) บีตาซิโตสเตอร์ล (β -sitosterols) และโคเลสเตอรอล (Cholesterol) จำนวนเล็กน้อย
5. กรดอินทรีย์พบจำนวนเล็กน้อย ได้แก่กลูตามิก (Glutamic) กรดซิตริก (Citric acid) กรดไอโซซิตริก (Isocitric acid) กรดมาโลนิก (Malonic acid) กรดฟูมาริก (Fumaric acid) กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) กรดซักซินิก (Succinic acid) กรดมาเลอิก (Maleic acid) กรดไพรูวิก (Pyruvic acid) และอนุพันธ์ของกรดฟีนอลิก (Phenolic derivatives) เช่น อโลซิน (Aloesin) อโลนิน (Aloenin) ปริมาณของกรดอินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งพบว่ามีมากที่สุดในฤดูร้อน
6. วิตามิน (Vitamin) พบได้แก่วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินซี วิตามินบี12 วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี6 โปรวิตามินเอ ไนอะซินและกรดโฟลิก
7. เกลือแร่ (Minerals) ที่พบมากที่สุดคือโพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส ซิลิคอน เหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม โบรอน แบเรียม ไททาเนียม นิกเกิล โมลิบดีนัม ทองแดง โครเมียม ดีบุก สังกะสีและสตรอนเซียม (จุฬารักษ์, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณค่าอาหารของว่านหางจระเข้ต่อ 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
คาร์โบไฮเดรต	0.3
แคลอรี	1.73-2.3
ไขมัน	0.05-0.09
โปรตีน	0.01-0.061
วิตามิน	
วิตามินเอ (i.u.)	2-4.6
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	0.5-4.2
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	0.003-0.004
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.001-0.002
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	0.038-0.04
แคลเซียม	9.92-19.92
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.06-0.032

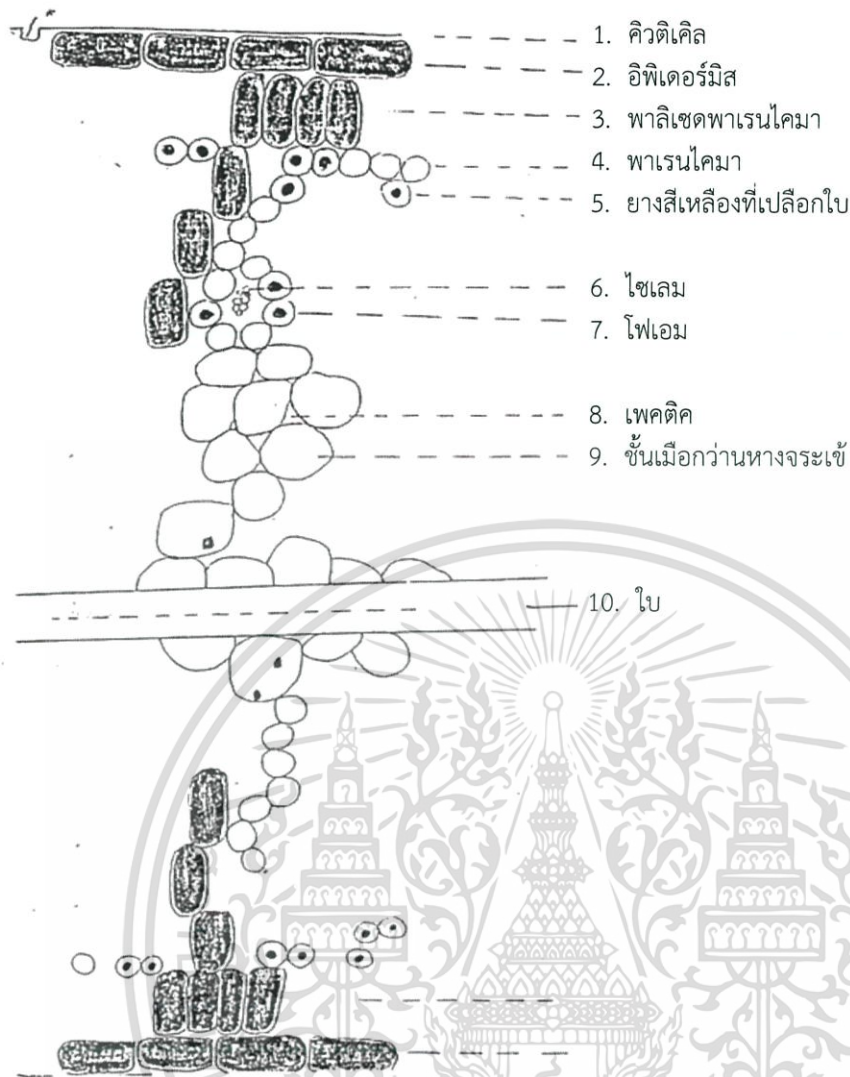
ที่มา : จิตตา, 2551

2.1.3 จุลกายวิภาคของว่านหางจระเข้

ส่วนที่อยู่ด้านนอกของใบคือ ชั้นอีพิเดอร์มิส (Epidermis) ซึ่งมีส่วนประกอบของ คิวติเคิล (Cuticle) ซึ่งมีส่วนของปากใบ (Stomata) ใต้ชั้นอีพิเดอร์มิสมีปากใบจำนวนมากเรียงตัวกันตามความยาวของใบและมีคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) จำนวนมากอยู่ใต้เซลล์พาราเอนไคมา (Parenchyma cell) ซึ่งวางตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ การจัดของเนื้อเยื่อมีโซฟิลล์ (Mesophil tissue) คล้ายฟองน้ำซึ่งอากาศภายในมีความจำเป็นต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ภายในส่วนของพาราเอนไคมามีเจลไลที่เป็นเมือกภายใน

ชั้นอีพิเดอร์มิสที่อยู่ภายนอกเป็นส่วนที่มีคิวติน (Cutin) ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำและทนต่อความร้อน ภายใต้อีพิเดอร์มิสมีเมือกพาราเอนไคมาซึ่งเป็นเจลไลและเหนียวเป็นยาง

ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการออกซิไดซ์มากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางกายวิภาคภาพตัดขวางของใบว่านหางจระเข้ที่เจริญเต็มที่
ที่มา : อัญญารัตน์, 2546

2.1.4 สารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยา

1. แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ได้แก่แอลอีมอดิน (Aloe emodin) อโลซิน (Aloesin) ไอโซอโลซิน (Isoaloesin) อโลอิน (Aloein) แอนทรอนอน (Anthronal) และบาร์บาโลอิน (Barbaloin) เป็นต้น พบในยางสีเหลืองที่เปลือกใบของว่านหางจระเข้ สารเหล่านี้มีฤทธิ์กระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่ นิยมใช้เป็นยาถ่าย

2. ไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) พบในเจลได้แก่แอล็อคตินเอ (Aloctin-A) และแอล็อคตินบี (Aloctin-B) ซึ่งมีการดออะมิโนเป็นองค์ประกอบ 2 กลุ่ม คือ ชนิดที่มีความเป็นกรดสูงได้แก่กรดแอสพาทิกและกรดกลูตามิก ส่วนชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำได้แก่เมไทโอนีนและฮีสทีดิน

- อล็คตินเอ (Aloctin-A) เป็นสารที่มีความสำคัญในการรักษาแผลไฟไหม้และลดการอักเสบ ประกอบด้วยน้ำตาลและโปรตีนในอัตราส่วน 8 ต่อ 2

- อล็คตินบี (Aloctin-B) เป็นสารที่มีความสำคัญในการรักษาแผลไฟไหม้และลดการอักเสบ เช่นเดียวกับอล็คตินเอ (จุฬารัตน์, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ประโยชน์ทางยาของว่านหางจระเข้ (อัญญารัตน์, 2546)

1. ใช้เป็นยาระบายหรือยาถ่าย โดยการคั้นน้ำจากใบว่านหรือกรีดเอาเฉพาะส่วนยางจากผิวใบของว่านหางจระเข้มาเคี้ยวจนแห้ง ได้ก้อนสีน้ำตาลที่มีโอลิโกโมดินและโอลิอินเป็นส่วนประกอบ
2. ช่วยเจริญอาหาร แก้อ่อนในกระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ
3. รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แผลสด หรือแผลไหม้เนื่องจากเอ็กซ์เรย์และรังสีชนิดอื่น โดยใช้น้ำเมือกจากใบว่านหางจระเข้ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* และมีฤทธิ์ต้าน *Prostaglandins* ซึ่งทั้งสองตัวนี้เป็นต้นเหตุของการอักเสบ ติดเชื้อ นอกจากนี้ในน้ำเมือกและสารสกัดจากใบว่านหางจระเข้ยังมีสารที่มีสมบัติคล้ายแลคตินอยู่เป็นจำนวนมาก สารนี้ช่วยส่งเสริมการจับตัวกันและการเจริญเติบโตของเซลล์ที่บาดแผลเป็นการเร่งให้แผลหายเร็วขึ้น
4. รักษาแผลถลอก แผลในปากช่วยสมานแผล ลดการอักเสบ โดยสารที่ออกฤทธิ์ในการสมานแผล และลดการอักเสบคือออลิโคติน-เอ ซึ่งจัดเป็นสารพวกไกลโคโปรตีน นอกจากนั้นในน้ำเมือกจากใบยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* *Streptococcus pyrogenes* *Corynebacterium xerosis* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ด้วยแต่ต้องใช้ในความเข้มข้นสูง นอกจากนี้มีผลต่อบริเวณที่ทาและทำให้รู้สึกชา ในกรณีที่มีเลือดออกแผลเขียวที่มีอยู่ในน้ำเมือกยังช่วยส่งเสริมการแข็งตัวของเลือดทำให้แผลหายเร็วขึ้น
5. ใช้รับประทานช่วยสมานแผลในกระเพาะอาหาร รักษาวัณโรค พบว่าสามารถหยุดยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของ Tuberculin bacteria ได้และอาการไอน้อยลง อาการโดยทั่วไปของโรคลดความรุนแรงลง บำรุงโลหิตเนื่องจากในใบว่านหางจระเข้มีธาตุเหล็กอยู่ด้วย

ดังนั้นใบว่านหางจระเข้จึงนำไปใช้ในทางยา ด้วยการใช้น้ำเมือกหรือยางที่เปลือก ในน้ำเมือกมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่าง ๆ ได้แก่สมานแผลไหม้ แผลเรื้อรัง แผลในกระเพาะอาหารและอื่น ๆ ส่วนยางที่อยู่ทีเปลือกมีสารแอนทราควิโนนซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาถ่ายอยู่ ซึ่งรู้จักกันทั่วไปว่ายาดำ การนำน้ำเมือกมาใช้จึงต้องระวังไม่ให้ยางพวกนี้ปนมาเพราะอาจเกิดการระคายเคืองได้ และในการนำเมือกมาใช้จึงต้องระวังเรื่องความสะอาด เพราะแม้มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียก็ต้องใช้ความเข้มข้นสูง มิฉะนั้นอาจนำเชื้อไปติดแผลได้ วุ้นจากว่านหางจระเข้ไม่คงตัว ราคินง่าย ควรเก็บไว้ในที่เย็น และควรเก็บในรูปโคมมากกว่าชุดเก็บไว้

2.2 การแปรรูปว่านหางจระเข้

McAnalley (1988) ได้จัดสิทธิบัตรอเมริกาว่าใบว่านหางจระเข้ (*Aloe barbadensis*) หลังการเก็บเกี่ยว ว่านหางจระเข้ถูกขนส่งในรถตู้ที่มีอุณหภูมิต่ำ 4.44 – 7.22 °C ภายใน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างน้ำที่มีแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ (เตรียมจากแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ 98 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 0.125 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร) เพื่อกำจัดความสกปรกและฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ผิวใบหรือใช้น้ำที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 50 ppm. ใช้เวลาประมาณ 5 นาทีในการล้างทำความสะอาด อาจร่วมกับการขัดถูถ้าจำเป็น จากนั้นใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องล้างทำความสะอาด นำใบที่ทำ ความสะอาดแล้วมาตัดบริเวณหัวและท้ายใบแล้วนำไปมาตั้งตรงเป็นเวลานาน 30 นาที ในตะแกรงสแตนเลสเพื่อกำจัดยางที่อยู่ระหว่างเปลือกและเนื้อภายใน แล้วจึงใช้ลวดหรือมีดเพื่อปอกเปลือก ส่วนเจลภายในหลังจากการปอกถูกนำมาล้างด้วยมือเพื่อกำจัดเมือกที่ผิว หรือส่วนที่มีสีผิดปกติดอกเพื่อกำจัดยางที่ไหลผ่านน้ำไหล เจลที่ได้ถูกทิ้งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง โดยระหว่างที่ทิ้งไว้ เกิดเมือกที่ผิวด้านนอกแต่สามารถแยกออกได้โดยการใช้การหมุนเหวี่ยง เจลที่ได้นำมาปั่นหรือหั่นเพื่อตัดไฟเบอร์ภายในแล้วจึงนำมาผ่านผ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองเพื่อให้ได้เป็นของเหลว นำมาโฮโมจิไนซ์กรองเพื่อแยกไฟเบอร์ภายใน จึงสามารถนำไปผ่าน ขบวนการอื่น ๆ ต่อเพื่อผลิต โดยทุกกระบวนการดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง (อัญญารัตน์, 2546)

การแปรรูปว่านหางจระเข้พบว่าเนื้อเจลว่านหางจระเข้มีความคงสภาพต่ำมาก เมื่อสูญเสีย ความคงสภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือสีคล้ำขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลดำ กลิ่นผิดไปจากเดิม และอาจมีการตกตะกอนหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาโดยมีการปนเปื้อนของเชื้อ เกิดการเน่าเสียของเจล (ศุภกานต์, 2544) ขั้นตอนการแปรรูป ต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวังทั้งทางกลและทางปฏิกิริยาเคมี

สำหรับประเทศไทยเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกว่านหางจระเข้เชิงการค้า โดยโรงงานมีการกำหนด เกณฑ์การรับซื้อว่านหางจระเข้ ที่น้ำหนัก อายุ และลักษณะ คือ ใบว่านหางจระเข้ต้องมีน้ำหนักตั้งแต่ 0.5 กิโลกรัม มีอายุตั้งแต่ 8 เดือน - 1 ปีขึ้นไป มีลำต้นอวบใหญ่ ใบกว้างตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ขอบใบ มีหนามแหลมสด

ตารางที่ 2.3 พื้นที่ปลูกของว่านหางจระเข้ ณ จังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย

จังหวัด	อำเภอ	จำนวน ครัวเรือน ที่ปลูก (ครัวเรือน)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
กาญจนบุรี	เมืองกาญจนบุรี	32	237.75	494.00
	ศรีสวัสดิ์	4	62.00	42.00
ชัยนาท	สรรพยา	7	17.00	
เชียงใหม่	ดอยสะเก็ด	1	1.00	0.10
ตรัง	ห้วยยอด	2	0.50	
นครปฐม	กำแพงแสน	2	45.00	48.00
	ดอนตู	1	3.00	4.05
นนทบุรี	ปากเกร็ด	1	1.00	
ประจวบคีรีขันธ์	สามร้อยยอด	141	1,264.00	1,636.40
	กุยบุรี	524	2,752.25	8,130.00
	ปราณบุรี	36	99.25	97.56
	เมือง			
	ประจวบคีรีขันธ์	600	2,682.75	5,959.70
	หัวหิน	116	736.00	1,877.00
เพชรบูรณ์	วิเชียรบุรี	1	0.75	0.10
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	19	212.00	35.00
	โพธาราม	2	19.00	9.00
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	2	37.00	94.50
	รวม	1,491	8,170.25	18,329.85

ที่มา : อัญญารัตน์, 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่านหางจระเข้ สามารถนำมาแปรรูป ตามประเภทของสินค้า ดังนี้

1. สินค้าอุปโภค ว่านหางจระเข้สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ทั้งทางด้านยาและเครื่องสำอาง โดยวุ้นและน้ำเมือกจากใบ นำมาแปรรูปเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางบำรุงผิว เป็นต้น
2. สินค้าบริโภค ส่วนใหญ่โรงงานนำว่านหางจระเข้สดมาแปรรูปในลักษณะผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องส่งขายตลาดทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดเกณฑ์ในการรับซื้อว่านหางจระเข้สดดังนี้

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ในการรับซื้อว่านหางจระเข้ในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์ บรรจุกระป๋อง	น้ำหนัก	อายุ	ลักษณะ
ลูกเต๋าว่านหางจระเข้	0.5 กิโลกรัมขึ้นไป	1 ปีขึ้นไป	ใบสีเขียวสด เนื้อแน่น ไม่เน่า ไม่ซำ ไม่มีบาดแผล
เนื้อว่านหางจระเข้ปั่นเหลว	0.3-0.4 กิโลกรัมขึ้นไป	7-8 เดือนขึ้นไป	ใบสีเขียวสด เนื้อแน่น ไม่เน่า ไม่ซำ ไม่มีบาดแผล
น้ำว่านหางจระเข้	0.2-0.3 กิโลกรัมขึ้นไป	6 เดือนขึ้นไป	ใบมีสีเขียวอ่อน เนื้อแน่น ปานกลาง

ที่มา : สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2549

ผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องทั้งหมด ผ่านกระบวนการแปรรูปเดียวกัน คือ นำว่านหางจระเข้สดมาปอกเปลือกสีเขียวออกจนเหลือเนื้อใส ๆ เรียกว่าวุ้น แล้วนำมาล้างน้ำซ้ำอีก 2-3 ครั้ง เพื่อให้เนื้อใสเหลืองหรือยาคาที่ติดมาออกให้หมด ก่อนนำไปปั่นเป็นชิ้น หรือปั่นเพื่อบรรจุกระป๋อง ทั้งนี้ว่านหางจระเข้กระป๋องมีอายุการเก็บรักษาโดยเฉลี่ยประมาณ 3 ปี

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ สินค้าอุปโภค เช่น ยา เครื่องสำอาง และสินค้าบริโภค เช่น ลูกเต๋าว่านหางจระเข้ เนื้อว่านหางจระเข้ปั่นเหลว น้ำว่านหางจระเข้ แยม และเยลลี่ว่านหางจระเข้ผสมผลไม้

2.2.1 สถานการณ์ตลาดว่านหางจระเข้

ตลาดส่งออกว่านหางจระเข้ที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่แถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน ฯลฯ โดยมีประเทศคู่ค้าเป็นเกาหลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส สิงคโปร์ และแคนาดา ส่วนประเทศคู่แข่ง เป็นประเทศจีน เวียดนามและพม่า โดยสัดส่วนตลาดผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ภายในประเทศต่อตลาดต่างประเทศเป็น 60 ต่อ 40 สำหรับในประเทศราคาวานหางจระเข้ที่เกษตรกรขายได้คิดเป็น 2.00 – 2.50 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับใบว่านหางจระเข้สดและ 5 – 7 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับใบว่านหางจระเข้ปอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การลอกเปลือก

2.3.1 วิธีการลอกเปลือกผักและผลไม้บางชนิด

การลอกเปลือกเป็นหน่วยปฏิบัติการที่จำเป็นสำหรับผักและผลไม้บางชนิด เพื่อกำจัดส่วนที่บริโภคไม่ได้ออกไป และทำให้วัตถุดิบมีลักษณะปรากฏที่ดีและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ด้วยการลอกเปลือกมี 5 วิธี คือ

1. การลอกเปลือกด้วยไอน้ำ (Flash steam peeling)
2. การลอกเปลือกด้วยใบมีด (Knife peeling)
3. การลอกเปลือกด้วยการขัดผิว (Abrasion peeling)
4. การลอกเปลือกด้วยด่าง (Caustic peeling)
5. การลอกเปลือกด้วยเปลวไฟ (Flame peeling)

การลอกเปลือกด้วยไอน้ำ การลอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำกับพืชหัว นิยมทำเป็นชุดใส่ลงในภาชนะที่หมุนประมาณ 4-6 รอบต่อนาที ใช้ความดันไอสูงประมาณ 1,500 กิโลพาสคาล (kPa) อุณหภูมิสูงของไอน้ำทำให้ผิวนอกได้รับความร้อนภายในระยะเวลา 15-30 วินาที แต่เนื่องจากวัตถุดิบมีการนำความร้อน (Thermal conductivity) ต่ำ ทำให้ความร้อนแทรกเข้าไปภายในได้ช้า จึงทำให้ไม่สุก สีและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นปล่อยให้ความดันลดลงทำให้เกิดไออยู่ใต้ผิวนอกลอกออกได้ง่าย เปลือกที่หลุดออกไปกับไอน้ำและใช้สเปรย์เพื่อล้างผิวให้สะอาด

การลอกเปลือกด้วยใบมีด การใช้ใบมีดลอกผิวนอกของผลไม้อาจเป็นแบบชนิดให้ผลไม้หมุน (Rotate fruit) หรือให้ใบมีดหมุน (Rotate blade) ก็ได้ นิยมใช้กับผลไม้ที่ลอกเปลือกออกได้ง่าย และผิวค่อนข้างเรียบ

การลอกเปลือกด้วยการขัดผิว อาหารถูกใส่เข้าไปบนเครื่องขัดผิวชนิดลูกกลิ้ง (Carborundum roller) หรือใส่ลงในถังหมุน (Rotating bowl) ที่เคลือบหรือฉาบด้วยผงขัด ซึ่งเป็นผงขัดที่ทำด้วยทราย (Silicon) และถ่าน (Carbon) เครื่องขัดผิวแยกเอาเปลือกออก แล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด วิธีนี้ใช้พลังงานน้อย แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ

1. สูญเสียวัตถุดิบมากกว่าวิธีการใช้ไอน้ำ เช่น สูญเสีย 25% ต่อ 8-18% เมื่อใช้ไอน้ำ
2. ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งปริมาณมาก ซึ่งเอาไปทิ้งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง
3. ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเพราะทุกชิ้นต้องสัมผัสกับเครื่องขัดผิว วิธีนี้ใช้ปกหุ้มหอมได้ดีเนื่องจากเปลือกลอกออกได้ง่ายโดยเครื่องขัดผิวชนิดลูกกลิ้ง (ประมาณ 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

การลอกเปลือกด้วยด่าง ใช้สารละลายเจือจางของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้อุ่นถึงอุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส ในอดีตทำได้โดยให้วัตถุดิบผ่านลงในสารละลายด่าง 1-2% ซึ่งทำให้เปลือกนิ่ม และลอกออกได้ง่ายเมื่อนำไปแช่ในน้ำที่มีแรงดันสูงฉีดพ่นสูญเสียประมาณ 17% นิยมใช้กับรากพืช วิธีนี้ทำให้วัตถุดิบบางชนิดเปลี่ยนสีและเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันจึงไม่ค่อยนิยมใช้แต่พัฒนาไปใช้ด่างแห้ง (Dry caustic peeling) โดยจุ่มวัตถุดิบลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10% เพื่อให้เปลือกนิ่ม แล้วเอาเปลือกออกโดยใช้ลูกกลิ้ง (Rubber disc) นี้ใช้น้ำน้อยและสูญเสียเล็กน้อยและลอกทิ้งง่ายเพราะเปลือกมีความเข้มข้นมากกว่าการฉีดด้วยน้ำ

การลอกเปลือกด้วยเปลวไฟ ใช้กับหอมหัวใหญ่ โดยเอาวัตถุดิบวางเรียงบนสายพานซึ่งพาหัวหอมใหญ่ผ่านเข้าไปในเตาอบที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 1000 องศาเซลเซียส เปลือกนอกถูกเผาไหม้หมด หลังจากนั้นแยกเปลือกที่ไหม้ออกโดยใช้น้ำที่มีแรงดันสูงฉีดพ่น วิธีนี้สูญเสียประมาณ 9%

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลอกเปลือก

รัชนิวรรณ. (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เครื่องลอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน โดยเครื่องลอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วยชุดใบมีดลอกข้างและชุดใบมีดลอกบน ทั้ง 2 ชุดมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ชุดยึดลูกมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วต่าง ๆ กัน มีปัญหาที่ต้องปรับปรุงแก้ไขต่อไปคือผิวที่ลอกลักษณะเป็นลูกคลื่นและเป็นขุย และมีข้อดีคือตัวเครื่องสามารถจับยึดมะพร้าวได้แน่น

บุญช่วย และคณะ (2533) ได้ออกแบบเครื่องลอกผิวใบว่านทางจระเข้โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องรีดยางแผ่นและเลื่อยกล ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้งด้านบนและด้านล่าง ชุดใบมีดบนและล่าง และชุดสายพานลำเลียง ผลการทดสอบลอกผิวใบว่านทางจระเข้ได้วัน 69.8 % ของปริมาณวันทั้งหมด และใช้เวลาในการลอกผิวโดยเฉลี่ย 3 วินาทีต่อใบ ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 0.03 บาทต่อกิโลกรัม

วิชา และ อเนก. (2544) ได้ออกแบบเครื่องลอกเปลือกสา โดยประกอบด้วยใบมีดลอกเปลือกสา ลูกกลิ้งทรงกระบอก ชุดลูกกลิ้งป้อนเปลือกสาเข้าหาใบมีดลอกเปลือก แปรงลูกกลิ้งทรงกระบอกทำ ความสะอาดหน้ามีดจำนวน 2 ตัว และเครื่องยนต์เบนซินต้นกำลัง 5-6 แรงม้า ใช้คนปฏิบัติงาน 1-2 คน สามารถลอกเปลือกสาได้ 30-40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีต้นทุนในการทำงาน 1.26 บาทต่อกิโลกรัม

2.4 การล้างเมือก

2.4.1 การกำจัดเมือกของเมล็ดกาแฟสุก

การกำจัดเมือกของเมล็ดกาแฟสุกที่ลอกเปลือกแล้วมี 5 วิธีดังนี้ (Siwutz and Desrosier, 1979)

1. วิธีการแช่น้ำ (Natural fermentation) โดยนำเมล็ดกาแฟที่ลอกเปลือกออกแล้วมาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ โดยมีรูระบายน้ำด้านล่าง ใส่น้ำให้ท่วมเมล็ดกาแฟแล้วคลุมปิดด้วยผ้าหรือพลาสติกปิดปากบ่อซีเมนต์ทิ้งไว้ 24-48 ชั่วโมงในกรณีที่อุณหภูมิอากาศหนาวเย็น การหมักอาจใช้เวลานานขึ้นเป็น 40-72 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้แล้วนำเมล็ดมาล้างทำความสะอาด นำเมล็ดทำความสะอาดอีกครั้งก่อนนำไปตาก

2. วิธีการแช่น้ำผสมเอนไซม์ (Fermentation with Added Enzymes) วิธีนี้ใช้เอนไซม์แพกเตสโปรโตแพคตินเนส (Pactase protopectinase pectinase) และแพกทิเนสทีเรส (Pectinasterase) มาเป็นส่วนผสมในการหมัก โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 38 °c เป็นเวลา 5 นาที จึงสามารถย่อยสลายเมือกได้ แต่วิธีนี้ค่าใช้จ่ายสูง ถ้าใช้เอนไซม์ในปริมาณที่น้อยและหมักในอุณหภูมิห้องปกติ สามารถสลายเอนไซม์ได้โดยวิธีใช้เวลา 5-8 ชั่วโมง

3. วิธีการแช่น้ำผสมด่าง (Alkaline of Mucilage) การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สามารถกำจัดเมือกเมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์ วิธีการนี้ใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 6-8% นำเมล็ดกาแฟที่ลอกเปลือกเทลงในบ่อซีเมนต์ เกลี่ยให้สม่ำเสมอ จากนั้นใช้พวยกวอนเมล็ดกาแฟเพื่อให้สายละลายกระจายไปทั่ว ๆ ประมาณ 30-60 ชั่วโมง ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วตรวจสอบว่าต่างย่อยเมือกออกหมด หากยังไม่หมดให้กวอนอีก 30 นาที แล้วตรวจสอบอีกครั้ง เมื่อเมือกออกหมดต้องล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 3-4 ครั้ง ก่อนนำไปตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการใช้น้ำร้อน (Warm Water) การกำจัดเมือกเมล็ดกาแฟโดยใช้น้ำร้อน วิธีนี้สามารถสลายเมือกกาแฟได้อย่างรวดเร็ว โดยการแช่เมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว โดยการแช่เมล็ดกาแฟในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสลายเมือก 3 นาที ค่าใช้จ่ายส่วนมากมาจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อน เมื่อกำจัดเมือกออกด้วยการล้างแล้วนำเมล็ดกาแฟไปตากแห้ง

5. วิธีการขัดสี (Attrition Methods of Removing Mucilage) ตัวเครื่องประกอบไปด้วยแกนหมุนทรงกระบอกในแนวนอน ทำหน้าที่เคลื่อนเมล็ดกาแฟไปสู่ทางออก ด้านนอกแกนหมุนมีตะแกรงครอบ มีระยะห่างเท่ากับขนาดเมล็ด ทำหน้าที่ขัดสีเปลือกและเมือกให้หลุดออกในเวลาเดียวกัน ข้อเสียของเครื่องทำให้เมล็ดลอบบางส่วนเนื่องจากเมล็ดมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรตัดขนาดผลกาแฟให้มีขนาดใกล้เคียงกันที่สุด เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดมากที่สุด

Ziolkovska. (2012) ศึกษาขั้นตอนการสกัดเมือกจากเมล็ดแฟลคซ์ ด้วยวิธีการใช้น้ำวนโดยศึกษาตัวแปรต่างดังนี้ อุณหภูมิ (40-100°C) ระยะเวลา (0-60 นาที) สัดส่วนเมล็ดเมล็ดต่อน้ำ (1/30) และความเร็วในการหมุน (0-240 รอบต่อนาที) จากการทดลองพบว่าการกวนที่รุนแรงมากเกินไปไม่เหมาะกับกระบวนการสกัด ผลการทดลองการสกัดเมือกจากเมล็ดแฟลคซ์ที่ให้ปริมาณเมือกสูงสุดมีอุณหภูมิอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วนเมล็ดต่อน้ำคือ 1:25 และระยะเวลาของการสกัดที่ใช้ 30 นาที ซึ่งทำให้ได้สารสกัดจากเมือกเมล็ดแฟลคซ์โดยมีปริมาณเนื้อของของแข็ง 0.70-0.72% คือสามารถสกัดเมือกของเมล็ดแฟลคซ์ได้ 98.3-99.1% (Schneider, 2012)

FAO. (2001) รายงานว่าเมือกกาแฟคือส่วนประกอบหนึ่งของผลกาแฟที่มีลักษณะเป็นเจลใสไม่ละลายน้ำ มีความหนาประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดและความสุก ด้วยความหนืดตามธรรมชาติทำให้ต้องประยุกต์ใช้แรงกดเฉือนเพิ่มเข้าไปอย่างเพียงพอเพื่อให้เมือกหลุดออกจากเมล็ด หลังจากทำการลอกเมือกออกแล้วด้วยวิธีใช้การหมักธรรมชาติ ใช้สารเคมี หรือใช้เครื่องจักรกล เมล็ดกาแฟที่ได้ถูกนำมาล้างทำความสะอาดเพื่อทำการลดความชื้น (พุทธอินทร์, 2556)

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการล้างเมือก

Silverzt and Desrosier. (1979) รายงานว่ามีการพัฒนาเครื่องจักรกลนำมาใช้ในการผลิตสารกาแฟเพื่อประหยัดเวลาและแรงงาน รวมทั้งควบคุมคุณภาพในการผลิตสารกาแฟ

เครื่องล้างแบบเฮสส์ (Hess Washer) เป็นเครื่องอีกแบบหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้ความดันและต้นกำลังต่ำ ทำงานด้วยหลักการให้เมล็ดเกิดการขัดสีกัน ลักษณะของเครื่องเป็นรางยาวขนาดพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางฟุต ยาว 10 ฟุต กาแฟเคลื่อนที่ได้โดยการสั่นของรางทำให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และมีแผ่นครีบกั้นอยู่เพื่อให้เมล็ดเกิดการขัดสี พื้นของรางเป็นตะแกรงสำหรับให้น้ำและเมือกกาแฟไหลออกไป เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกแล้วถูกพาออกที่ปลายเครื่อง อีกลักษณะหนึ่งคือแบบสกรูคู่ลำเลียง (Twin screw conveyors) ซึ่งประยุกต์นำมาแทนแผ่นครีบกั้นทำหน้าที่คลุกเคล้าเมล็ดกาแฟ กาแฟเคลื่อนที่โดยสกรูใบหนึ่งและเคลื่อนที่กลับทิศทางโดยสกรูใบที่สอง ทำให้เกิดการขัดสีก่อนออกจากเครื่องที่ปลายทางออก

Haarer. (1962) ได้รายงานว่าการลอกเปลือกแบบใช้น้ำ (Aquapulper) เป็นเครื่องที่สามารถสีเปลือกและเมือกได้ในเวลาเดียวกันโดยใช้หลักการให้เกิดความเสียหาย ภายในเครื่องมีแกนทรงกระบอกหมุนอยู่ทำหน้าที่คลุกเคล้าเมล็ดกาแฟที่ป้อนเข้ามาและมีน้ำสำหรับหล่อลื่น โดยเมล็ดที่สีเปลือกและเมือกถูกลำเลียงออกอีกด้านหนึ่งของเครื่อง ที่ผนังของเครื่องเป็นแผ่นตะแกรงเพื่อปล่อยให้เศษเปลือกและเมือกรวมทั้งน้ำไหลออกทางด้านล่าง เครื่องแบบนี้เหมาะใช้สำหรับกาแฟที่ไม่

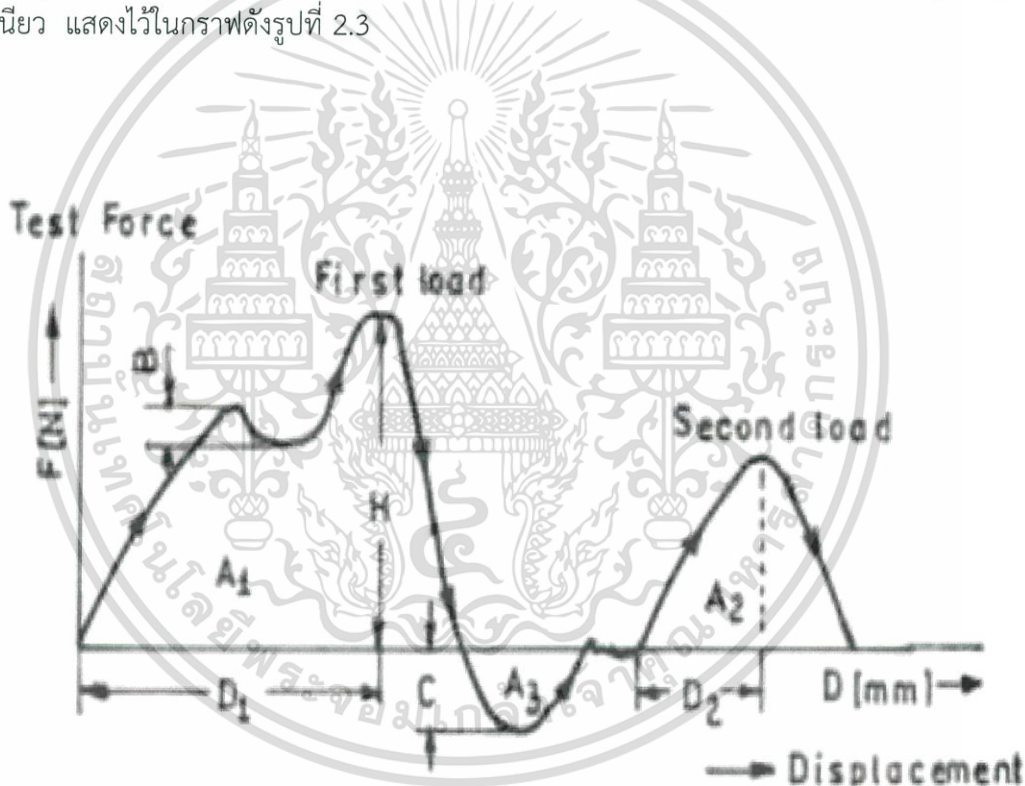
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการคุณภาพสูงมากนัก ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องแบบนี้คือ กะลาชั้นในอาจเสียหายหรือเกิดบาดแผลบนสารกาแฟ ซึ่งแก้ไขได้โดยการปรับระยะห่างระหว่างกาแฟกับผนังและมีการแบ่งขนาดของผลกาแฟก่อนเข้าเครื่อง

2.5 การทดสอบแรงกดด้วย วิธี Texture profile analysis (TPA)

สำหรับการหาลักษณะทางกายภาพของวุ้นทางจระเข้ การทดสอบแรงกดบนใบวุ้นเพื่อหาแรงมากที่สุดที่สามารถกระทำบนใบวุ้นทางจระเข้เพื่อนำไปออกแบบกลไกของใบมีดปอกเปลือก ใช้การทดสอบด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA)

วิธีการทดสอบแบบ TPA (Texture Profile Analysis) เป็นวิธีทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัสของอาหาร คิดค้นในปี ค.ศ. 1963 โดย Brandt และ Szczesniak บริษัท General Foods Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ค่าต่าง ๆ ของการวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง ความเปราะ ความยืดหยุ่น และความเหนียว แสดงไว้ในกราฟดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟเส้นโค้งเนื้อสัมผัส

จากรูปสามารถหาความสัมพันธ์ของเนื้อสัมผัสอาหารตามตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ตัวแปรหลักของเนื้อสัมผัส		
สมบัติทางเนื้อสัมผัส	วัตถุประสงค์หลัก	หมายเหตุ (จากรูปที่ 2.3)
ค่าความแข็ง (Hardness)	ความนุ่ม, ความแน่นเนื้อ, ความแข็ง	H
ค่าพลังงานยึดเกาะภายใน (Cohesivity)	ความกรอบ, ความเปราะ	A2/A1
ค่าความหนืด (Viscosity)	ความหนืด-เหลว	C
ค่าความยืดหยุ่น (Elasticity)	ความยืดหยุ่น	D2/D1
ความเหนียว (Adhesiveness)	ความเหนียว	A3
ตัวแปรรองของเนื้อสัมผัส		
ค่าความเปราะแตกในช่วงกดครั้งที่ 1 (Fracturability)	ขึ้นกับค่าความแข็งและ พลังงานยึดเกาะภายใน	B
ค่าความเหนียว (Gumminess)	พลังงานที่ทำให้อาหารกึ่ง ของแข็งที่มีความแข็งต่ำแต่ พลังงานยึดเกาะภายในสูง แตกออกจนกลืนได้	H x (A2/A1)
ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness)	ขึ้นกับค่าความแข็ง พลังงาน ยึดเกาะภายใน และ ความ ยืดหยุ่น	H x (A2/A1) x (D2/D1)

ที่มา : Gutt.Gh, 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการ

3.1 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลัดกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวร เกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่

หลักการทำงานของมอเตอร์

มอเตอร์ทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อนำเอาขดลวดพันแกนเหล็กหลายรอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดนั้น แกนเหล็กกลายเป็นสนามแม่เหล็ก (แต่เป็นแบบชั่วคราวเท่านั้น) และเมื่อนำกระแสไฟฟ้าออกจากแกนเหล็กกลายเป็นแกนเหล็กธรรมดา กล่าวคือ แม่เหล็ก 2 อันมีขั้วต่างกันผลัดกัน ดังนั้นในตัวมอเตอร์เองจึงประกอบด้วยเหล็กที่มีขั้วต่างกัน เมื่อนำพลังงานให้กับมอเตอร์ เกิดเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีขั้วต่างกับแม่เหล็กที่มีขั้ว มักเกิดการผลัดกัน และการผลัดกันของสนามแม่เหล็กทั้ง 2 คือ การหมุนของมอเตอร์นั่นเอง

การนำมอเตอร์ไปใช้งานต้องคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ การป้อนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันปกติของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง หรืออาจไม่หมุน และแรงบิดที่ได้น้อยลง และในทำนองเดียวกันหากเราป้อนแรงดันสูงกว่าแรงดันที่กำหนด ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น และอาจเกิดความเสียหายแก่ตัวมอเตอร์เอง เช่นขดลวดไหม้ หรือขาดได้ สิ่งสำคัญในการนำมอเตอร์ไปใช้งานอย่างหนึ่งคือ การที่มอเตอร์รับภาระในการหมุนมากเกินไป หรืออาจทำให้มอเตอร์หมุนไม่ได้ จึงทำให้มอเตอร์เกิดกระแสลัดวงจรในขดลวดและมอเตอร์เสียหาย

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

เลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงการบำรุงรักษาง่าย แข็งแรงทนทาน มีลักษณะโครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อน และยังมีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายเพราะเป็นที่นิยม

สำหรับสูตรในการคำนวณหาขนาดมอเตอร์และคำนวณแรงบิด (Torque) ที่เกิดจากการทดความเร็วรอบ คือ

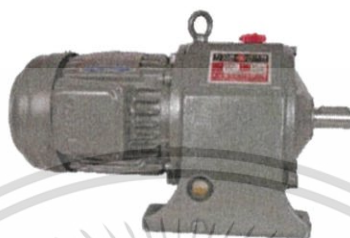
$$P = 2\pi rNT \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = \frac{9.74 \times 10^5 P}{N} \quad (3.2)$$

3.1.1 เกียร์ทดรอบ (Gear Reducer)

1. เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน Gear Reducer Type Horizontal ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด เป็นแบบมอเตอร์เกียร์มีขาตั้ง ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2-Stage (2 เฟือง) และ 3-Stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขับในแนวราบทุกชนิด ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน

2. เกียร์ทดรอบแบบแนวตั้ง Gear Reducer Type Vertical ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด เป็นแบบมอเตอร์เกียร์มีขาตั้ง ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2-Stage (2 เฟือง) และ 3-Stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขับในแนวตั้งทุกชนิด ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เกียร์ทดรอบแบบแนวตั้ง

3.2 เพลาส่งกำลัง

เพลาคือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการหมุน ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาคือโมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลานึงไปยังอีกเพลานึงจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการดูดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลานั่นเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลาดังนั้นขณะที่เพลาคำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลาคือรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน

เนื่องจากว่าเพลาคือชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่ต้องพิจารณาถึงการออกแบบเพลาคือ โดยเฉพาะเพลาคืออาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลา และแกนที่นิยมเรียกรวมกันว่า “เพลลา” ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม

สปินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลลาที่แทนหัวกลึง (Head-Shock Spindle) เป็นต้น สตัมป์ชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

เพลลาแนว (Line Shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

แจ๊คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเพลลาเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมน หรือเครื่องจักรกล

เพลลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้ง เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลลา ยังต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่งของเพลลา ก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลลา มีระยะโก่งมากก็เกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลลา ลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลลา มีการสั่นอย่างรุนแรง ในขณะที่ความเร็วของเพลลา เข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของรองรับเพลลา เช่นบอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะ กับเพลลาด้วย (ภาณุฤทธิ์, 2554)

3.2.1 วัสดุเพลลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลลาโดยทั่วไป คือ เหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และความหนาทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่น โดยทั่วไปเลือกใช้เหล็กกล้า ANSI 102-1050 การนำเหล็กไปผ่านกระบวนการทางความร้อนทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิต แต่ถ้าไม่มีทางเลือกอื่นเพื่อทำให้เพลลา มีความต้านแรงตามที่ต้องการ ให้พิจารณาเลือกใช้เหล็กกล้า 1340-50 3140-50 4140 4340 5140 และ 8650 เพลลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลลา มีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ทำเพลลา วิศวกรผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและโหลดที่เพลลาต้องรับเป็นสำคัญ โดยทั่วไปพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลลา

3.2.2 ขนาดของเพลลา

เพื่อให้เพลลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 775-1969 เพื่อให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลลาด้วยขนาดระบุของเพลลา

3.2.3 การพิจารณาในการออกแบบเพลลา

การคำนวณหาขนาดเพลลาที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้งการหาขนาดเพลลาเพื่อให้เพลลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีเพลลาถูกเบี้ยว ในเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลลาต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองหรือแบริ่งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายถึงแม้ว่า ไม่มีมาตรฐานสำหรับพิสัยมุมบิดของเพลลาไว้ก็ตามในทางปฏิบัติแล้วมักให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลส่งกำลังทั่วไปอาจให้มีมุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา ในกรณีของเพลลาถูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วซึ่งให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลลาไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลลา 1 เมตร สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจใช้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาว 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะโคง เพราะต้องใช้ระยะโคงของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลามีระยะโคงมากเกินไปทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราการขบของเฟืองลดลง ทำให้อัตราการส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลลาก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโคงของเพลลาที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นแบริ่งแบบธรรมดา หรือ แบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (Self-Aligning Bearing) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าระยะโคงเป็นสำคัญ ในการคำนวณ ASME ได้กำหนดสูตรที่ใช้ในการคำนวณขนาดของเพลลาไว้ โดยได้รวมเอาผลของการล้าต่อเนื่องเนื่องจากโหลดที่กระทำซ้ำ ๆ กันไว้ด้วยดังนี้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} [(C_t T)^2 + (C_m M_B)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

(สำหรับเพลลาความเค้นดัดและเฉือน)

C_m = แฟกเตอร์แก้ไขโมเมนต์ดัด ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.1

C_t = แฟกเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แบริ่ง (Bearings)

ในการเลือกใช้ แบริ่ง ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการในการเลือก เช่น ความต้องการการหล่อลื่น ลักษณะของฐานที่ใช้ยึดแบริ่ง เพื่อว่าการเลือกใช้แบริ่งเหมาะสมกับสภาพการทำงาน

แบริ่ง คือสิ่งที่ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบริ่งกาบ (Plain bearings) และโรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing)

3.3.1 แบริ่งกาบ (Plain bearings)

มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงโดยมีแกนหมุนอยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลลาที่หมุนอยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลลาที่หมุนอยู่ในแบริ่งเรียกว่าเจอร์นอล (Journal) ส่วนรูปทรงกระบอกกลวงเรียกว่าเจอร์นอลแบริ่ง (Journal bearing) ซึ่งมักทำด้วยโลหะหรือส่วนผสมของโลหะที่มีเนื้ออ่อนกว่าเจอร์นอล แบริ่งกาบยังสามารถแบ่งออกเป็นทรัสต์แบริ่ง (Trust Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลได้รับแรงกดและหมุนอยู่ภายในเจอร์นอลแบริ่งกับไกด์แบริ่ง (Guide Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวยาวของเจอร์นอลแบริ่ง แบริ่งกาบ โดยทั่วไปใช้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นมากกว่าจาระบีและมักใช้จาระบี ในกรณีที่แบริ่งไม่มีระบบป้องกันหรือซิลที่เพียงพอสำหรับน้ำมัน ในขณะที่ตัวเจอร์นอลหมุนอยู่ภายในแบริ่ง น้ำมันถูกเหวี่ยงเข้ามาเป็นฟิล์มป้องกันไม่ให้ผิวของเจอร์นอลและแบริ่งมาสัมผัสกัน ความหนืดของน้ำมัน ไม่ควรต่ำเกินไปจนฟิล์มน้ำมันไม่สามารถแยกผิวสัมผัสทั้งสองออกจากกันได้ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสูงขนาดน้ำมันหล่อลื่น ลูกสูบ การเลือกความหนืดของน้ำมันขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกดและอุณหภูมิในขณะใช้งาน

3.3.2 โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing)

การเคลื่อนไหวของแบริ่งกาบ เกิดในลักษณะเลื่อนสัมผัส (Sliding) ของผิวสัมผัสทั้งสองซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานนี้สามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัส (Rolling) โดยการติดตั้งวงแหวนซึ่งประกอบด้วยลูกปืนที่ทำด้วยโลหะแข็งอาจมีลักษณะกลมเหมือนลูกบอลหรือเป็นแบบลูกกลิ้งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นในและชั้นนอก ในทางทฤษฎีการหมุนสัมผัสกันไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำมันหล่อลื่นแต่ในทางปฏิบัติแล้วแบริ่งยังมีการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัสอยู่บ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรลลิ่งแบริ่งบางชนิดเกิดการบิดเมื่อได้รับแรงกด นอกจากนี้ยังเกิดการเลื่อนสัมผัสระหว่างตัวลูกปืนกับตัววัสดุที่ยึดลูกปืนนั้น ดังนั้นการหล่อลื่นจึงยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเลื่อนสัมผัส เป็นเกราะหรือซิลป้องกันความชื้น การกัดกร่อนตลอดจนสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เข้าไปในแบริ่ง แบริ่งส่วนใหญ่ใช้จาระบีเป็นตัวหล่อลื่น จาระบียังทำหน้าที่เป็นซิลป้องกันไม่ให้ความชื้นหรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้าไปทำความเสียหายแก่ลูกปืน การเลือกชนิดของจาระบีขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกดและอุณหภูมิของแบริ่งในขณะใช้งานโดยทั่วไปมักใช้จาระบีเอนกประสงค์ที่ทำด้วยสบู่ลิเทียมในงานบางประเภทอาจมีความต้องการจาระบีที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำคือไม่เหลวและไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในขณะใช้งานภายใต้อุณหภูมิต่ำเช่น จาระบีสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น

3.4 สายพานส่งกำลัง (Belts)

สายพาน เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลประเภทชุดดึง สายพานทำหน้าที่ส่งถ่ายโมเมนต์หมุนและการเคลื่อนที่ระหว่างเพลาดังแต่ 2 เพลาขึ้นไปด้วยความเร็วรอบสูง

3.4.1 ข้อดีข้อเสียของสายพานส่งกำลัง

ข้อดี

- ส่งถ่ายแรงได้อย่างยืดหยุ่น
- ลดข้อเสียดังและการสั่นสะเทือน
- ไม่ต้องมีการหล่อลื่น

ข้อเสีย

- เกิดการสั่นในขณะส่งกำลังได้
- เพลารองรับภาระสูง
- เปลืองเนื้อที่มาก

3.4.2 ลักษณะการส่งกำลังด้วยแรง

ส่งถ่ายโมเมนต์หมุนด้วยความเสียดทาน (Friction) ระหว่างล้อยสายพานและสายพาน ส่วนการทำให้สายพานตึงนั้นได้จากการกำหนดให้มีความยาวสายพานที่ถูกต้อง ด้วยการขยายระยะห่างระหว่างแกนเพลา เช่น ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่ในรางเลื่อนได้หรือบนแท่นเอียงปรับขึ้นลงหรือใช้ลูกกลิ้งกดสายพานให้หย่อน (ขณะส่งกำลัง) ให้อยู่ใกล้ด้านล้อพูลเลย์ (Pulley) ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นยังทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น

แรงตามขอบล้อสายพานที่ส่งกำลังทำให้สายพานเกิดการยืดหยุ่นที่มีผลให้สายพานเกิดการสั่นในขณะส่งกำลังบนล้อสายพานประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของการส่งกำลังทั้งหมด ด้วยเหตุนี้สายพานที่มีลักษณะการส่งกำลังด้วยแรงจึงไม่เหมาะนำมาใช้งานในที่ต้องการอัตราทดที่เที่ยงตรงระหว่างเพลาดังแต่ 2 เพลาขึ้นไป โดยปกติต้องให้มีมุมโอบที่ล้อสายพานตัวเล็กให้มากเพียงพอที่การส่งกำลังเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องกำหนดอัตราทดสำหรับการส่งกำลังสายพานแบนให้ไม่เกิน $i \geq 6 : 1$ และระยะห่างระหว่างแกนล้อสายพาน $a \geq 1, 2(d_1 + d_2)$

ในกรณีที่อัตราทดเกิน $i = 6 : 1$ หรือในกรณีที่มุมโอบของสายพานด้านล้อสายพานตัวเล็กสุดน้อยกว่า 100° ก็ให้ใช้ลูกกลิ้งกดสายพานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อยที่สุดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวเล็กสุด

3.4.3 ลักษณะของสายพาน

สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงแบ่งออกเป็นสายพานแบน สายพานลิ่มและสายพานกลม

1. สายพานแบน ผลิตจากหนัง สิ่งทอ หรือทำจากชั้นต่าง ๆ ของหนังพลาสติก และเส้นใยหลาย ๆ ชั้น สายพานสามารถนำมาใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานดังกล่าวเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ของสายพานลักษณะเปิด

2. สายพานลิ่มสายพานลิ่มส่วนใหญ่ผลิตแบบไม่มีปลาย เป็นสายพานทำจากยางมีภาคตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูครึ่งหนึ่ง ด้านบนมีเส้นโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการวัลคาไนซ์มาแล้วแทรกอยู่ ทำให้ค่าความต้านแรงดึงเพิ่มสูงขึ้น สายพานลิ่มชนิดที่มีชั้นใยสิ่งทอหุ้มอยู่รอบ ๆ ช่วยป้องกันการสึกหรอได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพานลิ่มไม่รับแรงตามแนวรัศมีโดยตรงเหมือนสายพานแบน แต่รับแรงตามแนวตั้งฉากกับด้านข้างของสายพานลิ่ม สายพานลิ่มที่มีความตึงและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับสายพานแบน สามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบนได้ถึง 3 เท่า ซึ่งข้อดีและข้อเสียของสายพานลิ่มเมื่อเทียบกับสายพานแบนมีดังนี้ คือ

ข้อดี

- ส่งกำลังได้ดีในขณะที่ร่องเพลารับภาระน้อยกว่า
- มีการเลื่อนไถลขณะส่งกำลังน้อยมาก
- มีมุมโอบน้อยแต่ให้อัตราทดได้มากถึง $i = 15 : 1$ โดยที่ไม่ต้องมีลูกกลิ้งกดสายพาน
- เปลืองที่น้อยและมีระยะห่างระหว่างแกนเพลาน้อยกว่า
- ส่งถ่ายกำลังงานได้สูงที่ขนาดล้อสายพานและเพลาลึกกว่า
- สามารถให้หมุนย้อนทิศทางได้
- สามารถจัดเรียงสายพานลิ่มได้หลายเส้นทำให้ส่งถ่ายกำลังงานได้มาก

ข้อเสีย

- ต้นทุนการผลิตสูงกว่าสายพานแบน
- มีระยะห่างระหว่างส่งแกนเพลาลำบาก
- ไม่สามารถจัดสายพานส่งกำลังให้เป็นลักษณะไขว้สลับกันได้

ในการออกแบบนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้สายพานลิ่ม เพราะส่งกำลังได้ดี มีการเลื่อนไถลขณะส่งกำลังน้อย

3.4.4 สายพานรูปตัววี (V belts)

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายพานรูปตัววีได้รับการกำหนดตามมาตรฐานของบริษัทผลิต โดยขนาดของแต่ละส่วนถูกกำหนดด้วยตัวอักษร และมีหน่วยเป็นนิ้ว ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.2 แสดงข้อมูลขนาดมาตรฐานสำหรับสายพานรูปตัววี และเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกรอก (Sheave) ที่ใช้ในการระบุสายพานรูปตัววี เรียกชื่อเป็นตัวอักษรตามขนาดที่ต้องการ ตามด้วยตัวเลขแสดงความยาวเส้นรอบสายพาน ขนาดมาตรฐานของสายพานรูปตัววีที่มีในท้องตลาดดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.3

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงตึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียกว่าร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีแม้ว่ามีส่วนโค้งสัมผัสน้อย มีแรงตึงขั้นต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดี คือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบริงของเพลานี้ไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งมีสายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ $7 : 1$ หรืออาจใช้ได้สูงถึง $10 : 1$ อัตราส่วนแรงตึงของสายพาน

การคำนวณที่เกี่ยวกับสายพานรูปตัววี ใช้พื้นฐานของความยาวพิทช์ ซึ่งหาได้โดยการรวมขนาดความยาวเส้นรอบวงภายในด้วยความหนาของสายพาน (ใช้ค่าแก้จากตารางภาคผนวก ก.4) และ

ในการทำงานเดียวกันสำหรับการคำนวณเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความเร็วใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของพูเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นลูกรอก

ความยาวพิทช์ L_p และระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของพูเลย์ C หาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D+d)}{2} + (D+d)^2/4 \quad (3.4)$$

$$C = 0.25 \left\{ \left[L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) \right] + \sqrt{\left[L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) \right]^2 - 2(D-d)^2} \right\} \quad (3.5)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของลูกรอกตัวใหญ่

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของลูกรอกตัวเล็ก

อัตราการส่งกำลังพื้นฐานของสายพานรูปตัววี ขึ้นอยู่กับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิตและโดยทั่วไปมักกำหนดอายุการใช้งานเป็นชั่วโมง หากต้องการส่งกำลังมากขึ้น พิจารณาใช้สายพานรูปตัววีหลายเส้นในการขับพูเลย์ตัวเดียวกันได้แต่จำนวนเส้นสายพานที่ใช้จำเป็นต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้น จึงมีชุดของสายพานที่มีขนาดต่ำกว่าขนาดมาตรฐานเพื่อส่งกำลังได้ตามต้องการ ตารางภาคผนวก ก.5 แสดงค่าอัตราการส่งกำลังของสายพานรูปตัววีมาตรฐาน อัตราการส่งกำลังดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.5 แต่ถ้านำไปใช้ภายใต้กรณีอื่นที่ไม่ใช่กรณีลูกรอกขนาดเดียว มีระยะห่างปานกลางและโหลดคงที่ ต้องปรับแต่งค่าที่ได้ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.6 และ ก.7

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab} \quad (3.6)$$

เมื่อ H_a คือ กำลังที่ยอมรับต่อสายพาน 1 เส้น

K_1 คือ แฟกเตอร์แก้ไขมุมโอบ ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.6

K_2 คือ แฟกเตอร์แก้ไขความยาวสายพาน ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.7

กำลังที่ออกแบบ (Design power)

$$H_d = H_{nom} K_s n_d \quad (3.7)$$

เมื่อ H_{nom} คือ กำลังระบุ

K_s คือ แฟกเตอร์การใช้งาน ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.8

n_d คือ แฟกเตอร์การออกแบบ

สำหรับจำนวนของสายพานที่ใช้ คือเลขจำนวนเต็มถัดไปที่มากกว่า H_d/H_a

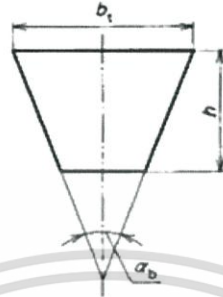
$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} \quad N_b = 1, 2, 3, \dots \quad (3.8)$$

แรงดึงในสายพานรูปตัววีที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_c = k_c \left(\frac{V}{2.4} \right)^2 \quad (3.9)$$

เมื่อ k_c คือ แฟกเตอร์แก้ไขสำหรับสายพานรูปตัววี ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก.9



รูปที่ 3.3 รูปร่างหน้าตัดของสายพานรูปตัววี กำลังที่ต่อสายพาน 1 เส้น ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของแรงดึงในสายพานด้านตึงและแรงดึงในสายพานหย่อน $\Delta F = F_1 - F_2$

$$\Delta F = \frac{H_d / N_b}{\pi n d} \quad (3.10)$$

แรงดึงมากที่สุดในสายพานด้านตึงคือ

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\theta)}{\exp(f\theta) - 1} \quad (3.11)$$

จากค่าจำกัดความของ ΔF แรงดึงน้อยที่สุดในสายพานด้านหย่อนคือ

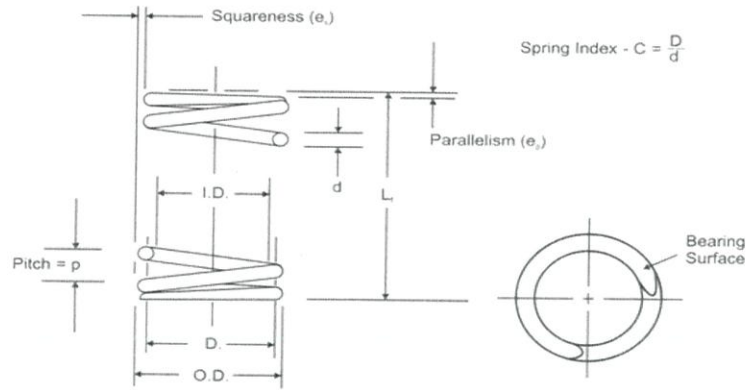
$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (3.12)$$

3.5 สปริง (Spring)

เนื่องจากการปกเปลือกว่านหางจะเข้าจำเป็นต้องใช้แรงในการกดใบวาน ใบวานมีขนาดที่แตกต่างกันทำให้ไม่สามารถจำกัดความกว้างของใบมิด จึงใช้สปริงเป็นตัวปรับความกว้างใบมิด

สปริง คือ อุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้สามารถสะสมและคายพลังงานเชิงกลโดยอาศัยหลักการยืดหยุ่น (Elasticity) ของวัสดุมีด้วยกันหลากหลายชนิด แบ่งตามรูปทรง และวัสดุ เช่น สปริงกด สปริงยืด สปริงดัด สปริงแผ่น หรือแหวน สปริงกันหอย สปริงพื้นฐานที่ใช้งานทั่วไปเช่น สปริงขด (Helical Springs) สปริงขดแบบทั่วไป (Helical Springs) ประกอบด้วยวัสดุส่วนใหญ่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ทำการขดเป็นวงต่อเนื่องกันมีทั้งแบบ สปริงกด สปริงยืด และสปริงดัด(ดัด) ค่าตัวแปรสำคัญในการออกแบบคือ ขนาดลวด ขนาดวงขด ระยะพิทซ์ รูปแบบปลายสปริง และค่าโมดูลัสของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ตัวแปรต่าง ๆ ของสปริง

การยุบตัวของสปริงขด คือ เป็นค่าความแข็งของคอยล์สปริงที่ใช้ในระบบรองรับน้ำหนัก พิจารณาจากพลังงานที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่าง Strain Energy

$$U = \frac{4F^2 D^3 N}{d^4 G} + \frac{2F^2 D N}{d^2 G} \quad (3.13)$$

ได้ระยะยุบของสปริงต่อแรงกดอัด

$$y = \frac{\partial U}{\partial F} = \frac{8FD^3 N}{d^4 G} \left(1 + \frac{1}{2C^2}\right) = \frac{8FD^3 N}{d^4 G} \quad (3.14)$$

โดยค่า k คือ Spring Rate หรือเรียกว่า Scale of the spring เป็นค่า Stiffness ของสปริงเท่ากับ อัตราส่วนแรงต่อระยะยุบ

$$k = \frac{d^4}{8D^3 N} \quad (3.15)$$

โดย F คือ แรงกระทำกับสปริง

D คือ ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของสปริง

N คือ จำนวนขดของสปริง

G คือ ค่ายังมอดูลัสของสปริง

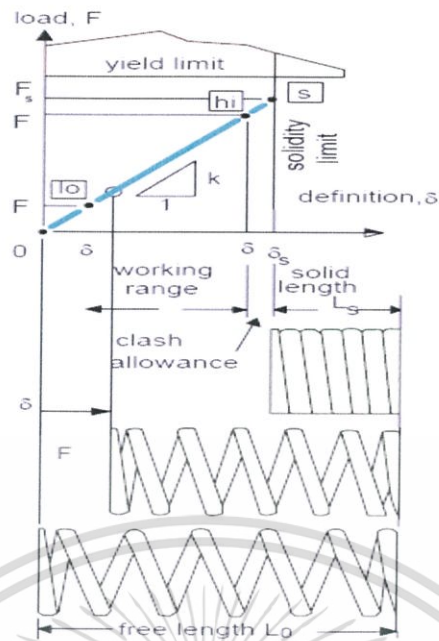
d คือ ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดสปริง

C คือ อัตราส่วนของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของสปริงและความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดสปริง (D/d)

ความสัมพันธ์ของระยะยุบ และแรงกด ระยะยุบและแรงสัมพันธ์เชิงเส้นในทางทฤษฎีโดยมีระยะต่าง ๆ ดังนี้

1. ระยะ Free length คือระยะสปริงตัวเปล่าที่ไม่มีแรงมากระทำ (สปริงกดไม่มี Preload)
2. ระยะ Solid length คือความยาวสั้นสุดที่ยึดต่อไม่ได้แล้วเนื่องจากทุกขดเบียดกันไม่มีระยะให้เคลื่อนที่ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ของระยะยุบและแรงกด

3.5.1 สปริงขดรับแรงดึง (Extension Springs)

ความเค้นในตัวสปริงขดรับแรงดึงพิจารณาในลักษณะเดียวกับสปริงขดรับแรงกด แต่เนื่องจากสปริงขดรับแรงดึงมีปลายเป็นท่อนเกลียว ในการออกแบบจึงจำเป็นต้องนำผลที่เกิดจากการบิดและการดัดบนท่อนเกลียว ที่ทำให้เกิดจุดรวมความเค้นมาพิจารณาด้วย ในรูปที่ 3.6 เป็นวิธีการออกแบบซึ่งนิยมใช้ในการออกแบบปลายสปริงขดรับแรงดึง ความเค้นดึงสูงสุดที่เกิดจากการดัดและการรับโหลดในแนวแกนที่จุด A คือ

$$\sigma_A = F \left[K_A \frac{16D}{\pi d^3} + \frac{4}{\pi d^2} \right] \quad (3.16)$$

เมื่อ K_A คือ แฟกเตอร์แก้ความเค้นดัดที่ส่วนโค้งของท่อนเกลียวซึ่งหาได้จาก

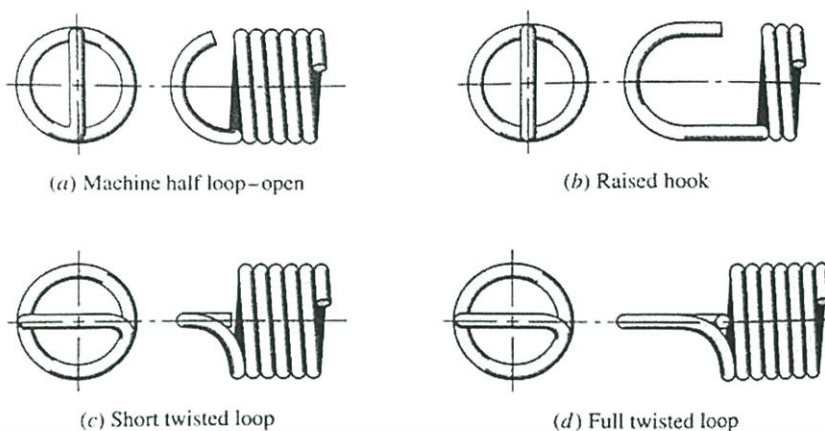
$$K_A = \frac{4C_1^2 + C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} \quad (3.17)$$

$$C_1 = \frac{2r_1}{d} \quad (3.18)$$

ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิดที่จุด B คือ

$$\tau_B = K_B \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (3.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ลักษณะปลายประเภทต่าง ๆ ของสปริงขดรับแรงดึง



รูปที่ 3.7 จุดรวมความเค้นที่ปลายสปริงขดรับแรงดึงแบบต่าง ๆ

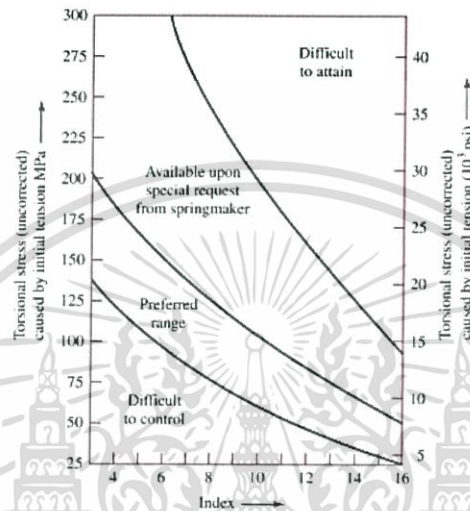
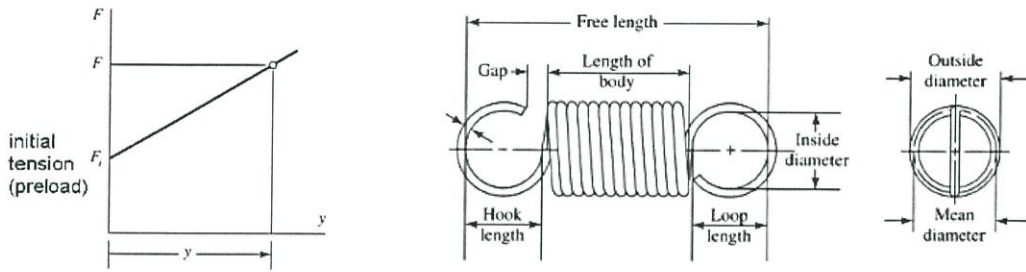
เมื่อแฟกเตอร์แก้ความเค้นบิดที่ส่วนโค้งของขดเกี่ยว K_B มีค่าเท่ากับ

$$K_A = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} \quad (3.20)$$

$$C_2 = \frac{2r_2}{d} \quad (3.21)$$

ส่วนใหญ่มักทำให้มีแรงดึงเบื้องต้นในขดสปริงเพื่อให้ระยะอิสระของสปริงมีความเที่ยงตรงมากขึ้น ดังรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับระยะการยืดตัวของสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับระยะการยืดตัวของสปริง

ระยะ y คือ ระยะที่สปริงยืดออกเกินความยาวอิสระของสปริง L_0 และ F_i คือแรงดึงเบื้องต้นในสปริง ความสัมพันธ์ของโหลดและระยะการยืดตัวของสปริงคือ

$$F = F_i + k_y \quad (3.22)$$

เมื่อ k คือค่าคงที่ของสปริง และ L_0 คือความยาวของขดลวดสปริงจาก

$$L_0 = 2(D - d) + (N_b + 1)d = (2C - 1 + N_b)d \quad (3.23)$$

เมื่อ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของขดสปริง, N_b คือจำนวนขดของสปริง และ C คือค่าดัชนีสปริง ถ้าปลายทั้ง 2 ข้างของสปริงเป็นขอกเกี่ยวม้วน ดังแสดงตามรูปที่ 3.8 จำนวนขดที่ทำงานของสปริงจาก

$$N_a = N_b + \frac{E}{G} \quad (3.24)$$

การทำให้สปริงขดมีแรงดึงในเบื้องต้นทำให้การบิดเส้นลวดในขณะที่ทำการม้วนขดสปริงและเมื่อผลิตเสร็จแรงดึงในเบื้องต้นนี้ถูกล็อค เพราะไม่สามารถทำให้สปริงนี้สั้นลงได้อีกแล้ว ดังนั้นค่าความเค้นเบื้องต้นในสปริงที่เหมาะสมคือ

$$\tau_i = \frac{33500}{\exp(0.105C)} \pm 1000\left(4 - \frac{C-3}{6.5}\right) \text{ psi} \quad (3.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

วัสดุ (Material) ถือเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการออกแบบ เนื่องจากเป็นส่วนรองรับโหลดต่าง ๆ ถ้าวัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาด้านความเสียหายของเครื่องจักรได้

3.6.1 สเตนเลส (Stainless steel)

สเตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นศัพท์ทั่วไปที่ใช้เรียกเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง สเตนเลสเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบมีปริมาณคาร์บอนต่ำมีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักประมาณ 10.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Chromium oxide film : CrO₂ หรือเรียกว่า Passive film) ที่มองไม่เห็นเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวหน้าทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการกัดกร่อน ฟิล์มปกป้องนี้มีความบางเทียบเท่ากับวาทะ 1 แผ่นบนตึกสูง 20 ชั้น ถ้าฟิล์มที่ผิวหน้านั้นถูกทำลายไม่ว่าจากแรงกล สารเคมี หรือออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศเข้าทำปฏิกิริยากับโครเมียม สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ทดแทนชั้นใหม่ด้วยตัวมันเอง

ประเภทของสเตนเลส

โดยทั่วไปสเตนเลสแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามโครงสร้างคือ ออสเทนนิติก เฟอร์ริติก ดูเพล็กซ์ มาร์เทนซิติก และเหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก

- ออสเทนนิติก (Austenitic) หรือที่รู้จักกันในซีรีส์ 300 ซึ่งประมาณได้ว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตสเตนเลสในโลกนี้เป็นสเตนเลสตระกูลออสเทนนิติกที่ประกอบด้วยคาร์บอนอย่างน้อย 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 16 เปอร์เซ็นต์ และ นิกเกิลช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการขึ้นรูปประกอบและเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน

- เฟอร์ริติก (Ferritic) มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักระหว่าง 10.5-27 เปอร์เซ็นต์ บางเกรดผสมนิกเกิลลงไปเล็กน้อย บางเกรดผสมโมลิบดีนัม หรืออลูมิเนียม ไททาเนียม

- มาร์เทนซิติก (Martensitic) เป็นตระกูลที่มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าออสเทนนิติกและเฟอร์ริติก แต่มีความทนทานและแข็งแรงมากกว่า โดยทั่วไปมีส่วนผสมของโครเมียม 12 -14 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัม 0.2-1 เปอร์เซ็นต์ มีนิกเกิล 0-2 เปอร์เซ็นต์และมีคาร์บอนผสม อยู่ประมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชุบแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วและอบคืนตัว โดยทั่วไปรู้จักกันในซีรีส์ 400

- ดูเพล็กซ์ (Duplex) เนื่องจากมีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าออสเทนนิติกและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนชนิด รูซีม ซอกอับ มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19 ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัมสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติก ใช้งานมากในสภาพแวดล้อมที่มีคลอไรด์สูง

- เหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึกมีความต้านทานการกัดกร่อนเทียบเคียงกับตระกูลออสเทนนิติก มีความแข็งแรงมากกว่าตระกูลมาร์เทนซิติก เนื่องจากสเตนเลสชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ในคราวเดียว จึงเหมาะสำหรับทำแกนปั๊มหัววาล์วและส่วนประกอบของอากาศยาน

การใช้งานสเตนเลสทั่วไป

สเตนเลสตระกูลออสเทนนิติก เป็นสเตนเลสตระกูลที่นำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ไฟฟ้า งานตกแต่งอาคาร งานสถาปัตยกรรม อุปกรณ์ในการผลิตเบียร์ หรือการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหารที่มีสมบัติต้านทานที่เกี่ยวข้องกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะดวกและสุขศาสตร์อนามัย เช่น เครื่องมือในโรงพยาบาล เวชภัณฑ์ สามารถใช้งานที่อุณหภูมิ ต่ำติดลบ สำหรับถังเก็บแก๊สเหลวและสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงเช่นทำท่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิความร้อน ทำอุปกรณ์ควบคุมหรือกำจัดมลภาวะ และควันทิช งานท่อ ถังเก็บ ภาชนะที่ใช้ในงาน อุตสาหกรรมและภาชนะ ความดันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ปิโตรเคมี ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม อุตสาหกรรมเหมืองแร่ การผลิตเนื้อเยื่อกระดาษและกระดาษ อุปกรณ์ในตู้โดยสารรถไฟ รถเข็น อาหาร

สแตนเลสตระกูลเฟอร์ริติก เป็นตระกูลที่นิยมใช้มากที่สุดในงานอุปกรณ์ตกแต่งในอาคาร เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ซ้อนส้อม มีด และเครื่องใช้ในครัว อ่างล้าง อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน งาน สถาปัตยกรรม เครื่องถ่ายความร้อนในกระบวนการผลิตและอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิตอาหารนม แกนและถังปั่นในเครื่องซักผ้าและเครื่องล้างจาน นอกจากนี้สามารถนำไปใช้ในงานเรือเดินสมุทร ทำ แผ่นดาดฟ้าเรือ ฝายน้ำล้น โซในงานขนถ่ายสินค้า อุปกรณ์ ดูดฝุ่นและควันทันเป็นต้น

สแตนเลสตระกูลมาร์เทนซิติก สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการความทนทานและมีความแข็ง เช่น ทำใบมีด เครื่องมือผ่าตัด ตัวยึด กระจสวหรือแกนเพลลา หัวฉีดยา เพลลา และสปริง โดยทั่วไปผลิต ออกมาในรูปแบบท่อแบน แผ่น และงานหล่อ

สแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก นำไปใช้ในการทำแผงและท่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ ขนถ่ายวัสดุ ถังเก็บ และถัง ความดันบรรยากาศแวดล้อมของคลอรีนที่มีความเข้มข้นสูง ตัวอย่างงาน ได้แก่ อุปกรณ์ หล่อเย็นด้วยน้ำทะเล การกลั่นน้ำทะเลให้บริสุทธิ์ได้ อุตสาหกรรมหมักต้อง อุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส

ในทางทฤษฎีการออกแบบนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้สแตนเลสตระกูลมาร์เทนซิติก ที่ส่วนมากจัดอยู่ใน เกรด AISI ซีรีส์ 400 สำหรับทำใบมีด เนื่องจากเป็นสแตนเลสประเภทที่มีความทนทานแข็งแรง ทนทานเหมาะสำหรับทำใบมีด

3.6.2 เหล็ก

เหล็กเป็นธาตุสามัญอย่างหนึ่งในธรรมชาติที่มีบนโลกมากเป็นอันดับที่สามารถจากออกซิเจน และซิลิกอน โดยปกติเหล็กเกิดในธรรมชาติในรูปของแร่เฮมาไทต์และแมกนีไทต์โดยมีแหล่งแร่สำคัญ อยู่ที่ประเทศออสเตรเลีย อินเดีย บราซิล มนุษย์นำแร่เหล็กไปผ่านกระบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ใน งานอุตสาหกรรม การก่อสร้างทุกประเภท

ประเภทของเหล็ก

เหล็กที่ผ่านขบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง และงานอุตสาหกรรมแบ่งเป็นประเภท ต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. เหล็กพิก ได้มาจากการถลุงแร่เหล็กโดยเตาพ่นลมเพื่อให้ได้เหล็กดิบหรือเหล็กพิกซึ่งมี ส่วนประกอบของเหล็กประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน 3-4 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน 1 เปอร์เซ็นต์ และธาตุอื่น ๆ ต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นและเติมสารอัลลอยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเหล็กพิกเป็นต้น กำเนิดของวัสดุผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น เหล็กเหนียวเหล็กหล่อและเหล็กกล้า

2. เหล็กเหนียวหรือเหล็กอ่อน เป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งต่ำ มีกำลังวัสดุต่ำกว่าเหล็กชนิด อื่น ๆ มีส่วนผสมของคาร์บอนต่ำ เหล็กเหนียวที่มีธาตุคาร์บอนประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ และมี ตะกั่วอย่างละเอียดปนอยู่ประมาณ 1.3 เปอร์เซ็นต์กระจายอยู่ทั่วชิ้นโลหะ เหล็กเหนียวมีเนื้อหยาบ และถ้านำไปทดลองเกี่ยวกับแรงดึงแตกเป็นรอยสีดำหรือสีคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่มาก ขึ้นรูปได้ด้วยวิธีหลอมละลายและเทลงในแบบหล่อที่ทำด้วยทรายหรือวัสดุทนความร้อน จึงได้ชื่อตามกรรมวิธีการขึ้นรูปว่า เหล็กหล่อ หลังจากหล่อรูปร่างได้ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำมาทำการกลึง ไซ ตัดและเจาะ

4. เหล็กกล้า คือโลหะผสมประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ เหล็ก คาร์บอนแมงกานีส ซิลิคอนและธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เหล็กกล้าเป็นวัสดุโลหะที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพเหล็ก ให้มีคุณสมบัติโดยรวมดียิ่งขึ้น เช่น แปรเปลี่ยนรูปได้ตามที่ต้องการแข็งแรง ยืดหยุ่น ทนทานต่อแรงกระแทกหรือ สภาวะทางธรรมชาติสามารถรับน้ำหนัก

- เหล็กกล้าผสมต่ำ มีธาตุอื่นผสมอยู่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าผสมต่ำ เช่น คาร์บอน ฟอสฟอรัส โมลิบดีนัม แมงกานีส ซิลิคอน ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล โดยที่ฟอสฟอรัส แมงกานีส โครเมียมและนิกเกิลผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทองแดงผสมเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน เหล็กกล้าผสมต่ำสามารถนำมาขึ้นรูปเย็น เชื่อม กลึงไซ และกัดได้ง่าย ปกติผลิตออกมาในรูปของเหล็ก แผ่น เหล็กเส้น เหล็กโครงสร้าง รูปร่างต่าง ๆ เช่น I-beam เหล็ก รูปพรรณ เหล็กรงน้ำ เหล็กฉาก เป็นต้น

- เหล็กกล้าผสมสูง มีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหล็กกล้าพิเศษที่ผลิตขึ้นมาโดยวัตถุประสงค์เพื่อนำไปทำเป็นเครื่องมือตัดในการตัดเฉือนขึ้นรูปวัสดุอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุประเภทโลหะหรือโลหะเป็นเหล็กกล้าที่มีราคาแพงผลิตจากเตาไฟฟ้า สามารถนำมาทำการชุบแข็งได้ค่าความแข็งที่ได้จากการชุบขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมภายในเหล็ก เหล็กกล้าชนิดนี้มีคุณสมบัติคือทนต่อการสึกหรอ ทนต่อความร้อนและมีความแข็งแรงสูง

ในการออกแบบนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้เหล็กกล่องจัดเป็นเหล็กกล้าผสมต่ำ ทำงานด้านโครงสร้างของเครื่อง

3.6.3 ยาง

ใช้เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมในชิ้นส่วนเครื่องจักร เช่น แหวนรองรูปตัวโอ ยางป้องกันการรั่วซึมรูปตัวยู หรือใช้เป็นวัสดุป้องกันการสั่น เช่น ยางกันสะเทือน สายพาน เป็นต้น

1. ยางไนไตรด์ ใช้ทำแหวนรองรูปตัวโอหรือยางป้องกันการรั่วซึมรูปตัวยู ชื่อที่ถูกต้องคือยางอะครีโลไนไตรด์บิวทาเจน (NBR) มีสีดำ สามารถทนน้ำมันได้ดี อุณหภูมิใช้งานในช่วง -20°C ถึง 130°C

2. ยางซิลิโคน ใช้เป็นวัสดุขึ้นรูปสำหรับแหวนรองรับรูปตัวโอหรือวัสดุกันรั่วซึมในบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ สามารถใช้ในสถานะของเหลวเพื่อทาเติมให้แข็งตัวกลางเป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมได้ อุณหภูมิที่ใช้งานในช่วง -70°C ถึง 200°C สามารถทนความร้อนได้ดี

3. ยางฟลูออไรด์ เป็นแหวนรองรูปตัวโอที่ใช้กับอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง -20°C ถึง 200°C

3.7 หัวฉีด

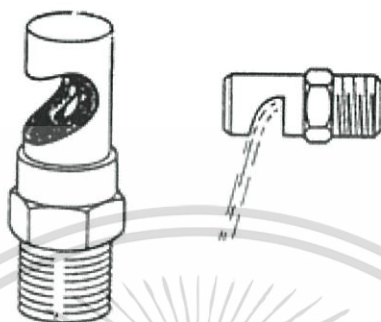
หัวฉีดแบ่งชนิด ดังนี้

1. หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว

หัวฉีดใช้แรงดันของเหลวแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ หัวฉีดแบบแรงปะทะ หัวฉีดแบบรูปพัด และ หัวฉีดแบบรูปกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 หัวฉีดแบบแรงปะทะ เป็นหัวฉีดสำหรับใช้พ่นสาร ทำด้วยโลหะหรือพลาสติกแข็งเป็นชิ้นเดียวกันมีรูขนาดเล็กตรงกลาง ของเหลวที่ไหลผ่านรูนี้ปะทะกับแผ่นกั้นแล้วกระจายตัวออกเป็นละอองสารในลักษณะรูปพัด อาจมีมุมระหว่าง 25-180 องศา ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ แต่โดยทั่วไป หัวฉีดแบบนี้ใช้แรงดันต่ำประมาณ 4-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งให้ละอองสารที่หยาบ



รูปที่ 3.9 หัวฉีดแบบแรงปะทะ

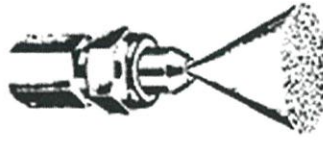
1.2 หัวฉีดแบบรูปพัด หัวฉีดแบบนี้ทำด้วยวัสดุชิ้นเดียว มีลักษณะกลมแบบตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็ก ๆ ให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของเหลวที่ไหลผ่านรูฉีดด้วยแรงดันสูงแผ่นเป็นรูปพัดมีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่าง ๆ กันระหว่าง 65 - 80 องศา อัตราการไหลมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูฉีดและแรงดัน หัวฉีดชนิดนี้ใช้แรงดันต่ำประมาณ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เพื่อให้มีละอองสารหยาบ



รูปที่ 3.10 หัวฉีดแบบรูปพัด

1.3 หัวฉีดแบบรูปกรวย เป็นหัวฉีดที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ชิ้น คือ รูฉีดทำด้วยโลหะหรือ วัสดุแข็งเป็นแผ่นแบน ๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวน ด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่าง เรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าเป็นรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีด แบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูฉีดและแผ่นทำให้เกิดกระแสวนให้เลือกหลายขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหลและขนาดของ ละอองสารที่ต้องการมักใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 หัวฉีดแบบกรวย

2. หัวฉีดใช้แรงลม

เป็นหัวฉีดของเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลม มีพัดลมเป่าตามท่อด้วยความเร็วสูงของเหลวที่ไหลจากถังบรรจุสารถูกบังคับให้ไหลน้อยลงตรงหัวฉีด และพ่นลงสู่กระแสลมที่ผ่านมาในท่อ ของเหลวนั้นแตกตัวเป็น ละอองสารขนาดเล็กและถูกพัดพาไปกับกระแสลม ไปยังที่หมาย ขนาดของละอองสารมีความละเอียดหรือหยาบขึ้นอยู่กับความเร็วลมปลายท่อและอัตราการไหลของของเหลวถ้าความเร็วและแรงอัตราการไหลน้อยละอองสารมีความละเอียด และตรงกันข้ามถ้าความเร็วลมอ่อนอัตราการไหลมากละอองสารมีความหยาบ

3. หัวฉีดใช้แรงเหวี่ยง

เป็นหัวฉีดที่ให้ละอองละเอียดขนาดสม่ำเสมอดีกว่าหัวฉีดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา มีหลักการให้สารของเหลว จำนวนน้อยหยดลงบนจานที่หมุนด้วยความเร็วสูงของเหลวถูกสลัดออกโดยรอบขอบจานซึ่งมีพื้นคมรอบขอบจาน ขนาดละอองมีความหยาบหรือละเอียดขึ้นอยู่กับรอบของหัวฉีด ถ้ารอบสูงละอองมีความละเอียดรอบต่ำละอองมีความหยาบ

3.8 ปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำ (Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อให้ของเหลวเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป ในปัจจุบันเครื่องปั๊มน้ำจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรม ตลอดจนการบำบัดน้ำเสียเพื่อรักษาภาวะแวดล้อมที่ดีให้กับมนุษย์ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องปั๊มน้ำในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากเดิมที่ใช้พลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาเป็นการใช้พลังงานจากไอน้ำจากเครื่องยนต์ และที่นิยมกันมากคือการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

ประเภทของปั๊มน้ำ (Type of Pump) ปัจจุบันมีการจัดแบ่งประเภทของปั๊มน้ำหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย ดังนั้นจึงมีการจัดหมวดหมู่แยกได้เป็น 2 แบบคือ

1. แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวหรือการไหลของของเหลวในปั๊ม ได้แก่
 - ประเภทปั๊มแรงเหวี่ยง หรือปั๊มเหวี่ยง (Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้บางครั้งเรียกว่าแบบ Rota-dynamic
 - ประเภทโรตารี (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง
 - ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเภทพิเศษ (Special) เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษ ไม่สามารถจัดอยู่ในทั้งสามประเภทที่กล่าวมา
- 2. แยกตามลักษณะการขับเคลื่อนของเหลวในปั๊ม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ
 - ประเภททำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Dynamic) เป็นปั๊มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางและแบบพิเศษ
 - ประเภททำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Positive displacement) คือการเคลื่อนที่ โดยอาศัยชิ้นส่วนของ เครื่องสูบลูกสูบ ปั๊มประเภทนี้รวมเอาแบบโรตารีและแบบลูกสูบชักเข้าอยู่ในกลุ่มด้วย นอกจากการแบ่งเป็นสองแบบตามที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจแบ่งปั๊มตามวัตถุประสงค์การใช้งานของแต่ละชนิดด้วยเช่น ปั๊มดับเพลิง ปั๊มลม ปั๊มสุญญากาศ ปั๊มบาดาล เป็นต้น

3.9 สมการของความต่อเนื่อง (The equation of continuity)

มวลของของไหลไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่มันเคลื่อนที่ เป็นที่มาของสมการความต่อเนื่อง พิจารณาส่วนหนึ่งของท่อที่อยู่ระหว่างภาคตัดขวาง 2 บริเวณ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ของไหลกำลังเคลื่อนที่จากด้านล่างไปยังด้านบนของท่อ ภาคตัดขวางด้านล่างมีพื้นที่ A_1 และด้านบนมีพื้นที่ A_2 อัตราเร็วของของไหลที่บริเวณทั้งสองนี้มีค่าเป็น v_1 และ v_2 ตามลำดับ ไม่มีของไหลผ่านเข้าออกระหว่างผนังของท่อนี้ เนื่องจากที่ทุกจุดบนผนังของท่อเวกเตอร์ความเร็วของของไหลขนานกับผนัง ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ dt ของไหลจากพื้นที่หน้าตัด A_1 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง $v_1 dt$ ดังนั้นได้ของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่มีความสูง $v_1 dt$ พื้นที่หน้าตัด A_1 และมีปริมาตรเป็น $dv_1 = A_1 v_1 dt$ ซึ่งกำลังไหลเข้าไปในท่อผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1



รูปที่ 3.12 ส่วนหนึ่งของท่อของของไหลที่กำลังไหล

ในช่วงเวลาสั้น ๆ เดียวกันนี้ ของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่มีปริมาตรเป็น $dv_2 = A_2 v_2 dt$ ก็กำลังไหลออกจากท่อผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2

พิจารณาสำหรับกรณีของของไหลที่บีบอัดไม่ได้ นั่นคือความหนาแน่นมีค่าคงที่ที่ทุกจุด มวล dm_1 ของของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่กำลังไหลเข้าไปในท่อผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1 ในช่วงเวลา dt คือ $dm_1 = \rho A_1 v_1 dt$ เช่นเดียวกันสำหรับมวล dm_2 ของของไหล รูปท่อทรงกระบอกที่กำลังไหลออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 ได้ $dm_2 = \rho A_2 v_2 dt$ ใน Steady flow มวลรวมภายในท่อต้องมีค่าคงที่ นั่นคือ $dm_1 = dm_2$ ได้ $\rho A_1 v_1 dt = \rho A_2 v_2 dt$ หรือ

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3.25)$$

ซึ่งคือสมการความต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลมีค่าคงที่ที่ทุกจุดในท่อ เมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่อมีขนาดลดลง ของไหลไหลได้เร็วขึ้น (อัตราเร็วของของไหลมากขึ้น) และในทางกลับกัน เมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่อมีขนาดเพิ่มขึ้น ของไหลไหลได้ช้าลง (อัตราเร็วของของไหลน้อยลง)

3.10 สมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's equation)

อัตราเร็วของการไหล จากสมการความต่อเนื่องสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเส้นทางการไหล ความดันก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับความสูง (หรือความลึก) เช่นเดียวกันกับในของไหลสถิต และความดันก็ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการไหลด้วย เราหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อัตราเร็วของการไหลและความสูง สำหรับของไหลอุดมคติที่บีบอัดไม่ได้ (Ideal and incompressible fluid) และการไหลเป็นแบบคงที่

จากสมการของความต่อเนื่องเมื่อมีของไหลที่บีบอัดไม่ได้ไหลอยู่ภายในท่อ ซึ่งมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดแต่ละบริเวณเปลี่ยนแปลงไป อัตราเร็วของการไหล ก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือแต่ละส่วนของของไหลต้องมีความเร็ว หรือความหน่วง แล้วแต่กรณี ของไหลที่อยู่รอบ ๆ ออกแรงกระทำให้เกิดความเร่งนี้ นั่นหมายความว่า ความดันต้องมีค่าต่างกันที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน เพราะถ้าความดันเท่ากันหมดทุกที่ แรงสุทธิที่กระทำกับทุก ๆ ส่วนของของไหลเป็นศูนย์ ทำให้ไม่เกิดความเร่ง หรืออัตราเร็วคงที่ที่ทุกจุดซึ่งขัดแย้งกับข้างต้น เมื่อของไหลส่วนหนึ่งมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น คือไหลเร็วขึ้นต้องเคลื่อนที่ มาจากบริเวณที่มีความดันมากกว่า มายังบริเวณที่มีความดันน้อยกว่า เพื่อที่ทำให้มีแรงสุทธิขนาดหนึ่งในการเร่งมัน สรุปได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่อมีการเปลี่ยนขนาด ความดันต้องมีค่าเปลี่ยนไปด้วยถึงแม้ว่าทั้งสองบริเวณอยู่ที่ระดับสูงเดียวกัน ถ้ามันอยู่คนระดับก็ยิ่งช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันทั้งสองบริเวณ

ที่มาของสมการของแบร์นูลลี โดยใช้ทฤษฎีของงานและพลังงาน ในการพิจารณาของไหลที่กำลังไหลในท่อ ดังรูปที่ 3.12 ของไหลกำลังไหลจากบริเวณที่ 1 ไปยังบริเวณที่ 2 ที่อยู่สูงกว่า อัตราเร็วของการไหลที่บริเวณที่ 1 และ 2 คือ v_1 และ v_2 ตามลำดับ ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ dt ของไหลที่บริเวณที่ 1 เคลื่อนที่ขึ้นได้ระยะทาง $ds_1 = v_1 dt$ และของไหลที่บริเวณที่ 2 เคลื่อนที่ขึ้นได้ระยะทาง $ds_2 = v_2 dt$ ถ้าพื้นที่หน้าตัดที่บริเวณที่ 1 และ 2 คือ A_1 และ A_2 ตามลำดับ จากสมการของความต่อเนื่อง ได้ว่าสำหรับของไหลที่บีบอัดไม่ได้ (ความหนาแน่นคงที่) ปริมาตรของของไหล dV ที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใด ๆ ในช่วงเวลา dt (อัตราการไหล) มีค่าคงที่ นั่นคือ $dV = A_1 v_1 dt = A_2 v_2 dt$ จะได้ $A_1 ds_1 = A_2 ds_2$

พิจารณางานที่ทำบนส่วนของของไหลนี้ในช่วงระยะเวลา dt ถ้าความดันที่บริเวณที่ 1 และ 2 คือ p_1 และ p_2 ตามลำดับ แรงที่ทำบนพื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่ 1 คือ $p_1 A_1$ และที่บริเวณที่ 2 คือ $p_2 A_2$ ดังนั้นงานสุทธิ dW ที่ทำบนส่วนของของไหล เมื่อของไหลเคลื่อนที่คือ

$$dW = p_1 A_1 ds_1 - p_2 A_2 ds_2 = (p_1 - p_2) dV \quad (3.26)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่ทำ dW เท่ากับพลังงานกลสุทธิที่เปลี่ยนไป โดยที่พลังงานกลสุทธิ คือผลรวมของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วง พิจารณาที่บริเวณที่ 1 ปริมาตรของของไหล ที่เคลื่อนที่ภายในช่วงเวลา dt คือ $A_1 ds_1$ นั้นหมายถึงมวลของของไหลปริมาตรนี้คือ $\rho A_1 ds_1$ ดังนั้นพลังงานจลน์สุทธิที่เปลี่ยนไปมีค่าเท่ากับ

$$dK = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) \quad (3.27)$$

พิจารณาพลังงานศักย์ ที่บริเวณที่ 1 พลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่เปลี่ยนไปคือ $dU = \rho dV g (y_2 - y_1)$ และเนื่องจากงานที่ทำ dW เท่ากับพลังงานกลสุทธิที่เปลี่ยนไป นั่นคือ $dW = dK + dU$ ได้ว่า

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (y_2 - y_1) \quad (3.28)$$

สมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's equation) สมการนี้อธิบายว่า งานที่ทำบนปริมาตรหนึ่งหน่วยของของไหล โดยของไหลรอบ ๆ เท่ากับผลรวมของพลังงานจลน์ ที่เปลี่ยนไปกับพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนไป ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการไหล เราอาจแปลสมการของแบร์นูลลีในรูปของความดันก็ได้ เทอมแรกของสมการด้านขวาคือ ผลต่างความดันที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วของการไหล เทอมที่สองคือ ผลต่างความดันที่เกิดจากน้ำหนักของของไหลกับผลต่างความสูงที่สองบริเวณ เราอาจเขียนสมการ 3.28 ใหม่ดังนี้

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (\text{Bernoulli's equation}) \quad (3.29)$$

3.11 สมมติฐานการออกแบบเครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจระเข้

จากการศึกษางานวิจัยหลักการ ทฤษฎีและงานวิจัย จึงได้แนวคิดที่นำหลักการการปอกเปลือกแบบใช้มีดมาใช้ในการออกแบบกลไกการปอกเปลือกกว่านหางจระเข้ ซึ่งเป็นการปอกด้วยใบมีดชนิดให้ใบมีดอยู่กับที่และใบว่านมีการเคลื่อนที่ และสำหรับการล้างเมื่อกว่านหางจระเข้ เลือกใช้วิธีล้างด้วยน้ำผ่านหัวฉีดให้เกิดการขัดสีน้ำกับเนื้อว่านให้เมือกหลุดออกด้วยแรงดันน้ำ ออกแบบให้ใบว่านไหลตามรางเป็นกระบวนการทำงานต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มปอกเปลือกจนถึงสิ้นสุดกระบวนการล้าง

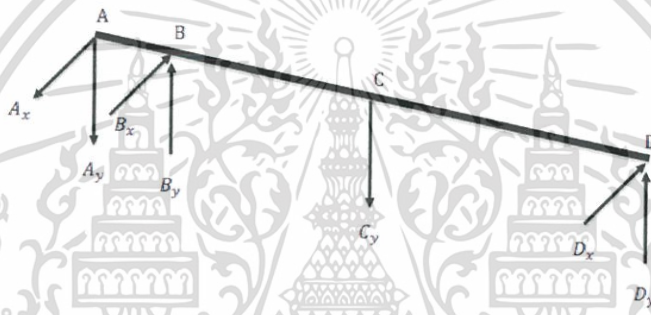
บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบ

จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องต้นแบบการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจระเข้ โดยต้องคำนวณหาขนาดเพลลาที่สามารถรับแรงบิดและแรงกระทำต่าง ๆ ได้เพียงพอ

4.1 การคำนวณและออกแบบเพลลา

เนื่องจากเพลลาต้องรับน้ำหนักของลูกกลิ้งยาง และรับแรงบิดจากมอเตอร์ ซึ่งสามารถเขียนแรงที่กระทำต่อเพลลาได้ดังรูปที่ 4.1 โดยเลือกเพลลาที่รับแรงมากที่สุดมาคำนวณและออกแบบ



รูปที่ 4.1 Free body diagram ของเพลลา

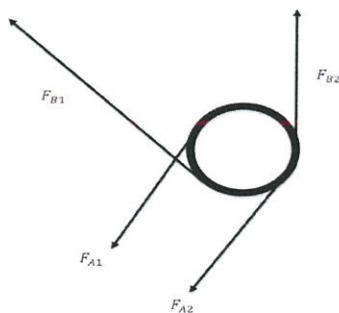
โดยที่ A_x และ A_y คือ แรงที่กระทำเนื่องจากสายพาน

B_x และ B_y คือ แรงที่กระทำเนื่องจากแบริ่งตัวที่ 1

C_x และ C_y คือ แรงที่กระทำเนื่องจากลูกกลิ้งยาง ซึ่งลูกกลิ้งมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 30.41 นิวตัน

D_x และ D_y คือ แรงที่กระทำเนื่องจากแบริ่งตัวที่ 2

4.1.1 คำนวณหาแรงจากสายพาน



รูปที่ 4.2 Free body diagram ของพูเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาแรง F_{A1} และ F_{A2}

สายพานนี้มีหน้าที่ส่งกำลังจากมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนเพลลา ซึ่งพูเลย์ตัวขับมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5 เซนติเมตรและพูเลย์ตัวตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตร โดยมอเตอร์มีกำลัง 1 แรงม้าหมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 1,400 รอบต่อนาที แต่เนื่องจากในการออกแบบเครื่องต้นแบบต้องการความเร็วรอบสูงสุดแค่ 40 รอบต่อนาทีจึงใส่อุปกรณ์ลดความเร็วรอบและสายพานที่ใช้เป็นชนิด A หาความเร็วของสายพาน

$$V = \pi d N \quad (4.1)$$

$$V = \pi \times 0.05 \times \frac{40}{60} = 0.1047 \text{ m/s}$$

ระยะห่างจุดศูนย์กลางพูเลย์

$$C = 390 \text{ มิลลิเมตร}$$

มุมสัมผัสของล้อสายพาน

$$\phi = \theta_d = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right)$$

$$\phi = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{100 - 50}{2 \times 390}\right) = 3.0133 \text{ rad}$$

$$\exp(0.5123\phi) = 4.6819$$

จากตารางภาคผนวก ก.5 อัตรากำลังมาตรฐาน $H_{tab} = 0.2527 \text{ kW}$

จากตารางภาคผนวก ก.6 และ ก.7 ตัวประกอบใช้งาน : $k_1 = 0.77$, $k_2 = 0.90$

กำลังที่ยอมรับได้ จากสมการ 3.6

$$H_a = k_1 k_2 H_{tab}$$

$$H_a = 0.77 \times 0.90 \times 0.2527 = 0.1742 \text{ kW}$$

จากตารางภาคผนวก ก.8 ตัวประกอบใช้งาน $k_s = 1.2$

กำลังที่ออกแบบ จากสมการ 3.7

$$H_d = H_{nom} k_s n_d$$

$$H_d = 0.1742 \times (1.2 + 0.1) \times 1 = 0.24188 \text{ kW}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ 3.8

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = \frac{0.9698}{0.1742} = 5.57 \rightarrow 6$$

จากตารางภาคผนวก ก.9 ตัวประกอบใช้งาน $k_c = 0.561$

แรงเหวี่ยง จากสมการ 3.9

$$F_c = k_c \left(\frac{v}{2.4} \right)^2$$

$$F_c = 0.561 \times \left(\frac{0.1047}{2.4} \right)^2 = 1.068 \times 10^{-3} \text{ N}$$

กำลังส่งต่อสายพาน จากสมการ 3.10

$$\Delta F = \frac{H_d}{\pi n d}$$

$$\Delta F = \frac{0.9698 \times 10^3 / 6}{\pi \times 0.05 \times \frac{40}{60}} = 1,543.48 \text{ N}$$

แรงดึง จากสมการ 3.11

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F_1 = (1.068 \times 10^{-3}) + \frac{1543.48 \times 4.6819}{4.6819 - 1} = 1,962.69 \text{ N}$$

จากสมการ 3.12

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 1962.69 - 1543.48 = 419.21 \text{ N}$$

จากการคำนวณได้ค่าแรงที่กระทำกับเพลาดังนี้

$$F_{A1} = 1,962.69 \text{ นิวตัน}$$

$$F_{A2} = 419.21 \text{ นิวตัน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาแรง F_{B1}

สายพานนี้มีหน้าที่ส่งกำลังจากมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนเพลลา ซึ่งพูลี่ตัวขับเคลื่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตรและพูลี่ตัวตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตร โดยมีกำลัง 1 แรงม้า 40 รอบต่อนาที และสายพานที่ใช้เป็นชนิด A

ระยะห่างจุดศูนย์กลางพูลี่

$$C = 200 \text{ มิลลิเมตร}$$

มุมสัมผัสของล้อสายพาน จากสมการ 4.2

$$\phi = \theta_d = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right) = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{100-100}{2 \times 200}\right) = 3.142 \text{ rad}$$

$$\exp(0.5123\phi) = 5.00$$

จากตารางภาคผนวก ก.5 อัตรากำลังมาตรฐาน $H_{tab} = 0.2405 \text{ kW}$

จากตารางภาคผนวก ก.6 และ ก.7 ตัวประกอบใช้งาน : $k_1 = 0.75$; $k_2 = 0.90$

กำลังที่ยอมรับได้ จากสมการ 3.6

$$H_a = k_1 k_2 H_{tab} = 0.75 \times 0.90 \times 0.2405 = 0.1623 \text{ kW}$$

จากตารางภาคผนวก ก.8 ตัวประกอบใช้งาน $k_s = 1.2$

กำลังที่ออกแบบ จากสมการ 3.7

$$H_d = H_{nom} k_s n_d = 0.746 \times (1.2 + 0.1) \times 1 = 0.9698 \text{ kW}$$

จากสมการ 3.8

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = \frac{0.9690}{0.1623} = 5.97 \rightarrow 6$$

จากตารางภาคผนวก ก.9 ตัวประกอบใช้งาน $k_c = 0.561$

แรงเหวี่ยง จากสมการ 3.9

$$F_c = k_c \left(\frac{V}{2.4}\right)^2 = 0.561 \times \left(\frac{0.1047}{2.4}\right)^2 = 1.068 \times 10^{-3} \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังส่งต่อสายพาน จากสมการ 3.10

$$\Delta F = \frac{H_d/N_b}{\pi nd} = \frac{0.9698 \times 10^3/6}{\pi \times 0.1 \times \frac{40}{60}} = 771.14 \text{ N}$$

แรงดึง จากสมการ 3.11

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F_1 = (1.068 \times 10^{-3}) + \frac{771.74 \times 5.00}{5.00 - 1} = 964.68 \text{ N}$$

จากสมการ 3.12

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 964.68 - 771.74 = 192.94 \text{ N}$$

จากการคำนวณได้ค่าแรงที่กระทำกับเพลาดังนี้

$$F_{B1} = 192.94 \text{ นิวตัน}$$

คำนวณหาแรง F_{B2}

สายพานนี้มีหน้าที่ส่งกำลังจากมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนเพลลา ซึ่งพูเลย์ตัวขับมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตรและพูเลย์ตัวตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตร โดยมีกำลัง 1 แรงม้า 40 รอบต่อนาที และสายพานที่ใช้เป็นชนิด A

ระยะห่างจุดศูนย์กลางพูเลย์

$$C = 340 \text{ มิลลิเมตร}$$

มุมสัมผัสของล้อสายพาน จากสมการ 4.2

$$\phi = \theta_d = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right) = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{100-100}{2 \times 340}\right) = 3.142 \text{ rad}$$

$$\exp(0.5123\phi) = 5.00$$

จากตารางภาคผนวก ก.5 อัตรากำลังมาตรฐาน $H_{tab} = 0.2405 \text{ kW}$

จากตารางภาคผนวก ก.6 และ ก.7 ตัวประกอบใช้งาน : $k_1 = 0.75$, $k_2 = 0.90$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ยอมรับได้ จากสมการ 3.6

$$H_a = k_1 k_2 H_{tab} = 0.75 \times 0.90 \times 0.2405 = 0.1623 \text{ kW}$$

จากตารางภาคผนวก ก.8 ตัวประกอบใช้งาน $k_s = 1.2$

กำลังที่ออกแบบ จากสมการ 3.8

$$H_d = H_{nom} k_s n_d = 0.746 \times (1.2 + 0.1) \times 1 = 0.9698 \text{ kW}$$

จากสมการ 3.8

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = \frac{0.9690}{0.1623} = 5.97 \rightarrow 6$$

จากตารางภาคผนวก ก.9 ตัวประกอบใช้งาน $k_c = 0.561$

แรงเหวี่ยง จากสมการ 3.9

$$F_c = k_c \left(\frac{V}{2.4}\right)^2 = 0.561 \times \left(\frac{0.1047}{2.4}\right)^2 = 1.068 \times 10^{-3} \text{ N}$$

กำลังส่งต่อสายพาน จากสมการ 3.10

$$\Delta F = \frac{H_d / N_b}{\pi n d} = \frac{0.9698 \times 10^3 / 6}{\pi \times 0.1 \times \frac{40}{60}} = 771.14 \text{ N}$$

แรงดึง จากสมการ 3.11

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\theta)}{\exp(f\theta) - 1}$$

$$F_1 = (1.068 \times 10^{-3}) + \frac{771.74 \times 5.00}{5.00 - 1} = 964.68 \text{ N}$$

จากสมการ 3.12

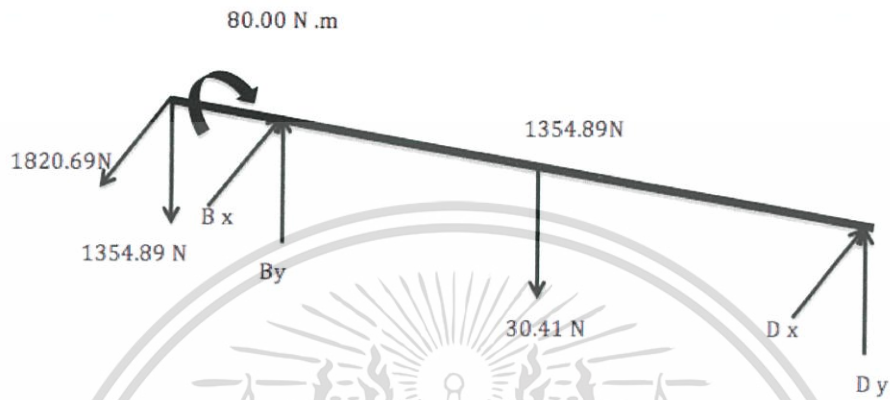
$$F_2 = F_1 - \Delta F = 964.68 - 771.74 = 192.94 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณได้ค่าแรงที่กระทำกับเพลาดังนี้

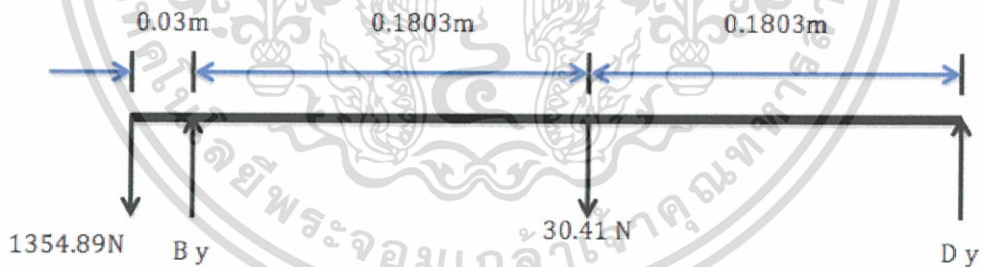
$$F_{B2} = 192.94 \text{ นิวตัน}$$

ได้แรงต่าง ๆ ที่กระทำบนเพลาดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 Free body diagram ของเพล

4.1.2 คำนวณแรงในแนวดิ่ง



รูปที่ 4.2 Free body diagram ของเพลในแนวดิ่ง

$$\sum M_B = 0 ; \curvearrowright + : (30.41 \times 0.1803) = (1354.89 \times 0.03) + (D_y \times 0.3606)$$

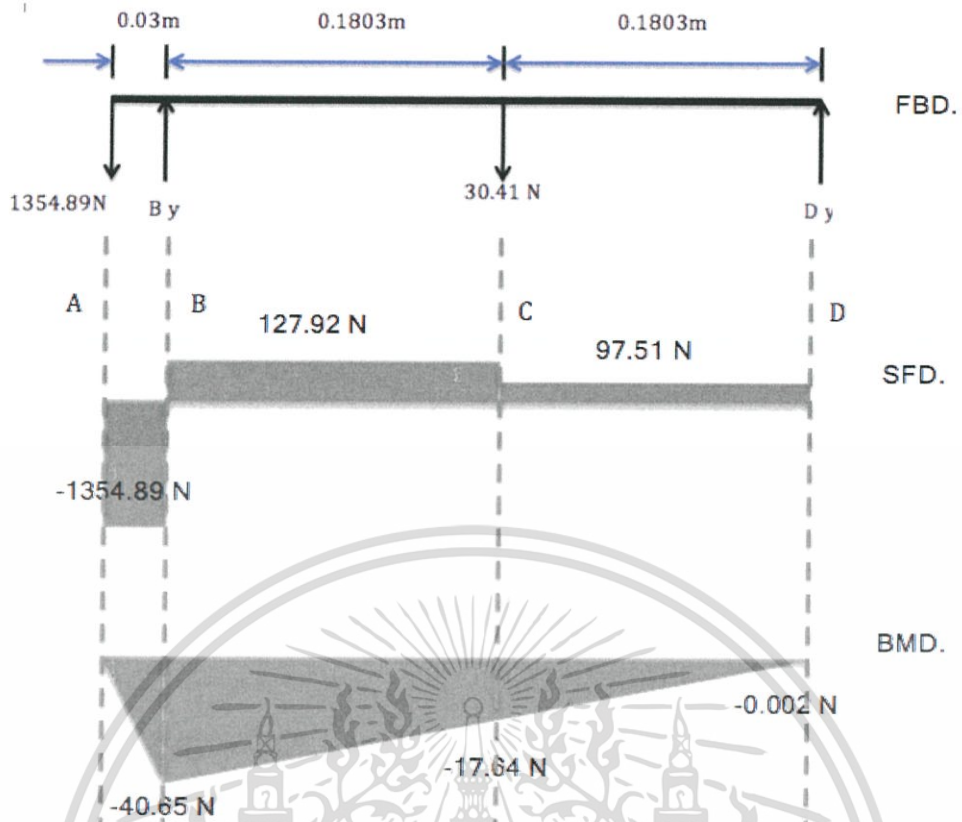
$$D_y = 1,482.81 \text{ N}$$

$$\sum M_D = 0 ; \curvearrowright + : (B_y \times 0.3606) = (1354.89 \times 0.3906) + (30.41 \times 0.1803)$$

$$B_y = -97.51 \text{ N}$$

นำค่าแรงทั้งหมดที่กระทำต่อเพลในแนวดิ่ง ไปหาค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.3

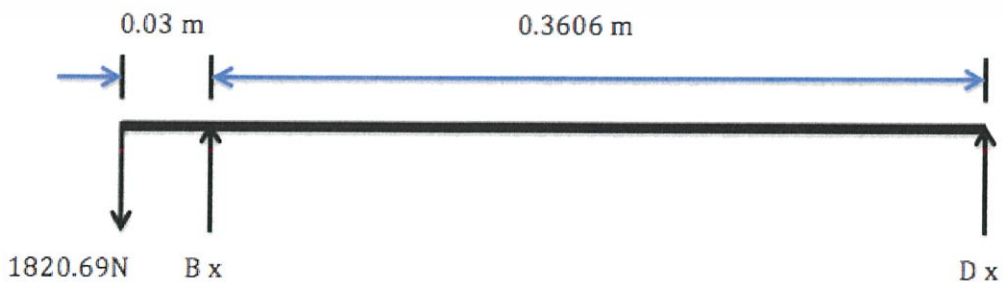
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แรงและโมเมนต์บนเพลาของแนวดิ่ง

จากรูปที่ 4.3 ได้ค่าโมเมนต์สูงสุดเท่ากับ 40.65 นิวตันเมตร

4.1.3 คำนวณแรงในแนวระดับ



รูปที่ 4.4 Free body diagram ของเพลาในแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ

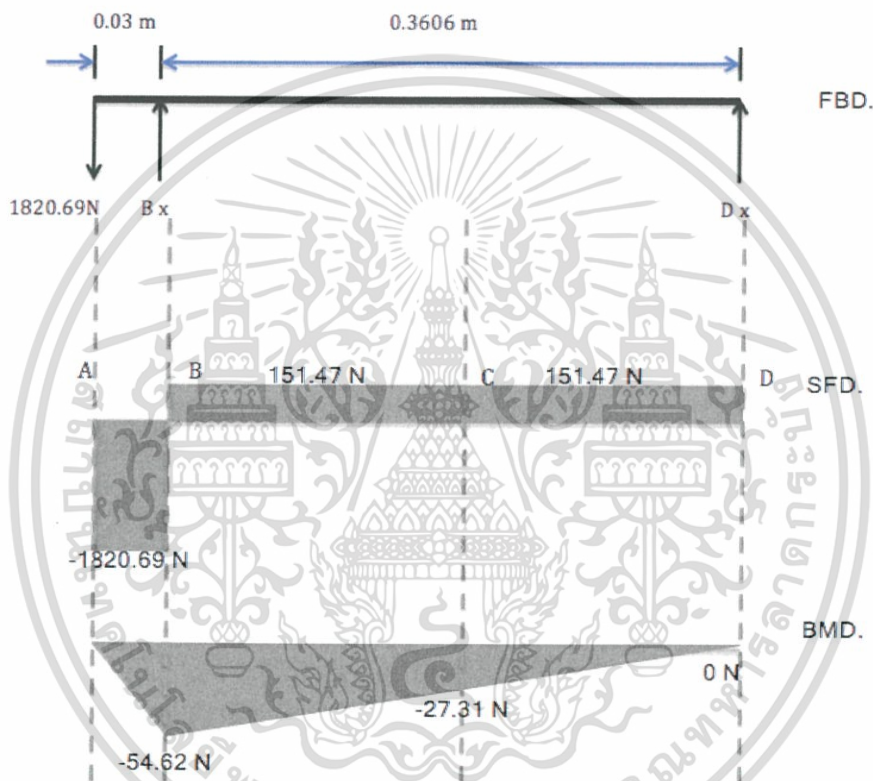
$$\sum M_B = 0; \text{ } \psi + \quad : \quad 0 = (1820.69 \times 0.03) + (D_x \times 0.3606)$$

$$D_y = -1,51.47 \text{ N}$$

$$\sum M_D = 0; \text{ } \psi + \quad : \quad (B_x \times 0.3606) = (1820.69 \times 0.3906)$$

$$B_y = 1,972.16 \text{ N}$$

นำค่าแรงทั้งหมดที่กระทำต่อเพลาในแนวดิ่ง ไปหาค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แรงและโมเมนต์บนเพลาของแนวระดับ

จากรูปที่ 4.5 ได้ค่าโมเมนต์สูงสุดเท่ากับ 54.62 นิวตันเมตร

4.1.4 คำนวณขนาดเพลา

จาก 4.2.1 และ 4.2.2 โมเมนต์สูงสุดในแนวดิ่งเท่ากับ 40.65 นิวตันเมตร และได้ค่าโมเมนต์สูงสุดในแนวระดับเท่ากับ 54.62 นิวตันเมตร เพราะฉะนั้นได้โมเมนต์รวมดังนี้

$$M_{\max} = \sqrt{(40.65 \text{ N.m})^2 + (54.62 \text{ N.m})^2}$$

$$M_{\max} = 68.09 \text{ N.m ; } \psi +$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขนาดเพลลา จากสมการ 3.3

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1 - K^4)} [(C_t T)^2 + (C_m M_B)^2]^{\frac{1}{2}}$$

เนื่องจากเพลลาตัน ค่า $K = 0$

กำหนดให้ $C_m = 1.5$, $C_t = 1$

แรงบิดที่ทำให้เพลลาหมุน $T = 80 \text{ N.m}$

แทนค่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi(50 \times 10^6)(1 - 0^4)} [(1 \times 80)^2 + (1.5 \times 68.09)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$d^3 = 1.321 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$d = 0.0236 \text{ m}$$

$$d = 2.36 \text{ cm} \rightarrow 23.6 \text{ mm}$$

เพราะฉะนั้นจากการคำนวณควรใช้เพลลาขนาด 23.6 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากในท้องตลาดทั่วไปไม่มีจำหน่ายจึงเลือกใช้ขนาดที่ใกล้เคียง จึงเลือกใช้เพลลาที่มีขนาดเท่ากับ 19 มิลลิเมตร ที่มีเล็กกว่าขนาดที่คำนวณได้แต่เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการทำเครื่องต้นแบบซึ่งทำงานในเวลาทีน้อยจึงเลือกใช้ขนาดที่เล็กกว่าขนาดที่คำนวณ

4.2 คำนวณหาแรงดันน้ำ

การล้างเมือกว่านหางจระเข้เป็นหนึ่งในกระบวนการของกลไกนี้ การล้างเมือกที่มีประสิทธิภาพต้องมีการขัดสีแต่ในกลไกนี้ได้เลือกใช้หัวฉีดแรงดัน ซึ่งแรงดันน้ำทำหน้าที่เปรียบเสมือนการขัดสีเนื้อว่านหลังผ่านกระบวนการปกตังนั้นแรงดันน้ำในแต่ละการทดลองได้ถูกคำนวณไว้ดังนี้

- ที่อัตราการไหล 1 ลิตรต่ออนาที

หาความเร็ว V_1 จากสมการ 3.25

$$\frac{1}{1000 \times 60} = V_1 \times \frac{\pi \times 0.02^2}{4}$$

$$V_1 = 5.31 \text{ m/s}$$

หาความเร็ว V_2 จากสมการ 3.25

$$\frac{1}{1000 \times 60} = V_2 \times \frac{\pi \times 0.001^2 \times 4}{4}$$

$$V_2 = 0.52 \text{ m/s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันน้ำ P_1 จากสมการ 3.30

โดยที่ $Z_1 = 0$; แกนอ้างอิง

$P_2 = 0$; ความดันเกจบรรยากาศ

$$\frac{P_1}{1000} + \frac{0.52^2}{2} + 0 = 0 + \frac{5.31^2}{2} + (9.81 \times 0.45)$$

$$P_1 = 18349.81 \text{ Pa} \text{ หรือ } 0.18 \text{ bar}$$

- ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที

หาความเร็ว V_1 จากสมการ 3.25

$$\frac{2}{1000 \times 60} = V_1 \times \frac{\pi \times 0.02^2}{4}$$

$$V_1 = 10.61 \text{ m/s}$$

หาความเร็ว V_2 จากสมการ 3.25

$$\frac{2}{1000 \times 60} = V_2 \times \frac{\pi \times 0.001^2 \times 4}{4}$$

$$V_2 = 1.05 \text{ m/s}$$

แรงดันน้ำ P_1 จากสมการ 3.30

โดยที่ $Z_1 = 0$; แกนอ้างอิง

$P_2 = 0$; ความดันเกจบรรยากาศ

$$\frac{P_1}{1000} + \frac{1.05^2}{2} + 0 = 0 + \frac{10.61^2}{2} + (9.81 \times 0.45)$$

$$P_1 = 60155.74 \text{ Pa} \text{ หรือ } 0.60 \text{ bar}$$

- ที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที

หาความเร็ว V_1 จากสมการ 3.25

$$\frac{3}{1000 \times 60} = V_1 \times \frac{\pi \times 0.02^2}{4}$$

$$V_1 = 0.16 \text{ m/s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความเร็ว V_2 จากสมการ 3.25

$$\frac{3}{1000 \times 60} = V_2 \times \frac{\pi \times 0.001^2 \times 4}{4}$$

$$V_1 = 15.92 \text{ m/s}$$

แรงดันน้ำ P_1 จากสมการ 3.30

โดยที่ $Z_1 = 0$; แกนอ้างอิง

$P_2 = 0$; ความดันเกจบรรยากาศ

$$\frac{P_1}{1000} + \frac{0.16^2}{2} + 0 = 0 + \frac{15.92^2}{2} + (9.81 \times 0.45)$$

$$P_1 = 131615.40 \text{ Pa หรือ } 1.32 \text{ bar}$$

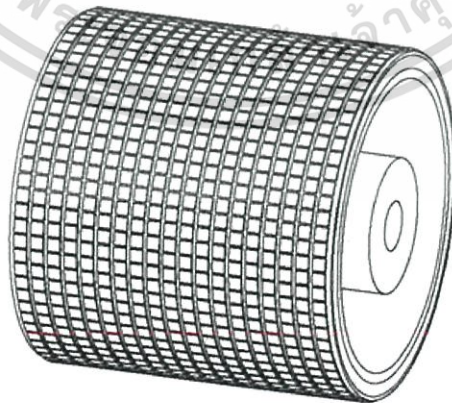
4.3 การออกแบบเครื่องต้นแบบการปกเปลือกและล้างเมือกว่านทางจระเข้

4.3.1 การออกแบบกลไกการปกเปลือก

กลไกการปกเปลือกประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

4.3.1.1 ลูกกลิ้งยาง

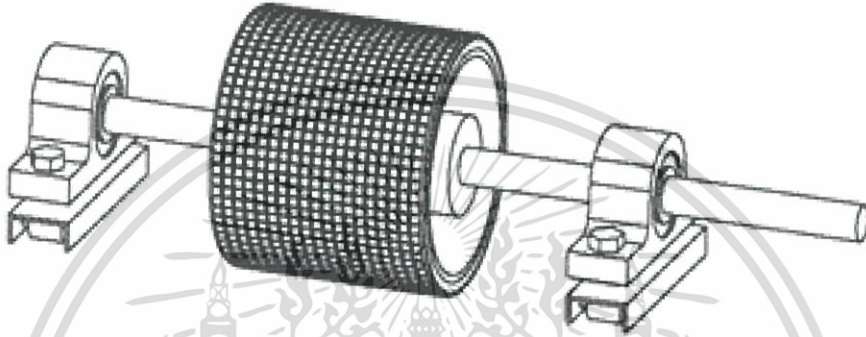
ลูกกลิ้งยางมีหน้าที่ขับเคลื่อนใบว่านให้เข้าสู่ใบมีดเพื่อทำการปกเปลือก เนื่องจากใบว่านทางจระเข้มีเมือกเป็นส่วนประกอบจำนวนมากจึงทำให้ขณะการทำงานอาจมีเมือกไหลออกมาซึ่งส่งผลต่อแรงที่ป้อนใบว่าน ในการออกแบบจึงปรับผิวลูกกลิ้งให้มีความขรุขระเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานดังรูปที่ 4.6 เพราะแรงเสียดทานช่วยเพิ่มแรงในการป้อนและยังช่วยลดปัญหาที่เกิดจากเมือกออก



รูปที่ 4.6 ลูกกลิ้งผิวขรุขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

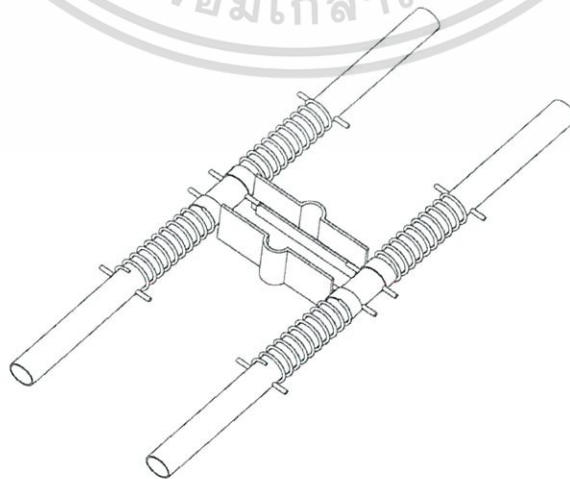
ว่านหางจระเข้เป็นพืชที่มีรูปร่างใบไม่สมมาตรในการออกแบบถ้าจำกัดระยะห่างของลูกกลิ้งแล้วอาจทำให้ใบว่านส่วนที่มีความหนาน้อยกว่าระยะห่างของลูกกลิ้งไม่ถูกดัน ดังนั้นจึงออกแบบให้ลูกกลิ้งสามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้มีระยะเท่ากับความหนาของใบว่าน ลูกกลิ้งฝั่งหนึ่งถูกยึดให้อยู่กับที่ส่วนอีกฝั่งหนึ่งออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยติดตั้งล้อเลื่อนที่แข็งแรง ขณะเริ่มต้นการทำงานลูกกลิ้งมีระยะห่างจากกันเท่ากับ 10 มิลลิเมตรซึ่งเป็นค่าความหนาน้อยสุดของใบว่านที่ใช้ในการทดลอง เมื่อเริ่มทำงานใบว่านถูกป้อนเข้าไป เริ่มที่ส่วนที่หนาน้อยสุดลูกกลิ้งเริ่มขยายออกตามความหนาของใบว่านที่เพิ่มขึ้นเมื่อใบว่านผ่านไปหมดลูกกลิ้งกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยมีสปริงเป็นตัวดึง ดังรูปที่ 4.7 กลไกนี้ถูกใช้กับลูกกลิ้งทั้งสองชุด



รูปที่ 4.7 ลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน

4.3.1.2 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้าง

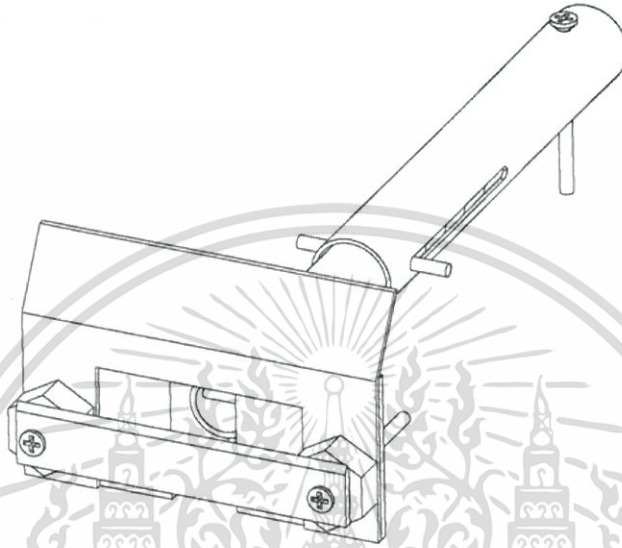
ใบมีดปอกเปลือกด้านข้าง มีหน้าที่ปอกเปลือกด้านที่มีความหนามของใบว่านหางจระเข้ในการออกแบบได้กำหนดให้ปอกด้านละ 7 มิลลิเมตร ซึ่งใบมีดในส่วนนี้ออกแบบคล้ายกับมีดสองคมหรือมีดปอกเปลือกผลไม้ ซึ่งประกอบด้วยใบมีด และแผ่นเหล็กที่มีหน้าที่จำกัดความกว้างที่ปอกออก ใบมีดชุดนี้ยังสามารถเคลื่อนได้ เนื่องจากเริ่มต้นป้อนใบว่านส่วนที่มีความกว้างน้อยสุดเข้าไปก่อนเมื่อใบว่านมีขนาดกว้างขึ้นใบมีดก็ขยายตามไปด้วย เมื่อสิ้นสุดการทำงานใบมีดทั้งสองฝั่งกลับมาชิดกันเหมือนเดิมโดยมีสปริงเป็นตัวที่ทำให้มีดเคลื่อนที่กลับและออกแบบให้มีแกนเลื่อนสองแกนดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนสองแกน

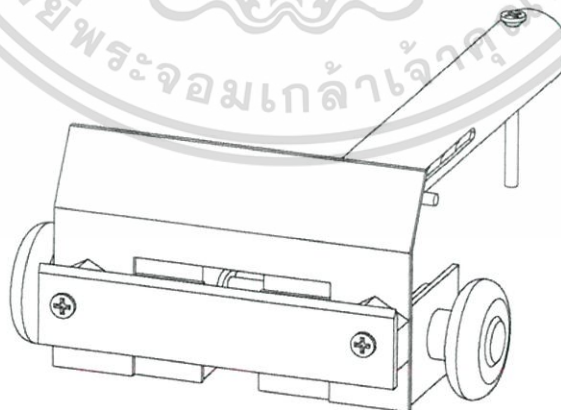
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่กลไกนี้ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากเมื่อลูกกลิ้งป้อนใบว่านมาที่ชุดใบมีดนี้ทำให้เกิดแรงกดที่ใบมีดซึ่งส่งผลให้เกิดแรงกดระหว่างชุดใบมีดกับแกนที่ใช้สำหรับเลื่อนใบมีดเช่นกันและในขณะเดียวกันยังเกิดการโก่งของชุดใบมีดทำให้ชุดใบมีดไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ผลคือชุดใบมีดนี้ไม่สามารถปอกเปลือกด้านข้างได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำการออกแบบเป็นแบบแกนเลื่อน 1 แกนดังรูปที่ 4.9 เพื่อป้องกันการโก่งของใบมีดแต่ก็ยังพบปัญหาเนื่องจากแรงกด



รูปที่ 4.9 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกน

เพื่อลดปัญหาข้างต้นจึงติดตั้งล้อและรางสำหรับให้ล้อสามารถเคลื่อนที่ได้โดยติดตั้งเพิ่มในชุดใบมีดแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกนดังรูปที่ 4.10 จากการแก้ไขทำให้ชุดใบมีดนี้สามารถปอกเปลือกด้านข้างได้อย่างต่อเนื่อง

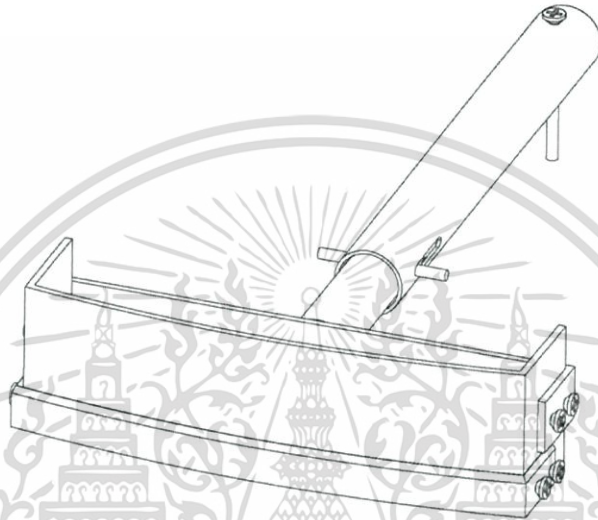


รูปที่ 4.10 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกนและล้อเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

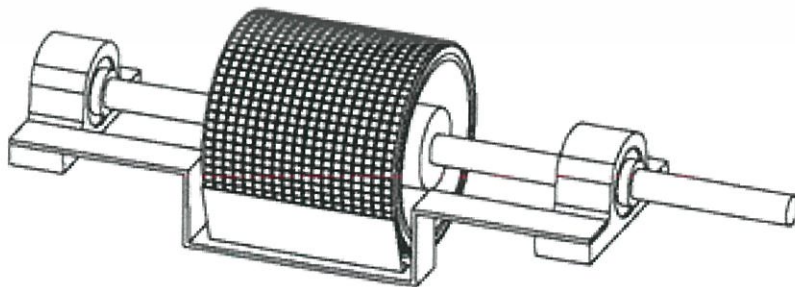
4.3.1.3 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง

เนื่องจากใบวานหางจะเซด้านหน้าและด้านหลังมีความโค้ง เพื่อต่อการปอกเปลือกจึงออกแบบชุดใบมีดนี้ให้มีความโค้งเท่ากับความโค้งเฉลี่ยของใบวานหางเซที่ได้จากการทดลองและใช้กลไกแบบเดียวกับชุดใบมีดปอกเปลือกด้านข้างเพื่อให้ชุดใบมีดนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามความหนาของใบวานดังรูปที่ 4.11 แต่กลไกนี้ไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากสามารถปอกเปลือกได้แค่ด้านหลังเพราะใบวานด้านหลังมีความโค้งในแต่ละใบค่อนข้างเท่ากัน ส่วนใบวานด้านหน้ามีความโค้งแต่ละใบค่อนข้างต่างกันจึงทำให้การปอกเปลือกในส่วนนี้ไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร



รูปที่ 4.11 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลังแบบแกนเลื่อนหนึ่งแกน

เพื่อให้การปอกเปลือกเป็นไปอย่างสมบูรณ์จึงออกแบบให้ใบมีดมีความตรง และใช้ลูกกลิ้งเป็นอุปกรณ์บีบใบวานให้อยู่ในลักษณะแบนตรงเพื่อให้สามารถปอกเปลือกกับชุดใบมีดนี้ได้ โดยชุดใบมีดนี้มีลักษณะดังรูปที่ 4.12 ซึ่งใบมีดแนบอยู่กับลูกกลิ้งและมีระยะห่างเท่ากับความหนาของเปลือกกว่านหางจะเซที่ได้จากการทดลองซึ่งมีขนาดเท่ากับ 2.25 มิลลิเมตร

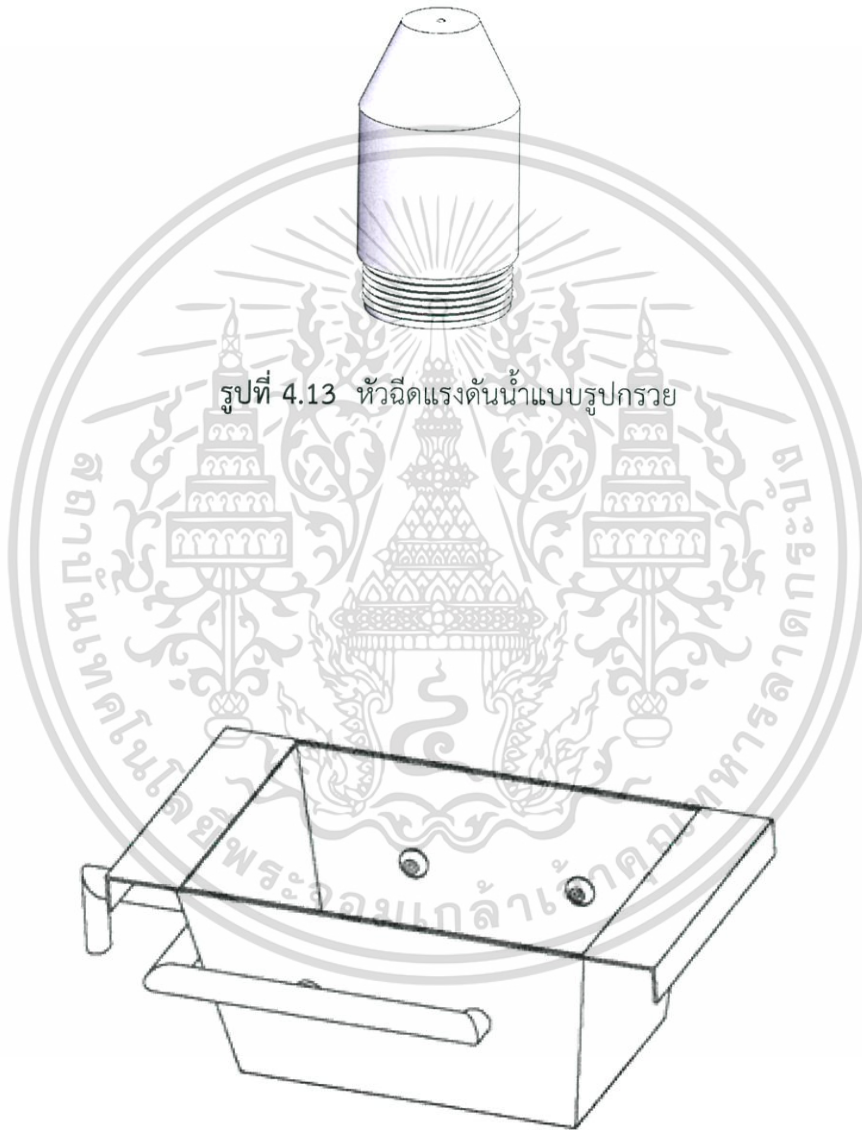


รูปที่ 4.12 ชุดใบมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลังแบบใบมีดตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การออกแบบกลไกการล้างมือ

การล้างมือกว่านทางจรจะเซ้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบนี้เลือกใช้การล้างแบบหัวฉีดแรงดันน้ำแบบทรงกรวยดังรูปที่ 4.13 การล้างมือเลือกใช้กลไกนี้ใช้น้ำน้อยและสะดวกในการติดตั้งเข้ากับกลไกการปกเปลือก ในกลไกการล้างนี้ใช้หัวฉีดทั้งหมด 4 หัวฉีดเพื่อให้ใบว่านสัมผัสกับน้ำได้อย่างทั่วถึง โดยหัวฉีดแรงดันน้ำทั้งสี่นี้อยู่ในถังป้อนดังรูปที่ 4.14 เพื่อป้องกันการกระเด็นของน้ำเนื่องจากในขณะการทำงานของหัวฉีดน้ำที่ออกจากหัวฉีดมีความเร็วสูง



รูปที่ 4.13 หัวฉีดแรงดันน้ำแบบรูปกรวย

รูปที่ 4.14 ชุดกลไกการล้างมือกว่านทางจรเซ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

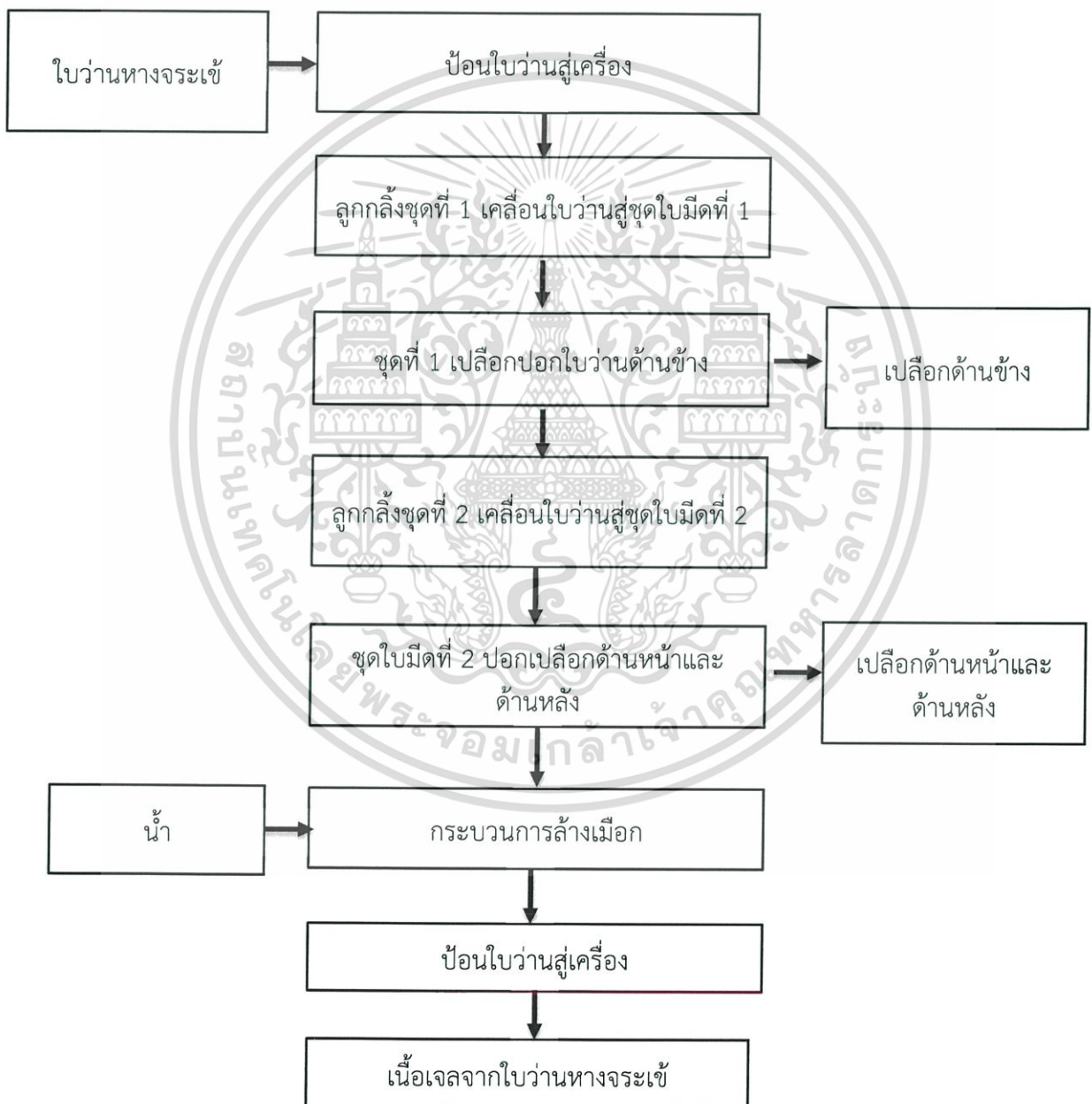
4.3.3 หลักการทำงาน

เครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกล้วยจะเข้าที่ทำการออกแบบ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักดังนี้

1. ลูกกลิ้งยาง ทำหน้าที่ขับเคลื่อนใบวานสู่กลไกการปอกเปลือก
2. ชุดมีดปอกเปลือกด้านข้าง
3. ชุดมีดปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง
4. ชุดอุปกรณ์ล้างเปลือก

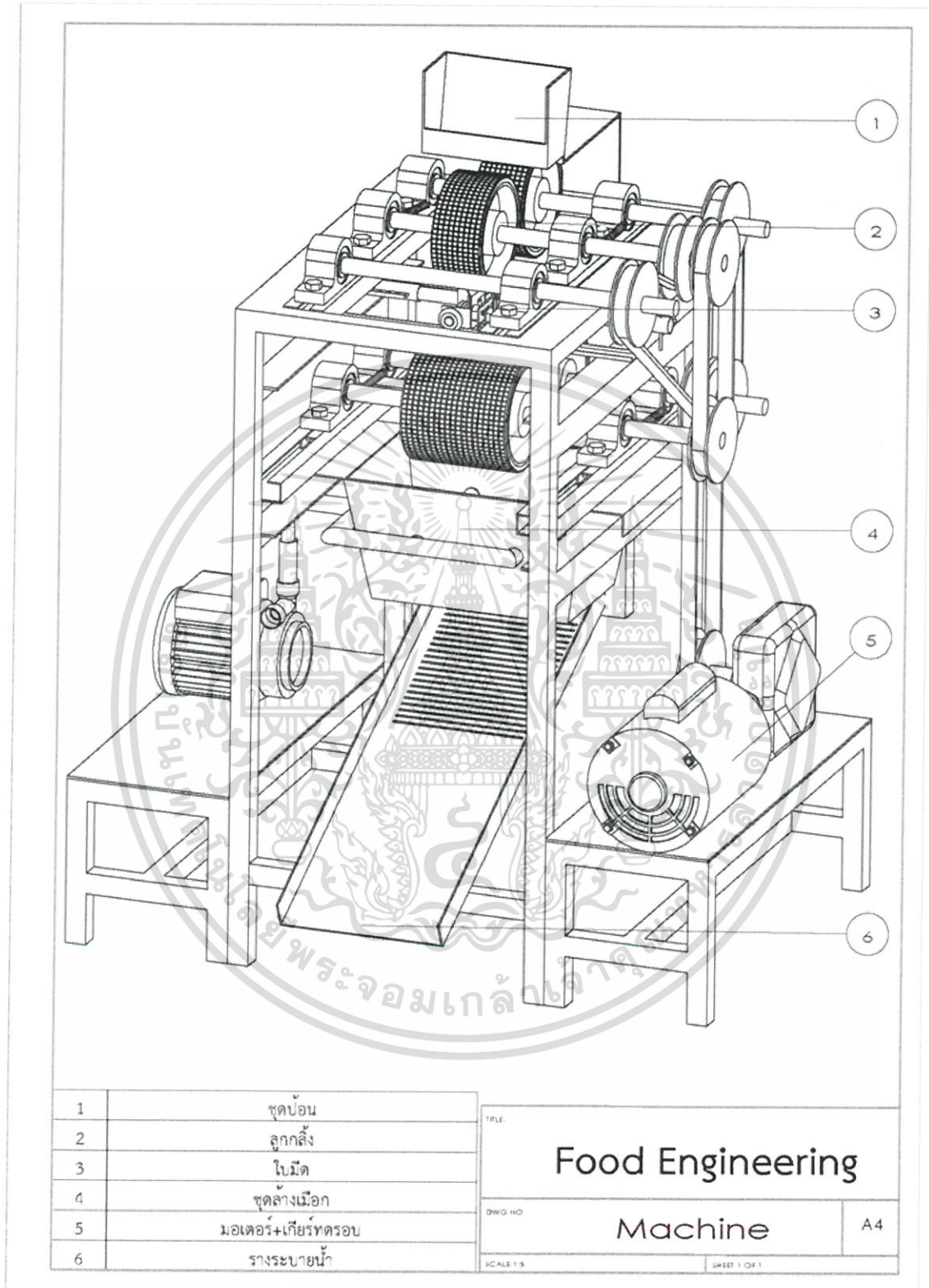
หลักการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกล้วยจะเข้าทั้งหมด 8 ขั้นตอนดังรูปที่

4.15



รูปที่ 4.15 แผนภาพหลักการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 เครื่องปอกเปลือกและล้างเนื้อกว่านทางจระเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รายการชิ้นส่วน

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วนของเครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกกว่านหางจระเข้

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วน	ขนาดที่ใช้	รายละเอียดปลีกย่อย	มูลค่า (บาท)
1	เหล็กกล่อง		1"x1"	1.ยาว 20cm x 8 ชิ้น	45
				2.ยาว 23cm x 4 ชิ้น	26
				3.ยาว 39cm x 4 ชิ้น	44
				4.ยาว 50cm x 4 ชิ้น	57
				5.ยาว 80cm x 4 ชิ้น	90
			2"x1"	ยาว 50 cm x 4 ชิ้น	57
2	เหล็กฉาก		1"1/4	ยาว 50 mm x 4 ชิ้น	57
3	เหล็กแผ่น	1	หนา 1 mm 1 แผ่น	70 cm x 20 cm	50
		2	หนา 2 mm 1 แผ่น	50 cm x 23 cm	35
4	ท่อสแตนเลส	2	1/2"	ยาว 10 cm	21
		2	3/4"	ยาว 13 cm	43
5	แผ่นสแตนเลส	1	หนา 1 mm 1 แผ่น	60 cm x 30 cm	150
		1	หนา 2 mm 1 แผ่น	50 cm x 5 cm	21
6	ลวดสายพาน	5	Ø 4 นิ้ว 2 หุน	1 ร่อง	1,150
		1	Ø 4 นิ้ว 2 หุน	2 ร่อง	250
7	สายพานลิม	1	AØ 28 นิ้ว		70
		1	AØ 39 นิ้ว		105
		1	AØ 47 นิ้ว		122
8	แปรง	10			2,200
9	ลูกกลิ้ง	2			600
		2			800
10	น็อต	20	M8		20
11	สปริงดึง	8			80
12	สปริงกด	1			70
13	มอเตอร์	1	1 แรงม้า		1,700
14	เกียร์ทดรอบ	1			2,500
15	ปั๊ม	1	1 แรงม้า		5,600
16	สายยาง	1		ยาว 2 m	40
17	ท่อกัลวาไนท์	2	1/2"	ยาว 5 cm	20
		4	1/2"	ยาว 10cm	40
18	ท่องอ	4	1/2"		80
19	ท่อสามทาง	2	1/2"		50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น รวมมูลค่าให้นำไปใช้ประมาณ 16,193 บาท การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องต้นแบบการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้และส่วนของการล้างเมือก

ส่วนที่ 1 การปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้ ในการทดลองศึกษาความเร็วรอบลูกกลิ้งที่มีผลต่อการประสิทธิภาพในการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้ ซึ่งในการทดลองปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ประสิทธิภาพของการปอกเปลือก ร้อยละผลได้ของการปอกเปลือก และอัตราการปอกเปลือก

ส่วนที่ 2 การล้างเมือก ในการทดลองศึกษาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำล้างที่มีผลต่อการล้างเมือกและยาค่า ซึ่งในการทดลองปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ประสิทธิภาพการล้าง

5.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

5.1.1 วัตถุดิบ

ว่านหางจระเข้พันธุ์ *Barbadensis Mill* แหล่งที่มาจากบ้านรัษฎาศิริ บางพลีใหญ่ เลขที่ 168/1 หมู่ที่ 21 ตำบลบางพลีใหญ่ จำนวน 45 กิโลกรัม

5.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องต้นแบบการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้
2. เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด
3. ภาชนะสำหรับใส่เนื้อว่าน
4. นาฬิกาจับเวลา
5. เครื่องวัดความเร็วรอบ
6. มีด

การเตรียมตัวอย่างใบว่านหางจระเข้ในการทดลองนี้ใช้ว่านหางจระเข้พันธุ์ *Barbadensis Mill* เลือกว่านหางจระเข้ที่ใบขนาดใหญ่ เนื้อแน่น ไม่เน่า น้ำหนักประมาณ 0.6-0.8 กิโลกรัม จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดดินและตัดส่วนโคนและส่วนปลายออก ให้เหลือความยาวประมาณ 40 เซนติเมตร การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ การหาสมบัติทางกายภาพของว่านหางจระเข้ การออกแบบกลไกสำหรับการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้ การทดสอบกลไกสำหรับการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้ และวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

5.2 วิธีการทดสอบ

5.2.1 การหาสมบัติทางกายภาพของวุ้นหางจระเข้

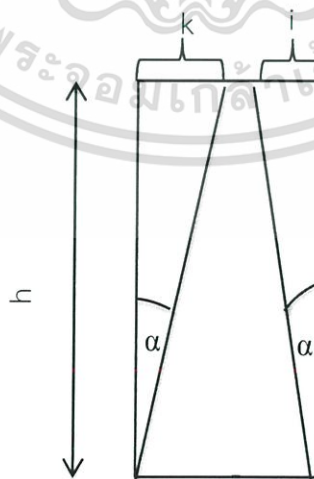
การหาสมบัติทางกายภาพของวุ้นหางจระเข้เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบไบโอมัด กลไก และโครงสร้างของเครื่อง โดยใช้วุ้นหางจระเข้พันธุ์ *Barbadensis* Mill จำนวน 10 ใบเนื่องจากพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่มีเนื้อวุ้นมากจึงนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชิงพาณิชย์

1. การศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาน้ำหนัก ความหนา ความกว้าง ความหนาของเปลือก และร้อยละผลได้ของการปอกเปลือกเฉลี่ยของใบวุ้นหางจระเข้ ก่อนการศึกษาได้เตรียมวุ้นหางจระเข้ โดยนำส่วนที่ไม่สามารถใช้ได้ออกซึ่งกำหนดขนาด ดังรูปที่ 5.1



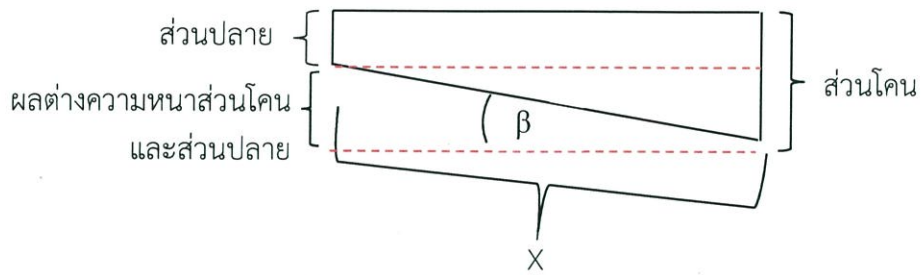
รูปที่ 5.1 ขนาดวุ้นหางจระเข้สำหรับใช้ทดลอง

2. การหาความเอียงของส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วยด้านข้างและด้านใต้ของใบวุ้นจระเข้ดังรูปที่ 5.2 และ 5.3



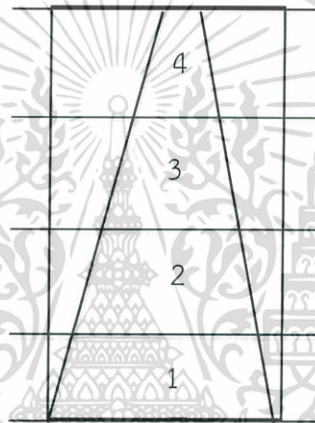
รูปที่ 5.2 มุมใบวุ้นหางจระเข้ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

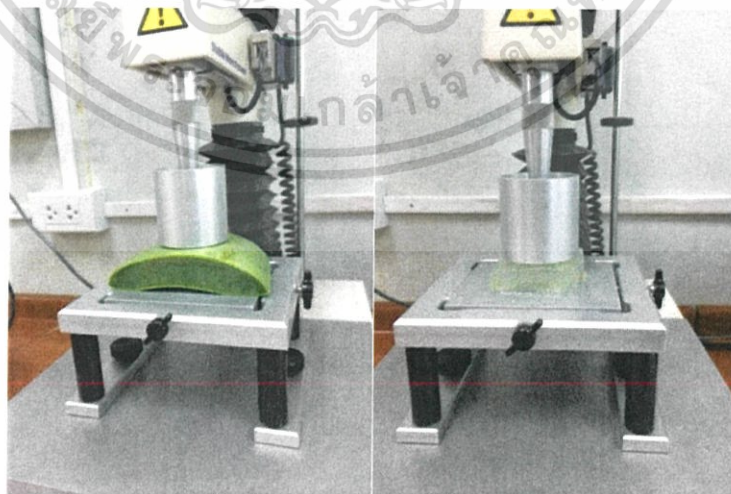


รูปที่ 5.3 มุมใบว่านทางจระเข้ส่วนโค้ง

3. การทดสอบแรงกดและแรงเนียนเพื่อหาแรงที่มากที่สุด โดยแบ่งว่านทางจระเข้ออกเป็น 4 ส่วนดังรูปที่ 5.4 เพื่อให้แรงเฉลี่ยจากทุก ๆ จุด โดยทดสอบหาแรงกดสูงสุดด้วยเครื่อง TA.XT.plus Texture analyser กำหนดค่าอ้างอิงจากการศึกษาสมบัติของเจลผสมระหว่างวุ้นกับเจลาตินปลา (ณิชากัทร, 2556) แบ่งกลุ่มศึกษาเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ปอกเปลือกและยังไม่ปอกเปลือกดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 แบ่งว่านทางจระเข้เป็น 4 ส่วน



รูปที่ 5.5 การทดสอบแรงกดโดยเครื่อง Texture analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบการปกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบกลไกการปกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้แบบต่อเนื่องได้ดังรูปที่ 4.16

5.2.3 การทดสอบเครื่องปกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

ตอนที่ 1 การทดสอบการปกเปลือกใบว่านหางจระเข้

เนื่องจากการปกเปลือกใบว่านหางจระเข้จากเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้นอาจไม่สามารถปกเปลือกได้หมด ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาปริมาณเปลือกและเนื้อหลังการทดลอง ทดสอบการปกเปลือกที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 3 ระดับ (15 20 และ 25 รอบต่อนาที)

1. การหาประสิทธิภาพของการปกเปลือก

หลังการปกเปลือกอาจมีบางส่วนที่เครื่องไม่สามารถปกได้ ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณเปลือกที่ถูกปกออกโดยเครื่องต้นแบบและปริมาณเปลือกที่ติดมากับเนื้อเจล ซึ่งประสิทธิภาพการปกเปลือกโดยเครื่องต้นแบบแบ่งเป็นร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อ และร้อยละของเนื้อสูญเสียไปกับการปกโดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกที่ติดเนื้อ}}{\text{น้ำหนักเปลือกทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.1)$$

$$\text{ร้อยละของเนื้อสูญเสียไปกับการปก} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อที่ติดไปกับเปลือก}}{\text{น้ำหนักเนื้อทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.2)$$

- น้ำหนักเปลือกที่ติดเนื้อ คือ น้ำหนักเปลือกที่ติดมากับเนื้อว่านหลังการปกด้วยเครื่อง ได้มาจากการแยกโดยใช้มีด
- น้ำหนักเปลือกทั้งหมด คือ น้ำหนักรวมเปลือกที่ได้จากการปกและเปลือกที่ติดมากับเนื้อว่านหลังการปกด้วยเครื่อง
- น้ำหนักเนื้อที่ติดไปกับเปลือก คือ น้ำหนักเนื้อที่ติดเปลือก ได้มาจากการแยกโดยใช้มีด
- น้ำหนักเนื้อทั้งหมด คือ น้ำหนักรวมเนื้อที่ติดไปกับเปลือกและเนื้อว่านหลังการปกด้วยเครื่อง

2. การหาร้อยละผลได้ของการปกเปลือก

ร้อยละผลได้ของการปกเปลือกแสดงถึงเนื้อที่ได้หลังการปกเทียบกับปริมาณเนื้อทั้งหมด

$$\text{ร้อยละผลได้ของการปกเปลือก} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อที่ปกได้}}{\text{น้ำหนักเนื้อทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.3)$$

- น้ำหนักเนื้อที่ปกได้ คือ น้ำหนักเนื้อว่านหลังการปกด้วยเครื่องและแยกเปลือกที่ติดมาออก
- น้ำหนักเนื้อทั้งหมด คือ น้ำหนักรวมเนื้อที่ติดไปกับเปลือกและเนื้อว่านหลังการปกด้วยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อัตราการปกเปลือก

อัตราการปกเปลือก คือ การวัดจำนวนใบว่านที่ป้อนสู่เครื่องต้นแบบในเวลา 1 นาที

ตอนที่ 2 การทดสอบล้างเมือก

ศึกษาประสิทธิภาพการล้างเมือก ที่อัตราการไหลน้ำล้าง 3 ระดับ (1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที) โดยปั้มน้ำแรงดัน 1 แรงม้า ส่งน้ำผ่านหัวฉีดน้ำรูปรวยจำนวน 4 หัวฉีด ซึ่งอยู่ในขั้นตอนหลังจากการปกเปลือกของเครื่องต้นแบบ

1. ประสิทธิภาพการล้าง

$$\text{ประสิทธิภาพการล้าง} = 100 - \frac{\text{น้ำหนักก่อนล้าง} - \text{น้ำหนักหลังล้าง}}{\text{น้ำหนักก่อนล้าง}} \times 100 \quad (5.4)$$

2. แบบทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน (Scoring test)

ทดสอบโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทำการการสุ่มรหัสแก้วว่านทางจระเข้ที่ล้างด้วยอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกันเทียบกับการล้างด้วยมือ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ตารางที่ 5.1 ระดับคะแนนความสะอาดของการล้างว่านทางจระเข้

ระดับคะแนน	ความสะอาด
1	ไม่สะอาดมากที่สุด
2	ไม่สะอาดมาก
3	ไม่สะอาดปานกลาง
4	ไม่สะอาดเล็กน้อย
5	เฉย ๆ
6	สะอาดเล็กน้อย
7	สะอาดปานกลาง
8	สะอาดมาก
9	สะอาดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 การทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

ทดสอบความพึงพอใจโดยผู้ทดสอบจำนวน 70 คน โดยการชมวิดีโอภาพเคลื่อนไหวการทำงานของกลไกเครื่องต้นแบบการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้ และทำแบบประเมินด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความเหมาะสมของกลไกที่ใช้ในการปอกเปลือก ด้านความสะดวกของใบที่ปอกออก ด้านความรวดเร็วในการปอกเมื่อเทียบกับการใช้มือปอก ด้านความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อ และความพึงพอใจโดยรวมโดยมีระดับคะแนนดังนี้

ตารางที่ 5.2 ระดับความพึงพอใจการทำงานเครื่องต้นแบบปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

ระดับคะแนน	ความพึงพอใจ
1	น้อยที่สุด
2	น้อย
3	ปานกลาง
4	มาก
5	มากที่สุด
0	ไม่สามารถระบุ

5.2.4 วิเคราะห์สถานะที่เหมาะสมในการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้

การวิเคราะห์เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับกลไกการปอกเปลือกและล้างเมือกว่านหางจระเข้ ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปอกเปลือกและการล้างเมือกดังต่อไปนี้ แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ

1. การทดสอบการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที
2. การทดสอบล้างเมือกใบว่านหางจระเข้ที่ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำล้าง 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที

ในการทดลองนี้ ได้ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) 3x3 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี The least significant difference (LSD)

5.3 ผลการทดสอบ

5.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพว่านหางจระเข้

ผลศึกษาสมบัติทางกายภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อว่านหางจระเข้แสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพว่านหางจระเข้

การทดลอง		ผลการทดลอง	
น้ำหนัก		0.61	กิโลกรัม
ความหนา	ส่วนโคน	28.05	มิลลิเมตร
	ส่วนปลาย	10.80	มิลลิเมตร
ความกว้าง	ส่วนโคน	100.75	มิลลิเมตร
	ส่วนปลาย	29.80	มิลลิเมตร
ความหนาเปลือก		2.25	มิลลิเมตร
ร้อยละผลได้ของการปอกเปลือก		89.28	
ความเอียงใบ	ด้านข้าง	5.41	องศา
	ด้านหน้าใบ	2.34	องศา
แรงกด (ไม่ปอกเปลือก)	สูงสุด (โคน)	139.94	นิวตัน
	ต่ำสุด (ปลาย)	60.15	นิวตัน
แรงกด (ปอกเปลือก)	สูงสุด (โคน)	39.62	นิวตัน
	ต่ำสุด (ปลาย)	27.31	นิวตัน
แรงเฉือน	ขนานความกว้าง	8.78	นิวตัน
	ขนานความยาว	5.26	นิวตัน

5.3.2 การทดสอบการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้

ผลการทดสอบตอนที่ 1 การทดสอบการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 3 ระดับที่มีผลกับการปอกเปลือกด้านต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพการปอกเปลือก ร้อยละผลได้ของการปอกเปลือก และอัตราการป้อนใบว่านหางจระเข้ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการปอกเปลือกด้วยวิธี The least significant difference (LSD)

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการปอกเปลือก

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการปอกเปลือกใบว่านหางจระเข้ที่ความเร็วรอบ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที เทียบกับการใช้คนปอกพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 15 20 และ 25 รอบต่อนาทีมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.81 3.53 และ 2.77 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนคนปอกได้ร้อยละ 0 ดังตารางที่ 5.4 และค่าเฉลี่ยร้อยละของเนื้อที่ติดเปลือกมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.26 24 และ 26.36 ตามลำดับ ส่วนคนปอกได้ร้อยละ 10.72 เนื่องจากระยะห่างของลูกกลิ้งกับใบมีดมีค่ามากกว่าใบมีดปกผลไม้ที่คนใช้ปอกใบว่านจึงส่งผลให้คนปอกมีประสิทธิภาพการปอกที่สูงกว่าเครื่อง ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพการปอกเปลือกจากร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อเทียบกับคน

ความเร็วรอบ ลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
15	5.97	2.53	2.93	3.81
20	4.92	2.67	3.00	3.53
25	0.93	4.74	2.64	2.77
คน	0	0	0	0

ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพการปอกเปลือกจากร้อยละของเนื้อที่ติดไปกับเปลือกเทียบกับคน

ความเร็วรอบ ลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ร้อยละของเนื้อติดไปกับเปลือก			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
15	28.12	27.20	26.47	27.26
20	25.33	21.26	25.42	24.00
25	28.91	26.09	24.07	26.36
คน	10.93	9.36	11.86	10.72

พิจารณาประสิทธิภาพการปอกเปลือกที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 3 ระดับ พบว่าการใช้ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 25 รอบต่อนาทีให้ผลร้อยละเปลือกที่ติดเนื้อไปน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.77 และมากที่สุดที่ 15 รอบต่อนาทีเท่ากับร้อยละ 3.81 ส่วนเนื้อที่ติดเปลือกไปน้อยที่สุดที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 20 รอบต่อนาทีเท่ากับร้อยละ 24.00 และมากที่สุดที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 15 รอบต่อนาทีเท่ากับร้อยละ 27.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่อประสิทธิภาพการปกเปลือก

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ประสิทธิภาพการปกเปลือก	
	ร้อยละเปลือกติดเนื้อ	ร้อยละเนื้อติดเปลือก
15	3.81 ± 2.13 ^a	27.26 ± 2.19 ^A
20	3.53 ± 1.60 ^a	24.00 ± 4.19 ^A
25	2.77 ± 2.69 ^a	26.36 ± 2.99 ^A
คน	0.00 ^b	10.72 ± 3.59 ^B

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปกเปลือกด้านร้อยละเปลือกที่ติดไปกับเนื้อพบว่าผลความเร็วรอบลูกกลิ้ง ไม่มีผลต่อร้อยละเปลือกที่ติดเนื้อและร้อยละเนื้อที่ติดเปลือก และพบว่าที่ทุกความเร็วรอบลูกกลิ้งมีค่าร้อยละเปลือกที่ติดเนื้อและร้อยละเนื้อที่ติดเปลือกมากกว่าการปกด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ดังตารางที่ 5.6

2. ผลการทดสอบร้อยละผลได้ของการปกเปลือก

จากผลการทดสอบร้อยละผลได้ของการปกเปลือกใบบัวทางจระเข้ที่ความเร็วรอบ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที เทียบกับการใช้คนปกพบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละผลได้ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 15 20 และ 25 รอบต่อนาทีมีค่าเท่ากับร้อยละ 72.74 76.00 และ 73.64 ตามลำดับ ส่วนคนปกได้ ร้อยละ 89.28 เนื่องจากระยะห่างของลูกกลิ้งกับใบมีดมีค่ามากกว่าใบมีดปกผลไม้ที่คนใช้ปกใบบัวจึงส่งผลให้คนปกมีร้อยละผลได้ที่สูงกว่าเครื่อง ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ร้อยละผลได้ของการปกเปลือกเทียบกับคน

ความเร็วรอบ ลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ร้อยละผลได้ของการปกเปลือก			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
15	71.88	72.80	73.53	72.74
20	74.67	78.74	74.58	76.00
25	71.09	73.91	75.93	73.64
คน	89.07	90.64	88.14	89.28

พิจารณาร้อยละผลได้ของการปกเปลือกที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 3 ระดับ พบว่าการใช้ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 20 รอบต่อนาทีให้ผลร้อยละผลได้มากที่สุดเท่ากับ 76.00 และน้อยที่สุดที่ 15 รอบต่อนาทีเท่ากับ 72.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่อร้อยละผลได้ของการปก

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ร้อยละผลได้ของการปกเปลือก
15	72.74 ± 2.19 ^a
20	76.00 ± 4.19 ^a
25	73.64 ± 2.99 ^a
คน	89.28 ± 3.59 ^b

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ร้อยละผลได้ของการปกเปลือกพบว่าผลของความเร็วยรอบลูกกลิ้งให้ผลร้อยละผลได้ที่ไม่แตกต่างกัน โดยทุกความเร็วรอบให้ผลร้อยละผลได้ที่น้อยกว่าการปกด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ดังตารางที่ 5.8

3. ผลการทดสอบอัตราปกเปลือก

จากผลการทดสอบอัตราการปกเปลือกว่านหางจระเข้ต่อ 1 นาทีที่ความเร็วรอบ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที เทียบกับการใช้คนปกพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของร้อยละผลได้ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 15 20 และ 25 รอบต่อนาทีมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.49 10.23 และ 12.04 ตามลำดับ ส่วนคนปกได้ร้อยละ 1.65 เนื่องจากเครื่องสามารถควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ได้จึงทำให้มีอัตราการปกเปลือกที่สูงกว่าคน ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 อัตราการปกใบว่านหางจระเข้เทียบกับคน

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	อัตราการปก (ใบต่อนาที)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
15	7.55	7.38	7.52	7.49
20	10.23	10.01	10.46	10.23
25	12.30	13.12	10.68	12.04
คน	1.51	1.68	1.75	1.65

พิจารณาอัตราการปกใบว่านหางจระเข้ต่อ 1 นาทีที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 3 ระดับ พบว่าการใช้ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 25 รอบต่อนาทีให้ผลร้อยละผลได้มากที่สุดเท่ากับ 12.04 และน้อยที่สุดที่ 15 รอบต่อนาทีเท่ากับ 7.49

ตารางที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบลูกกลิ้งต่ออัตราการปกใบว่านทางจระเข้

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	อัตราการปก (ใบต่อนาที)
15	7.51 ± 0.53 ^a
20	10.33 ± 1.12 ^b
25	12.18 ± 1.72 ^c
คน	1.66 ± 0.20 ^d

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากการวิเคราะห์อัตราการปกใบว่านทางจระเข้พบว่าผลความเร็วรอบลูกกลิ้งที่ 15 20 และ 25 รอบต่อนาที มีอัตราการปกใบว่านทางจระเข้ที่แตกต่างกัน โดยที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 25 รอบต่อนาทีมีอัตราป้อนสูงสุดและที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 15 รอบต่อนาทีมีอัตราการปกต่ำสุด แต่ทุกความเร็วรอบอัตราการปกที่สูงกว่าการปกด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังตารางที่ 5.10

5.3.3 การทดสอบการล้างเมือกว่านทางจระเข้

ผลการทดสอบตอนที่ 2 การทดสอบการล้างเมือกว่านทางจระเข้ที่อัตราการไหลน้ำ 3 ระดับที่มีผลกับประสิทธิภาพการล้าง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการปกเปลือกด้วยวิธี The least significant difference (LSD)

1. การทดสอบประสิทธิภาพการล้าง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างที่อัตราการไหลของน้ำ 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที เทียบกับการใช้คนล้างพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพการล้างที่อัตราการไหล 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาทีมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.14 3.22 และ 1.64 ตามลำดับ ส่วนคนปกได้ร้อยละ 3.08 เนื่องจากแรงดันน้ำที่ใช้ในการล้างทำให้เกิดกรดซัลฟูริก ทำให้เมือกหลุดออกได้มากกว่าการใช้คนล้าง ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ประสิทธิภาพการล้างใบว่านทางจระเข้เทียบกับคน

อัตราการไหลน้ำ (ลิตรต่อนาที)	ประสิทธิภาพการล้าง			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	89.62	95.05	93.91	92.86
2	96.01	97.33	97.02	96.78
3	97.63	99.10	98.34	98.36
คน	96.52	96.66	97.58	96.92

พิจารณาประสิทธิภาพการล้างใบว่านทางจระเข้ที่อัตราการไหลของน้ำ 3 ระดับ พบว่าการใช้น้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาทีมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับ 1.64 และน้อยที่สุดที่อัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาทีเท่ากับ 7.14

ตารางที่ 5.12 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำต่อประสิทธิภาพการล้าง

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)	ประสิทธิภาพการล้าง
1	92.86 ± 2.94 ^a
2	96.78 ± 0.96 ^b
3	98.23 ± 0.73 ^b
คน	96.59 ± 0.97 ^c

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการล้างใบว่านทางจระเข้พบว่าผลของอัตราการไหลของน้ำล้างมีผลต่อประสิทธิภาพการล้างที่แตกต่างกัน โดยที่อัตราการไหลของน้ำ 3 ลิตรต่อนาทีมีประสิทธิภาพสูงที่สุดและที่ 1 ลิตรต่อนาทีมีประสิทธิภาพการล้างต่ำที่สุด และอัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาทีมีประสิทธิภาพการล้างเมื่อออกได้มากกว่าใช้คนล้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังตารางที่ 5.12

2. การทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน (Scoring test)

จากผลการทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน ประสิทธิภาพการล้างที่อัตราการไหลของน้ำ 1 2 และ 3 ลิตรต่อนาที เทียบกับการใช้คนล้าง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการบอกล้างด้วยวิธี The least significant difference (LSD)

ตารางที่ 5.13 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำต่อความสะอาดของการล้าง

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)	ความสะอาด
1	5.09 ± 1.66 ^a
2	5.91 ± 1.60 ^b
3	7.45 ± 1.33 ^c
คน	6.54 ± 1.46 ^d

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความสะอาดโดยการให้คะแนนพบว่าผลของอัตราการไหลของน้ำล้างมีผลต่อความสะอาดของไ้ว่านทางจระเข้ที่แตกต่างกัน โดยที่อัตราการไหลของน้ำ 3 ลิตรต่อนาทีที่มีความสะอาดสูงที่สุดและที่ 1 ลิตรต่อนาทีที่มีความสะอาดต่ำที่สุด และอัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาทีที่มีความสะอาดของการล้างเมื่อออกได้มากกว่าใช้คนล้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังตารางที่ 5.13

5.3.4 การทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของกลไกการปกเปิดและล้างเมื่อวานทางจระเข้

จากผลการทดสอบตอนที่ 3 การทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของกลไกการล้างเมื่อวานทางจระเข้โดยแบบประเมินด้านต่าง ๆ เพื่อทดสอบความพึงพอใจ ได้แก่ ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความเหมาะสมของกลไกที่ใช้ในการปกเปิด ด้านความสะอาดของใบที่ปกออก ด้านความรวดเร็วในการปกเมื่อเทียบกับการใช้มือปก ด้านความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อ และความพึงพอใจโดยรวม ทำการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Cronbach's alpha) พบว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นที่ 81.1 เปอร์เซนต์โดยมีผลด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านความสะดวกในการใช้งาน สะดวกมากที่สุด 35.70 เปอร์เซนต์ สะดวกมาก 54.30 เปอร์เซนต์และสะดวกปานกลาง 10 เปอร์เซนต์

ด้านความเหมาะสมของกลไกที่ใช้ในการปก เหมาะสมมากที่สุด 21.40 เปอร์เซนต์ เหมาะสมมาก 67.10 เปอร์เซนต์ และเหมาะสมปานกลาง 11.40 เปอร์เซนต์

ด้านความสะอาดของใบที่ปกออก สะอาดมาก 18.60 เปอร์เซนต์ สะอาดมาก 70 เปอร์เซนต์ และสะอาดปานกลาง 11.40 เปอร์เซนต์

ด้านความรวดเร็วในการปกเมื่อเทียบกับการใช้มือปก รวดเร็วมากที่สุด 54.30 เปอร์เซนต์ รวดเร็วมาก 37.10 เปอร์เซนต์ รวดเร็วปานกลาง 7.10 เปอร์เซนต์ และรวดเร็วน้อย 1.40 เปอร์เซนต์

ด้านความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อ เหมาะสมมากที่สุด 52.90 เปอร์เซนต์ เหมาะสมมาก 44.30 เปอร์เซนต์ และเหมาะสมปานกลาง 2.90 เปอร์เซนต์

ความพอใจโดยรวมต่อกลไกเครื่องต้นแบบพอใจมากที่สุด 35.70 เปอร์เซนต์ และพอใจมาก 64.30 เปอร์เซนต์

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลของการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบการปกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้อย่างต่อเนื่องซึ่งเครื่องประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

- โครงสร้าง
- ชุดลูกกลิ้งยาง 2 คู่ สำหรับป้อนใบกว่านทางจระเข้
- ชุดใบมีด 2 ชุด สำหรับปกเปลือกด้านข้างและด้านหน้าด้านหลัง
- หัวฉีด สำหรับล้างเปลือก

จากเครื่องต้นแบบที่ทำการออกแบบและสร้างแล้วได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 การทดสอบ คือ การปกเปลือก การล้างเปลือก และการทดสอบความพึงพอใจ ในส่วนของการปกเปลือกพบว่า ความเร็วรอบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการปกเปลือกและร้อยละผลได้ แต่มีผลกับอัตราการปกเปลือก ซึ่งให้ผลด้านอัตราการปกเปลือกและร้อยละเปลือกติดเนื้อมากที่สุดที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 25 รอบต่อนาที เท่ากับ 2.77 และ 12 ใบต่อนาที ในส่วนของการล้างเปลือกกว่านทางจระเข้พบว่าอัตราการไหลของน้ำล้างมีผลต่อประสิทธิภาพการล้างและความสะอาดและสามารถล้างได้ประสิทธิภาพสูงกว่าคนล้างที่อัตราการไหลของน้ำล้าง 3 ลิตรต่อนาที มีประสิทธิภาพการล้างสูงที่สุดเป็น 99.36 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนคิดเป็น 5 เท่า และในส่วนของความพึงพอใจโดยรวมของเครื่องต้นแบบด้านต่าง ๆ พบว่าผลการทดสอบความพึงพอใจด้านต่าง ๆ มีระดับความพอใจที่แตกต่างกัน โดยทุกด้านสามารถแปรผลระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ 4 (มาก) จาก 5 ระดับ

6.2 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบการปกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทางจระเข้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในด้านความเร็วของการปกเปลือกและกระบวนการล้างที่สะอาดเป็นที่ยอมรับสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แต่ประสิทธิภาพด้านการปกเปลือกและร้อยละผลได้ยังต้องมีการพัฒนาให้ได้ประสิทธิภาพเทียบเท่ากับคนปก ซึ่งอาจทำได้โดยศึกษาการปรับใบมีดให้เหมาะสมกับความหนาของใบกว่านเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยเนื้อว่านที่ติดเปลือกออกมาส่วนมาจากการปกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง จากการสังเกตพบว่ามีสาเหตุมาจากระยะใบมีดและลูกกลิ้งซึ่งมีสาเหตุเกิดการหลวมของน็อตที่ยึดใบมีดกับฐานรอง เนื่องจากการออกแบบออกแบบให้สามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ การแก้ไขทำได้โดยปรับระยะห่างระหว่างใบมีดและลูกกลิ้ง(ชุดใบมีดปกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง)ให้มีระยะที่น้อยลงหรือเทียบเท่าความหนาของใบกว่าน และยึดใบมีดกับฐานรองให้ตึงขึ้น อีกหนึ่งข้อเสนอแนะคือถ้าต้องการปกเปลือกใบกว่านที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจต้องทำการแก้ไขชุดใบมีดที่ทำหน้าที่ปกเปลือกด้านข้างให้มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้กว้างขึ้น แต่ชุดใบมีดที่ทำหน้าที่ปกเปลือกด้านหน้าและด้านหลังไม่ต้องแก้ไขเนื่องจากสามารถทำงานได้ด้วยใบมีดที่มีขนาดกว้างจึงสามารถปกเปลือกใบกว่านได้หลายขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ก่องกาญจน์ อังสุภานิช และคณะ. 2536. “การศึกษากรรมวิธีการผลิตว่านหางจระเข้ผง.”

ว.สงขลานครินทร์. 15(4) : 370-379.

จิตตา สาตร์เพ็ชร. 2551. “การใช้เจลจากว่านหางจระเข้และSucrose fatty acid ester

เคลือบผิวขมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา.” ปริญญาานิพนธ์. วิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.

จุฬารณณ์ เลิศบวรวงศ์. “องค์ประกอบและประโยชน์ของว่านหางจระเข้.” วารสารรามคำแหง.

25(2) : 54-57.

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน. 2538. “เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน.” วารสารเกษตรศาสตร์

(วิทย์.). 25 : 309-403.

ณัฐวุฒิ อินทร์ภักษ์. “การศึกษาใบมีดที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปอกเปลือกเห้ง้าสับประรด.”

รายงานวิจัย. สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี.

นิชาภัทร์. 2556. “สมบัติของเจลผสมระหว่างวุ้นกับเจลาตินปลา.” ปริญญาานิพนธ์.

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทยาวิร์ หนูบุญ. 2548. “การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง.” ปริญญาานิพนธ์.

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. “Phytosterols จากวุ้นว่านหางจระเข้กับฤทธิ์ลดน้ำตาล

ในเลือด.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.medplant.mahidol.ac.th/active/shownews.asp?id=264>. 2549

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. การศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพโรไทย. 106. กรุงเทพฯ :

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

บุญช่วย โรจน์กฤษาทร และคณะ. 2533. “เครื่องต้นแบบปอกเปลือกผิวใบว่านหางจระเข้.”

โครงการวิจัย Independent study : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี.

ประดิษฐ์ กิตติวรกุล. 2545. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหัวมันสำปะหลัง.”

ปริญญาานิพนธ์. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พุทธธินันท์ จารุวัฒน์. 2546. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเมือกกาอาราบิก้า.”

ปริญญาานิพนธ์. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- ภัทร สุพัตกุล. 2547. “การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแบบใช้ลูกกลิ้ง.”
 ปริญญาานิพนธ์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธิพร เนียมหอม. 2551. “การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมาก.” ปริญญาานิพนธ์.
 บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bruce R. et.al. 2010. **Fundamental Fluid Mechanics**. United States of America :
 Wiley&Sons .
- Lua, M.H. et.al. 2000. “Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels.”
Food Reshearch International. 2000(33) : 665-671.
- Richrd, G. et.al. 2011. **Shigley’s mechanical engineering design**. New York :
 McGraw-Hill.
- Sivwtz and Desrosier. 1979. **Green coffee technology**. United States of America :
 The AVI publishing company.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ภาระที่กระทำกับเฟลา

ชนิดของภาระ	Cm	Ct
เฟลาอยู่นิ่ง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เฟลาหมุน		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกเบาๆ	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ตาราง ก.2 มาตรฐานของสายพานรูปตัววีชนิดต่าง

Belt	Width a,	Thickness b,	Minimum	kW Range,
Section	mm	mm	Sheave Diameter, mm	One or More Belts
A	12	8.5	75	0.2-7.5
B	16	11	135	0.7-18.5
C	22	13	230	11-75
D	30	19	325	37-186
E	38	25	540	75 and up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 ความยาวเส้นรอบสายพานขนาดมาตรฐาน

Section	Circumference, mm
A	650,775,825,950,1050,1150,1200,1275,1325,1375,1425,1500,1550,1600,1650,1700,1775,1875,1950,2000,2125,2250,2400,2625,2800,3000,3200
B	875,950,1050,1150,1200,1275,1325,1375,1425,1500,1550,1600,1650,1700,1775,1875,1950,2000,2125,2250,2400,2625,2800,3000,3200,3275,3400,3450,3950,4325,4500,4875,5250,6000,6750,7500
C	1275,1500,1700,1875,2025,2125,2250,2400,2625,2800,3000,3200,3400,3600,3950,4050,4350,4500,5250,6000,6750,7500,8250,9000,9750,10 500
D	3000,3200,3600,3950,4050,4350,4500,4875,5250,6000,6750,7500,8250,9000,9750,10 500,12 000,13 500,15 000,16 500
E	4500,4875,5250,6000,6750,7500,8250,9000,9750,10 500,12 000,13 500,15 000,16 500

ตาราง ก.4 ค่าแก้ไขสำหรับแปลงความยาวเส้นรอบรูปสายพาน

Belt section	A	B	C	D	E
Quantity to be added	32	45	72	82	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 อัตราการส่งกำลังสายพาน

Belt Section	Sheave Pitch Diameter, mm	Belt Speed, m/s				
		5	10	15	20	25
A	65	0.35	0.46	0.40	0.11	
	75	0.49	0.75	0.84	0.69	0.28
	85	0.60	0.98	1.17	1.64	0.84
	95	0.69	1.16	1.43	1.49	1.28
	105	0.77	1.30	1.64	1.78	1.63
	115	0.83	1.41	1.82	2.01	1.93
	125 and up	0.87	1.51	1.97	2.21	2.16
B	105	0.80	1.18	1.25	0.94	0.16
	115	0.95	1.48	1.71	1.55	0.92
	125	1.07	1.74	2.09	2.06	1.57
	135	1.19	1.95	2.42	2.49	2.10
	145	1.28	2.14	2.69	2.87	2.57
	155	1.36	2.31	2.94	3.19	2.98
	165	1.43	2.45	3.16	3.48	3.34
	175 and up	1.50	2.58	3.35	3.74	3.66
C	150	1.37	1.98	2.03	1.40	
	175	1.85	2.94	3.46	3.31	2.33
	200	2.21	3.66	4.54	4.74	4.12
	225	2.49	4.21	5.38	5.86	5.51
	250	2.72	4.66	6.05	7.16	6.63
	275	2.89	5.03	6.59	7.46	7.53
	300 and up	3.05	5.33	7.06	8.13	8.28
D	250	3.09	4.57	4.89	3.80	1.01
	275	3.73	5.84	6.80	6.34	4.19
	300	4.26	6.91	8.36	8.50	6.85
	325	4.71	7.83	9.70	10.30	9.10
	350	5.09	8.58	10.89	11.79	11.04
	375	5.42	9.25	11.86	13.13	12.68
	400	5.71	9.85	12.76	14.32	14.17
	425 and up	5.98	10.37	13.50	15.37	15.44
E	400	6.48	10.44	13.06	13.50	11.41
	450	7.40	12.46	15.82	17.16	16.04
	500	8.13	13.95	18.05	20.07	19.69
	550	8.73	15.14	19.84	22.53	22.75
	600	9.25	16.11	21.34	24.54	25.22
	650	9.70	17.01	22.60	26.19	27.38
	700 and up	10.00	17.68	23.72	27.68	29.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.6 แฟกเตอร์แก้มุมโอบ

D-d C	θ, deg	K_1	
		VV	V Flat
0.00	180.0	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.7 แฟกเตอร์แก้ความยาวสายพาน

Length Factor	Nominal Belt Length, m				
	A Belts	B Belts	C Belts	D Belts	E Belts
0.85	Up to 0.88	Up to 1.15	Up to 1.88	Up to 3.2	
0.90	0.95-1.15	1.2-1.5	2.03-2.4	3.6-4.05	Up to 4.88
0.95	1.2-1.38	1.55-1.88	2.63-3.0	4.33-5.25	5.25-6.0
1.00	1.5-1.88	1.95-2.43	3.2-3.95	6.0	6.75-7.5
1.05	1.95-2.25	2.63-3.0	4.05-4.88	6.75-8.25	8.25-9.75
1.10	2.4-2.8	3.2-3.6	5.25-6.0	9.0-10.5	10.5-12.0
1.15	3.0 and up	3.95-4.5	6.75-7.5	12.0	13.5-15.00
1.20		4.88 and up	8.25 and up	13.5 and up	16.5

ตาราง ก.8 แฟกเตอร์การใช้งาน

Driven Machinery	Source of Power	
	Normal Torque Characteristic	High or Non-uniform Torque
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.9 แพกเตอร์แก้ไขสำหรับสายพานรูปตัววี

Belt Section	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

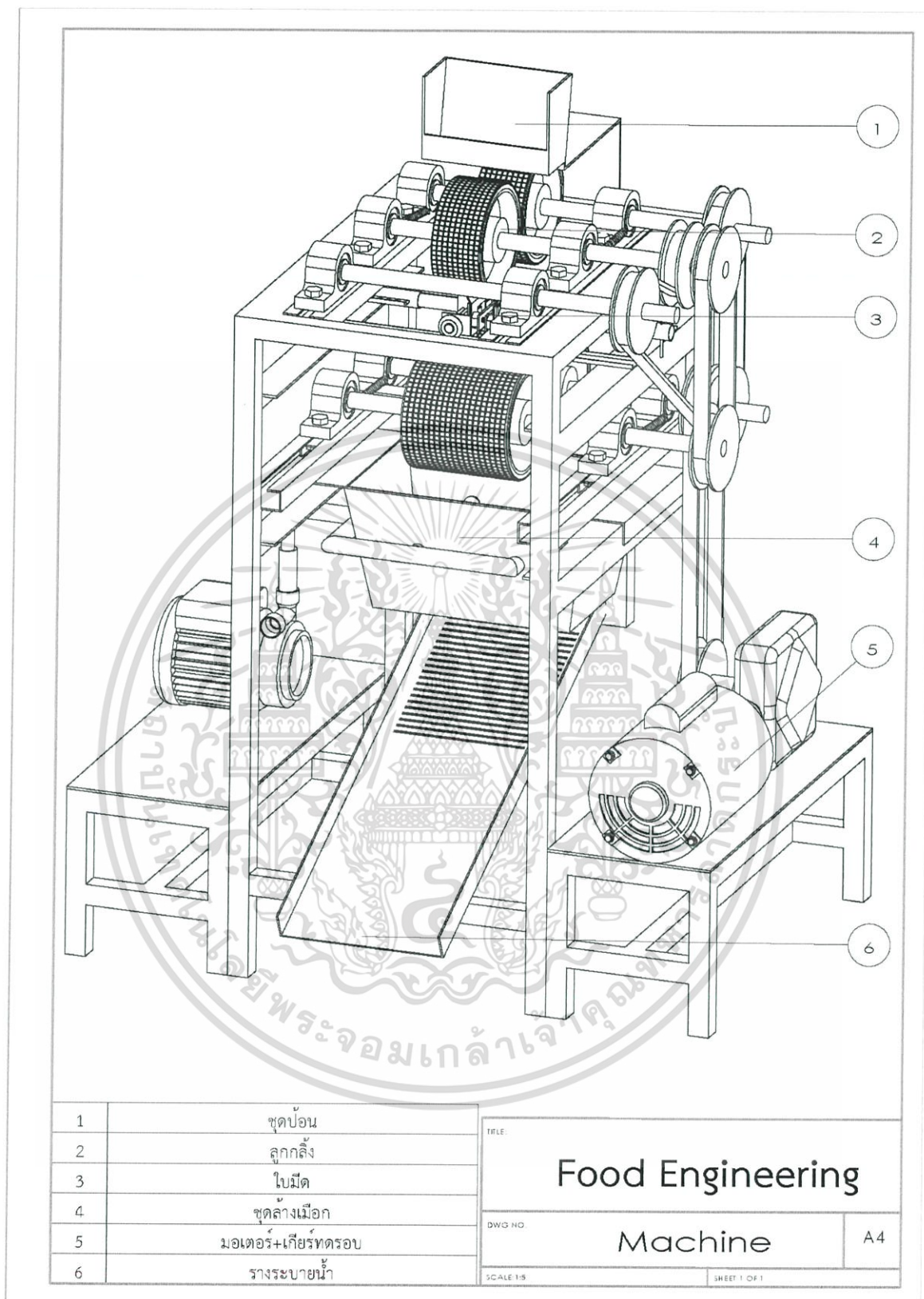


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



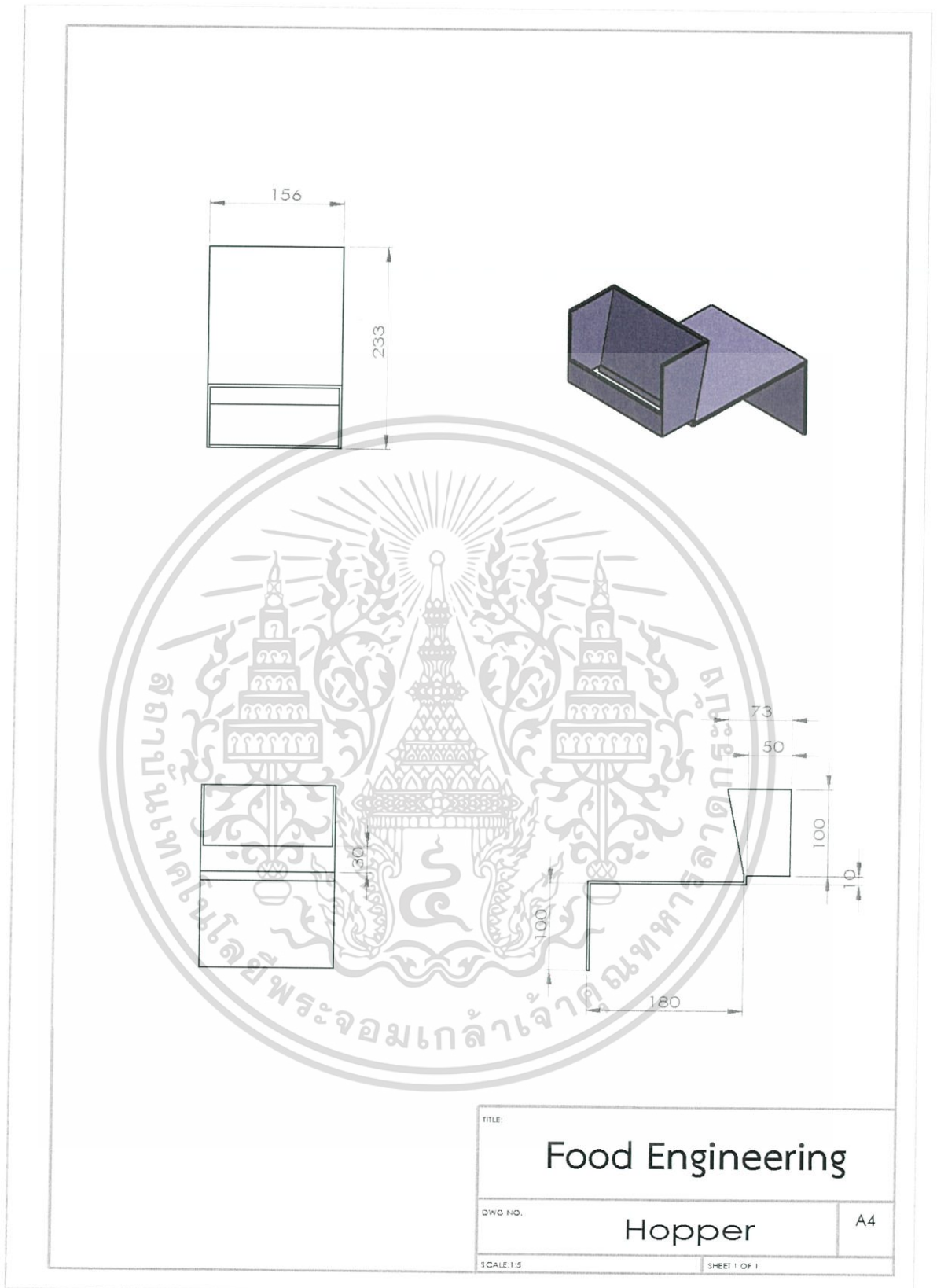
ภาคผนวก ข
แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเปลือก
ว่านหางจระเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ .



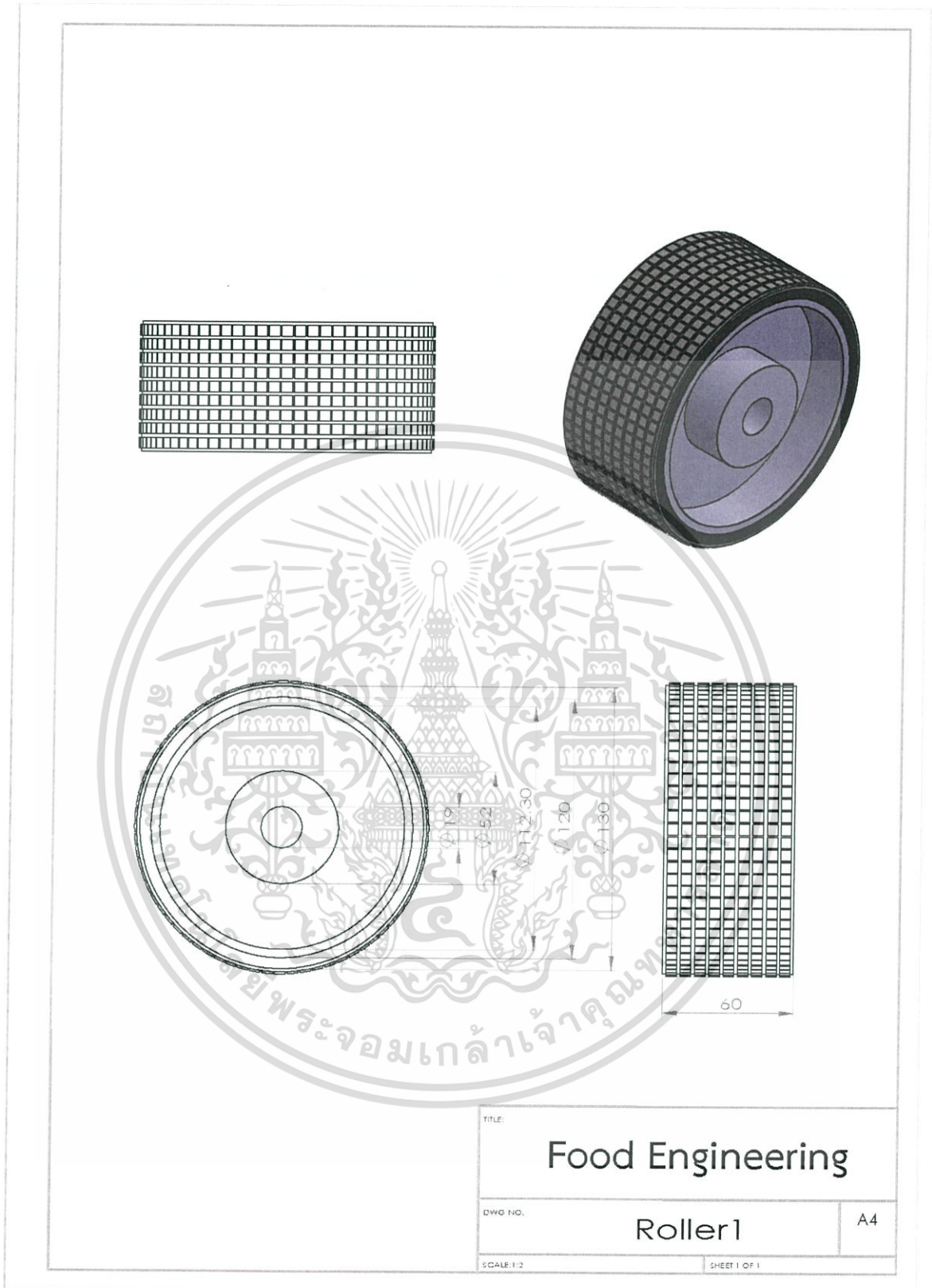
รูปที่ ข.1 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างมือกว่านทางจรเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



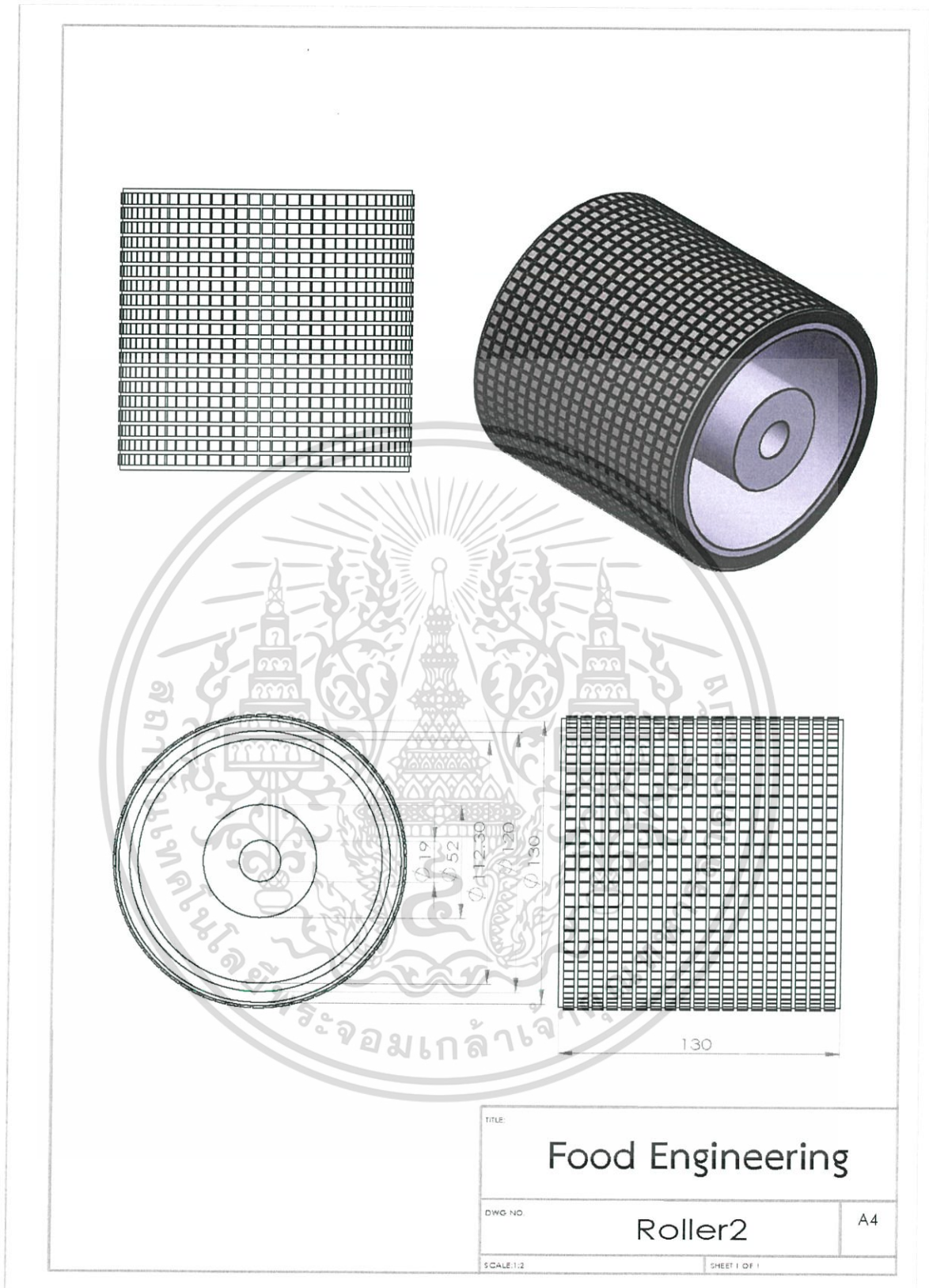
รูปที่ ข.2 แบบชุดป้อนสำหรับป้อนใบวานเข้าสู่เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



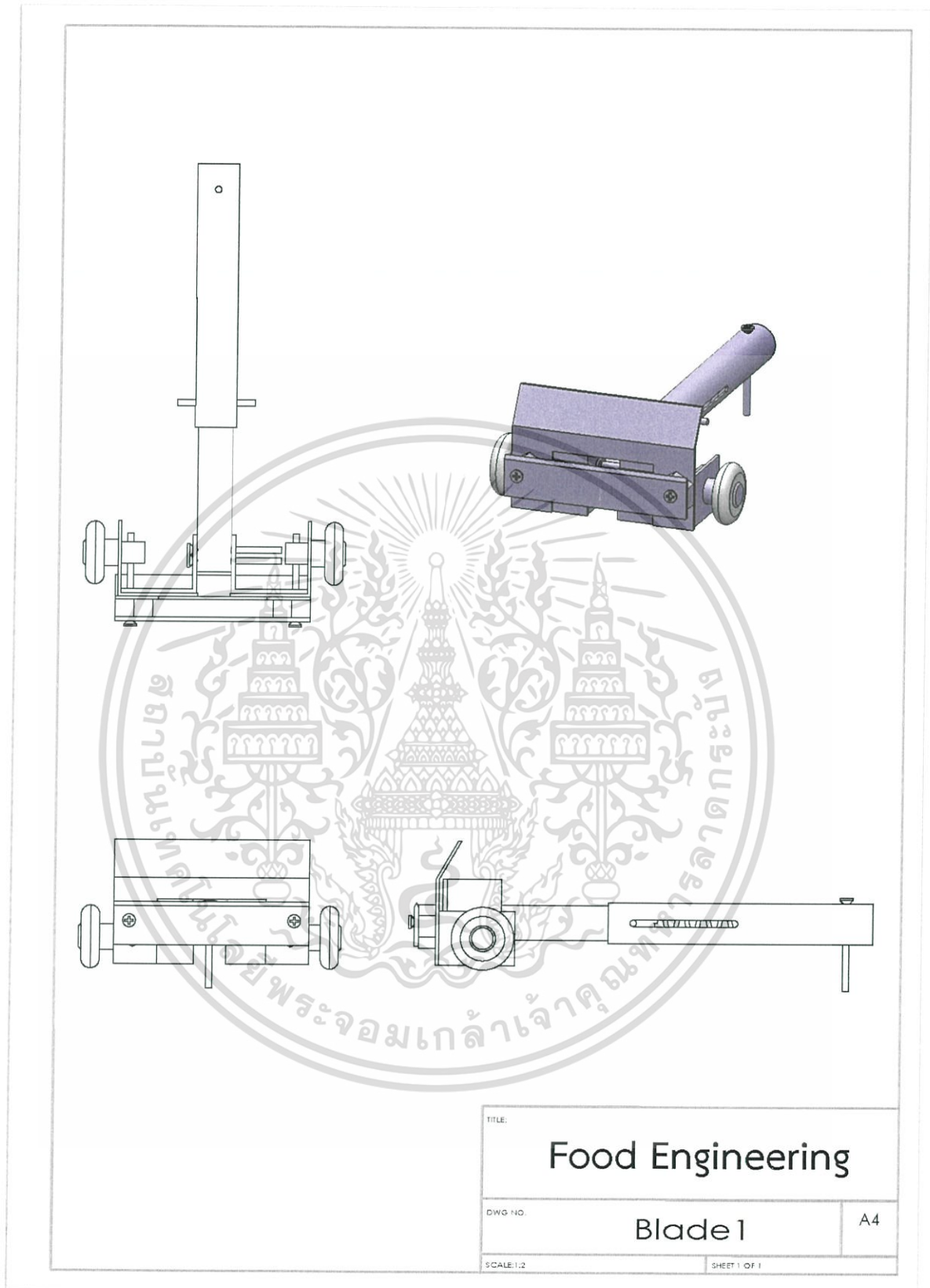
รูปที่ ข.3 แบบลูกกลิ้งชุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 แบบลูกกลิ้งชุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 แบบใบมีดสำหรับปอกเปลือกด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 แบบใบมีดสำหรับปอกเปลือกด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



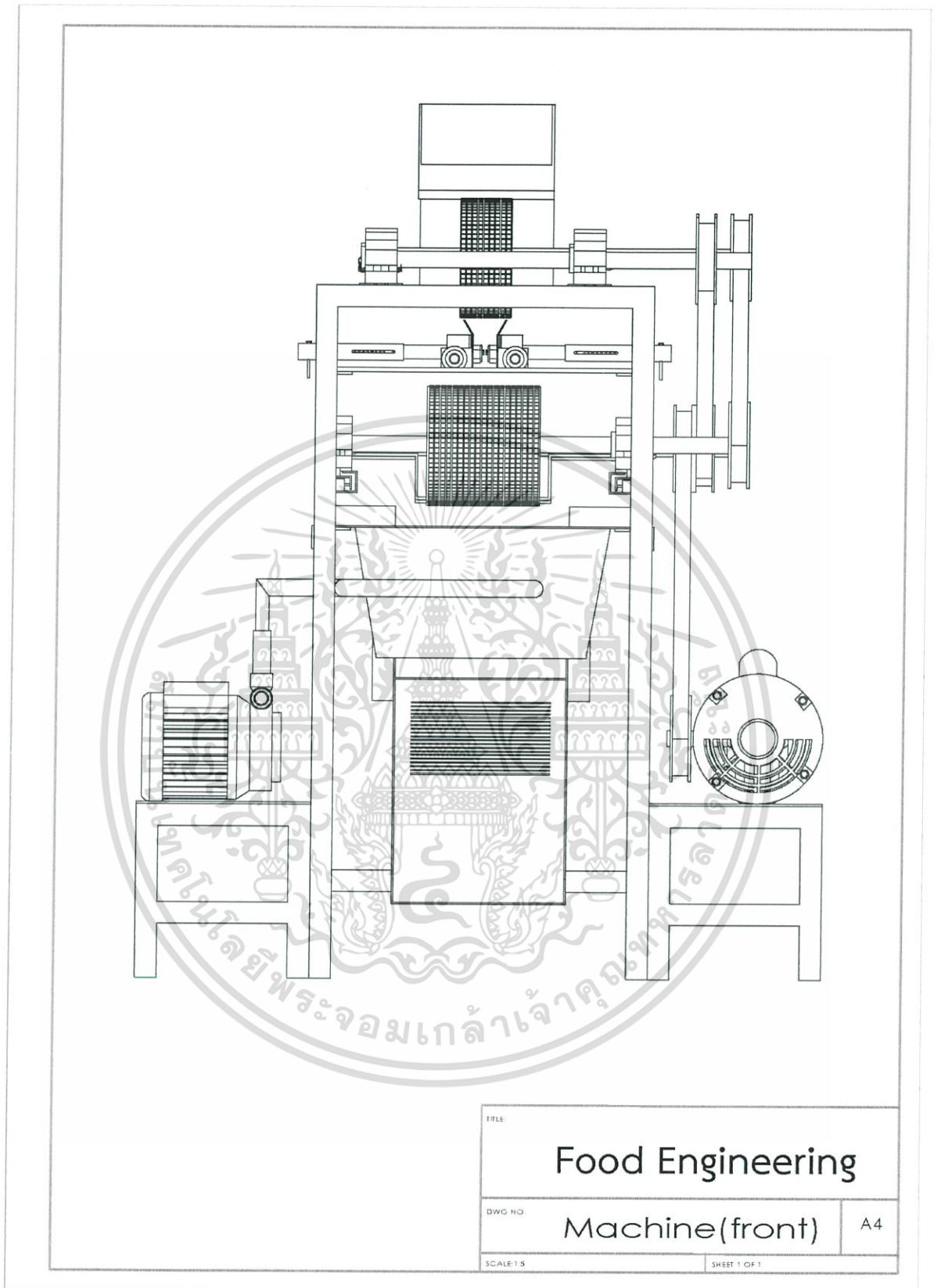
รูปที่ ข.7 แบบโครงเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



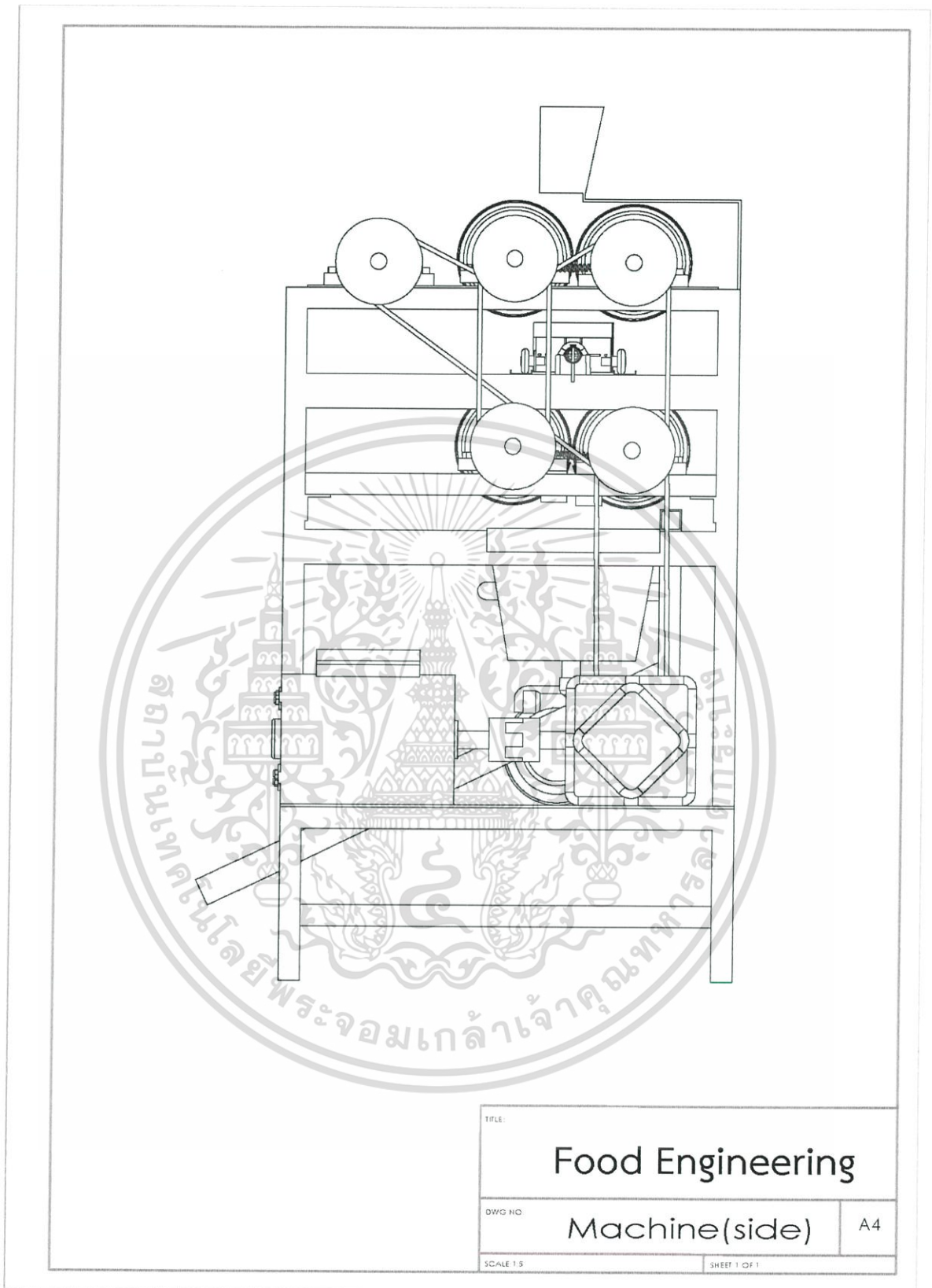
รูปที่ ข.8 แบบชุดแบริ่งเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



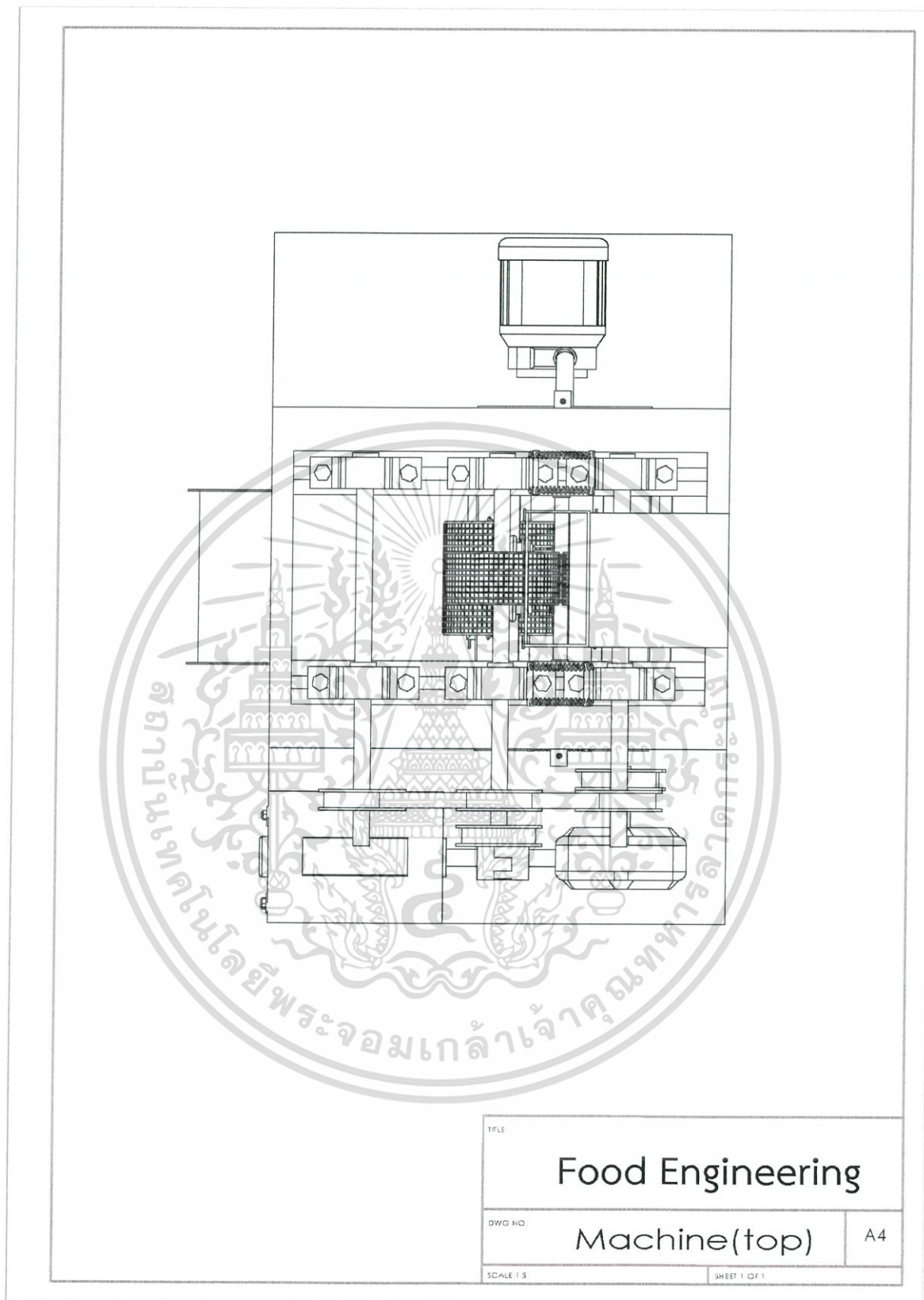
รูปที่ ข.9 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจระเข้ (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านหางจรเข้ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 แบบเครื่องต้นแบบกลไกการปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจระเข้ (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

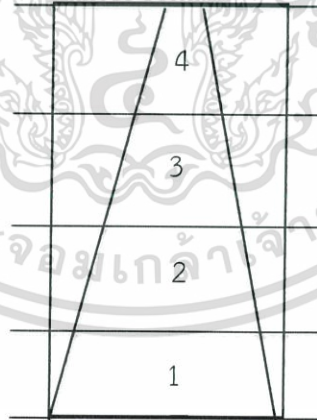
ภาคผนวก ค
ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของว่านหางจระเข้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 ผลการวัดขนาดด้านกว้าง ด้านยาว ด้านหนา และน้ำหนักของใบว่านทางจระเข้

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	ด้านกว้าง (เซนติเมตร)	ด้านยาว (เซนติเมตร)	ด้านหนา (เซนติเมตร)			
				1	2	3	เฉลี่ย
1	622.30	10.29	58.20	2.38	2.25	2.24	2.29
2	684.70	11.08	52.80	3.07	2.66	2.50	2.74
3	670.59	11.49	53.30	2.54	2.43	2.38	2.45
4	657.40	10.99	56.20	2.62	2.61	2.62	2.62
5	767.18	11.50	59.90	2.70	2.50	2.30	2.50
6	744.66	12.80	54.50	2.65	2.50	2.43	2.53
7	799.63	12.55	63.00	2.69	2.65	2.55	2.63
8	721.18	11.17	56.00	2.65	2.49	2.60	2.58
9	867.23	11.35	54.50	3.05	2.69	2.55	2.76
10	715.59	11.60	58.20	2.61	2.40	2.30	2.44
เฉลี่ย	725.05	11.48	56.66		2.55		



รูปที่ ค.1 แบ่งว่านทางจระเข้เป็น 4 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.2 แรงกดที่กระทำบนใบว่านทางจรเข้ที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก

ส่วนที่	แรงกด (N)					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	131.90	193.44	191.78	93.36	89.22	139.94
2	130.41	106.58	209.44	62.34	122.92	126.34
3	79.82	67.34	130.66	65.19	162.43	101.09
4	54.87	36.30	56.24	34.34	119.01	60.15

หมายเหตุ แบ่งส่วนต่าง ๆ ดังรูปภาพตามภาคผนวก ค.1

ตาราง ค.3 แรงกดที่กระทำบนใบว่านทางจรเข้ที่ปอกเปลือกแล้ว

ส่วนที่	แรงกด (N)					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	20.15	43.91	34.23	46.38	41.90	37.32
2	36.04	32.83	39.39	43.93	45.93	39.62
3	35.88	31.47	33.12	38.38	40.12	35.79
4	40.54	31.47	25.26	30.83	8.45	27.31

หมายเหตุ แบ่งส่วนต่าง ๆ ดังรูปภาพตามภาคผนวก ค.1

ตาราง ค.4 มุมมีดด้านข้าง

ตัวอย่าง	มุมมีดด้านข้าง					
	k (cm)	h (cm)	$\alpha 1$	i (cm)	h (cm)	$\alpha 2$
1	3.80	40.00	5.42	3.20	40.00	4.57
2	3.70	40.00	5.28	3.20	40.00	4.57
3	4.20	40.00	5.99	3.10	40.00	4.43
4	3.40	40.00	4.85	3.10	40.00	4.43
5	4.30	40.00	6.13	3.90	40.00	5.56
6	3.90	40.00	5.56	3.00	40.00	4.28
7	4.20	40.00	5.99	3.50	40.00	5.00
8	3.70	40.00	5.28	3.50	40.00	5.00
เฉลี่ย	3.90	40.00	5.56	3.31	40.00	4.73

หมายเหตุ มุมใบว่านทางจรเข้ด้านข้าง ดังรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.5 มุมมิตส่วนโค้ง

ตัวอย่าง	x (cm)	มุมมิตโค้ง	
		Δ ความหนา	β
1	42.00	34.58	2.33
2	42.60	34.72	2.50
3	42.30	34.01	2.09
4	43.80	35.15	2.38
5	41.30	33.87	2.69
6	42.30	34.44	2.23
7	42.00	34.01	2.15
8	41.00	34.72	2.37
เฉลี่ย	42.16	34.44	2.34

หมายเหตุ มุมมิตส่วนโค้งทางจระเข้ส่วนโค้ง ดังรูปที่ 5.4

ตาราง ค.6 ร้อยละผลได้ของการปกเปลือกด้วยมือ

ตัวอย่าง	%ร้อยละผลได้ (ขนาดทดลอง 40 เซนติเมตร)			
	เปลือก (กรัม)	เนื้อ (กรัม)	น้ำหนักรวม(กรัม)	%
1	134.92	458.50	593.42	77.26
2	134.50	433.20	567.70	76.31
3	127.24	443.42	570.66	77.70
4	115.65	424.67	540.32	78.60
5	137.06	382.25	519.31	73.61
6	149.21	412.48	561.69	73.44
7	136.56	356.89	493.45	72.33
8	120.72	365.09	485.81	75.15
เฉลี่ย	131.98	409.56	541.55	75.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a sunburst above it. The emblem is flanked by two traditional Thai stupa-like structures. The entire design is set against a background of stylized floral and flame patterns. The Thai text "ภาคผนวก ง" is positioned above the main title, and the university's name "มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์" is written around the bottom edge of the seal.

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบเครื่องปอกเปลือกและล้างเมื่อกว่านทางจรเข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในการปกเปลือกด้านประสิทธิภาพการปกเปลือก

ความเร็วรอบ ลูกกลิ้ง (rpm)		ประสิทธิภาพการปกเปลือก							
		%เปลือกติดเนื้อ				%เนื้อติดเปลือก			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
15	1	3.554	4.276	5.971		26.928	28.958	24.083	
	2	0.000	1.490	0.686		26.908	28.660	26.714	
	3	5.686	1.811	2.123		30.521	23.984	28.611	
	เฉลี่ย	3.080	2.525	2.926	2.844	28.119	27.200	26.469	27.263
20	1	6.231	2.479	3.727		25.954	26.162	29.077	
	2	4.782	4.655	3.231		26.545	22.778	20.970	
	3	3.752	0.872	2.037		23.477	14.827	26.224	
	เฉลี่ย	4.922	2.668	2.998	3.530	25.325	21.256	25.424	24.002
25	1	0.000	8.421	4.823		28.478	25.424	21.429	
	2	2.784	4.258	1.391		26.318	24.304	25.841	
	3	0.000	1.530	1.712		31.927	28.543	24.938	
	เฉลี่ย	0.928	4.736	2.642	2.769	28.908	26.090	24.069	26.356

ตาราง ง.2 ผลการทดสอบการปกเปลือกด้านประสิทธิภาพการปกเปลือกโดยคนปก

ลำดับคน ปก	ประสิทธิภาพการปกเปลือก	
	%เปลือกติดเนื้อ	%เนื้อติดเปลือก
1	0	14.466
2	0	8.789
3	0	9.538
4	0	6.692
5	0	10.629
6	0	10.746
7	0	17.630
8	0	6.317
9	0	11.637
เฉลี่ย	0	10.716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.3 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในการลอกเปลือกด้านร้อยละผลได้

	ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)	%Yield			เฉลี่ย
		1	2	3	
15	1	73.072	71.042	75.917	
	2	73.092	71.340	73.286	
	3	69.479	76.016	71.389	
	เฉลี่ย	71.881	72.800	73.531	72.737
20	1	74.046	73.838	70.923	
	2	73.455	77.222	79.030	
	3	76.523	85.173	73.776	
	เฉลี่ย	74.675	78.744	74.576	75.998
25	1	71.522	74.576	78.571	
	2	73.682	75.696	74.159	
	3	68.073	71.457	75.062	
	เฉลี่ย	71.092	73.910	75.931	73.644

ตาราง ง.4 ผลการทดสอบการลอกเปลือกด้านร้อยละผลได้โดยคนลอก

ลำดับคนลอก	%Yield
1	85.534
2	91.211
3	90.462
4	93.308
5	89.371
6	89.254
7	82.370
8	93.683
9	88.363
เฉลี่ย	89.284

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.5 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในการปกเปลือกด้านอัตราการปก

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)		Capacity (ใบต่อนาที)			
		1	2	3	เฉลี่ย
15	1	7.238	6.742	7.212	
	2	8.463	7.895	8.011	
	3	7.092	7.614	7.389	
	เฉลี่ย	7.550	7.383	7.522	7.485
20	1	11.952	11.091	11.472	
	2	9.479	9.917	8.955	
	3	9.600	9.202	11.364	
	เฉลี่ย	10.227	10.011	10.459	10.232
25	1	13.544	12.320	9.302	
	2	13.129	14.320	10.169	
	3	10.657	12.876	13.333	
	เฉลี่ย	12.303	13.120	10.682	12.035

ตาราง ง.6 ผลการทดสอบการปกเปลือกด้านอัตราการปกได้โดยคนปก

ลำดับคนปก	Capacity (ใบต่อนาที)
1	1.290
2	1.794
3	1.530
4	1.960
5	1.426
6	1.745
7	1.763
8	1.747
9	1.751
เฉลี่ย	1.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.7 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในการล้างเมือกด้านประสิทธิภาพการล้าง

Q (ลิตรต่อนาที)		ประสิทธิภาพการล้าง			
		1	2	3	เฉลี่ย
1	1	12.645	4.581	5.977	
	2	8.112	5.314	6.209	
	เฉลี่ย	10.378	4.948	6.093	7.140
2	1	4.583	3.286	2.168	
	2	3.393	2.061	3.799	
	เฉลี่ย	3.988	2.673	2.984	3.215
3	1	2.790	0.766	2.212	
	2	1.941	1.788	1.112	
	เฉลี่ย	2.366	1.277	1.662	1.768

ตาราง ง.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างเมือกโดยคนล้าง

ลำดับคนล้าง	ประสิทธิภาพการล้าง
1	1.936
2	4.071
3	4.624
4	3.259
5	4.136
6	2.792
7	1.954
8	2.465
9	2.968
เฉลี่ย	3.134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบโดยวิธีการให้คะแนน (Rating / Scoring Test)

เนื่อว่านหางจรเข้

ชื่อ วันที่

คำแนะนำ : กรุณาทำการประเมินตัวอย่างต่อไปนี้ในด้านความสะอาดตามสเกลที่ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

กำหนดให้ :

ไม่สะอาดมากที่สุด = 1	ไม่สะอาดมาก = 2	ไม่สะอาดปานกลาง = 3	ไม่สะอาดเล็กน้อย = 4
เฉย ๆ = 5	สะอาดเล็กน้อย = 6	สะอาดปานกลาง = 7	สะอาดมาก = 8
สะอาดมากที่สุด = 9			

รหัส 434 102 062 348

คะแนน

ขอขอบคุณ

รูปที่ ง.1 ตัวอย่างแบบทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.9 ผลการทดสอบความสะอาดโดยวิธีการให้คะแนน

ลำดับที่	อัตราการไหลน้ำล้าง (ลิตรต่อนาที)			คนล้าง
	3	2	1	
1	8	9	7	7
2	8	6	7	9
3	5	3	3	6
4	9	7	6	6
5	9	7	5	4
6	7	6	6	7
7	7	5	4	5
8	9	3	6	4
9	6	5	3	7
10	8	4	2	7
11	7	6	2	5
12	7	3	2	5
13	4	3	2	5
14	3	4	2	6
15	8	7	7	6
16	8	6	4	2
17	8	7	6	8
18	6	5	4	7
19	8	7	5	8
20	7	5	4	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.10 ผลการทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือกกว่านทาง
จระเข้

ลำดับที่	ด้าน ความ สะดวก	ด้านความ เหมาะสมของ กลไกที่ใช้ใน การปอกเปลือก	ด้านความ สะอาดของใบที่ ปอกออก	ด้านความรวดเร็ว ในการปอกเมื่อ เทียบกับการใช้มือ ปอก	ด้านความ เหมาะสมใน การนำไป พัฒนาต่อ	ความพึง พอใจ โดยรวม
1	4	4	4	4	4	4
2	5	5	4	5	5	5
3	5	5	4	5	5	5
4	4	4	4	4	5	4
5	4	4	3	4	5	4
6	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5
8	4	3	3	2	4	4
9	3	4	4	4	5	4
10	5	4	4	5	4	4
11	5	4	4	5	5	5
12	5	5	4	5	4	4
13	5	5	4	5	5	5
14	4	5	5	5	5	5
15	5	4	4	5	5	5
16	5	4	4	3	4	4
17	4	4	4	5	5	4
18	5	5	4	4	5	5
19	5	5	5	5	5	5
20	3	4	4	4	4	4
21	4	4	5	4	4	4
22	3	4	4	4	5	4
23	4	4	4	4	4	4
24	4	4	4	4	4	4
25	4	3	3	3	4	4
26	5	5	5	5	5	5
27	4	3	4	5	5	4
28	4	4	4	4	4	4
29	5	5	5	5	5	5
30	4	4	4	4	4	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.10 (ต่อ) ผลการทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือก
ว่านหางจระเข้

ลำดับที่	ด้าน ความ สะดวก	ด้านความ เหมาะสมของ กลไกที่ใช้ใน การปอกเปลือก	ด้านความ สะอาดของใบที่ ปอกออก	ด้านความรวดเร็ว ในการปอกเมื่อ เทียบกับการใช้มือ ปอก	ด้านความ เหมาะสมใน การนำไป พัฒนาต่อ	ความพึง พอใจ โดยรวม
31	4	4	4	4	4	4
32	5	5	5	5	4	5
33	4	4	4	5	4	4
34	4	4	3	4	4	4
35	4	4	3	5	5	4
36	5	4	5	5	5	5
37	3	3	3	5	4	4
38	4	4	4	5	5	4
39	5	4	4	5	4	5
40	3	3	4	3	5	4
41	4	4	4	5	3	4
42	4	4	4	5	3	4
43	4	4	4	4	4	4
44	5	4	4	5	5	4
45	3	3	4	4	4	4
46	5	5	5	5	5	5
47	4	4	3	5	4	4
48	5	3	5	5	5	5
49	5	4	4	5	5	5
50	4	4	4	4	4	4
51	4	4	4	4	4	5
52	4	4	4	4	4	5
53	5	4	4	5	4	4
54	4	4	4	3	4	4
55	4	4	4	4	4	4
56	4	4	4	5	5	4
57	5	4	4	5	5	5
58	4	4	3	3	4	4
59	4	4	4	4	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.10 (ต่อ) ผลการทดสอบความพึงพอใจในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกและล้างเปลือก
ว่านหางจระเข้

ลำดับที่	ด้าน ความ สะดวก	ด้านความ เหมาะสมของ กลไกที่ใช้ใน การปอกเปลือก	ด้านความ สะอาดของใบที่ ปอกออก	ด้านความรวดเร็ว ในการปอกเมื่อ เทียบกับการใช้มีด ปอก	ด้านความ เหมาะสมใน การนำไป พัฒนาต่อ	ความพึง พอใจ โดยรวม
60	4	3	4	4	5	4
61	4	4	4	4	5	4
62	5	5	4	5	5	5
63	4	4	4	5	5	4
64	4	4	4	4	5	4
65	4	4	4	4	4	4
66	4	4	4	4	4	4
67	5	5	5	5	5	5
68	3	4	5	5	5	5
69	4	4	4	5	5	4
70	4	4	4	5	5	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละของเนื้อติดไปกับเปลือก

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	1601.813	533.938	48.161*	0.00
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	32	354.765	11.086		
รวม	35	1956.578			

^a cv = 15.07%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตาราง จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละของเปลือกที่ติดไปกับเนื้อ

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	65.849	21.95	6.079*	0.002
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	32	115.548	3.611		
รวม	35	181.397			

^a cv = 83.34%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตาราง จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของร้อยละผลได้ของการปอกเปลือก

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	1601.813	533.938	48.161*	0.00
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	32	354.765	11.086		
รวม	35	1956.578			

^a cv = 4.27%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตาราง จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการป้อนใบว่านทางจระเข้

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	569.495	189.832	165.986	0.00
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	32	36.597	1.144		
รวม	35	606.093			

^a cv = 13.50%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของประสิทธิภาพการล้าง

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	51791.798	17263.933	6814.424*	0.00
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	23	58.269	2.533		
รวม	26	51850.067			

^a cv = 41.72%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตาราง จ.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความสะอาดของการล้าง

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F	P-value
ระหว่างกลุ่ม	3	80.53	26.84	15.11*	0.000
ภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน	57	101.21	1.77		
รวม	60	181.397			

^a cv = 23.17%

^b * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

- เมื่อ
1. ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นการกำหนดระดับความเชื่อมั่นของการทดสอบสมมติฐานที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้ง
 2. df คือ องศาอิสระ (Degrees of freedom) เป็นจำนวนของตัวแปรที่เป็นอิสระในการเปลี่ยนแปลงค่าในกรณีใดกรณีหนึ่งที่ได้รับจากการสุ่มมาทดลอง
 3. SS คือ ความแปรผัน (Sum of squares) โดยความผันแปรระหว่างกลุ่มเป็นความแปรปรวนที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรที่ศึกษาแต่ความผันแปรภายในกลุ่มเป็นความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรใด
 4. MS คือ ค่าเฉลี่ยความแปรผัน (Mean squares) เป็นการนำค่าความแปรผันระหว่างกลุ่มและความแปรผันภายในกลุ่มมาเฉลี่ยด้วยองศาอิสระ
 5. F คือ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและความแปรปรวนภายในกลุ่ม เพื่อทดสอบสมมติฐานโดยเปรียบเทียบค่า F จากตาราง (F-distribution)
 6. Sig. คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance)
 7. P-value คือ ค่าความน่าจะเป็น (Probability) เป็นการทดสอบสมมติฐานโดยเปรียบเทียบได้จากพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ (Normal curve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้