สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบเครื่องบรรจุกะปิ

DESIGN OF SHRIMP PASTE FILLER

T058559

โดย

นางสาวปนิชา นาสืบ

นางสาวปิยวรรณ บุญรักษา

นายเอกบุตร สัตตวงศากุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58559
วัน,เดือน,ปี 25 ก.ค. 2549
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องบรรจุกะปิ

DESIGN OF SHRIMP PASTE FILLER

ผู้จัดทำ นางสาวปนิชา นาสืบ

นางสาวปิยวรรณ บุญรักษา

นายเอกบุตร สัตตวงศากุล

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องบรรจุกะปี

นางสาวปนิชา นาสืบ
นางสาวปิยวรรณ บุญรักษา
นายเอกบุตร สัตตวงศากุล

อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องบรรจุกะปีเพื่อเพิ่มความเร็วของขบวนการบรรจุกะปี และสุขลักษณะที่ถูกต้อง สำหรับโครงงานนี้ได้ออกแบบให้เครื่องบรรจุกะปีสามารถบรรจุกะปีให้มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 120 $\pm$ 5 กรัม โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของชุดบรรจุ และส่วนของระบบนิวแมติก ซึ่งส่วนของชุดบรรจุประกอบไปด้วยตัวถังบรรจุ โดยตัวถังบรรจุมีลักษณะเป็นทรงกระบอกซึ่งมีขนาดความจุ 2.5 กิโลกรัม ส่วนระบบนิวแมติกเป็นกลไกการเคลื่อนที่โดยใช้กระบอกลม 1 กระบอก ทำหน้าที่ในการอัดกะปีให้เคลื่อนที่ลงสู่ภาชนะบรรจุ จากการทดลองพบว่า เครื่องบรรจุกะปีนี้สามารถบรรจุกะปีได้ 11.77 กระปุกต่อนาที ที่ความเร็วกระบอกลม 0.1260 เซนติเมตรต่อวินาที และมีประสิทธิภาพการบรรจุ 77.80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF SHRIMP PASTE FILLER

Miss. Panicha Nasueb

Miss. Piyawan Boonraksa

Mr. Ekaboot Sattawongsakul

Mrs. Kankanit Khwanpruk Adviser

Abstract

This project aimed to design and stimulate the shrimp paste filler in order to speed up the filling process of shrimp paste and good sanitary. The shrimp paste filler can fill shrimp paste into 120 ± 5 grams by weight. The filler consisted of two major components: the filling part and the pneumatic system. The filling part was composed of a hopper. The hopper had a conical shape with the capacity of 2.5 kilograms. The pneumatic system was flow mechanic, using an air cylinder to press the shrimp paste. From the test, it was found that the shrimp paste filler was able to fill 11.77 cups per minute at cylinder speed 0.1260 centimeters per second with the efficiency of 77.80 %.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กะปิ	2
2.2 การบรรจุ	6
2.3 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องบรรจุ	
3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องบรรจุกะปี	20
3.2 ชุดบรรจุกะปิ	20
3.3 กระบอกนิวเมติกในแนวตั้ง	21
3.4 วงจรนิวเมติก	21
3.5 แบบเครื่องบรรจุกะปิ	23
บทที่ 4 วิธีการทดลอง	
4.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของกะปิ	26
4.2 การหาความเร็วกระบอกลมที่เหมาะสมในการบรรจุ	26
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของกะปิ	28
5.2 ผลการทดสอบเครื่องบรรจุกะปิ	29
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง	33
6.2 ข้อเสนอแนะ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก ผลการทดลองหาเวลาและน้ำหนักในการบรรจุกะปี	35
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางสถิติ	38
ภาคผนวก ค ภาพเครื่องบรรจุกะปีและลักษณะกะปีที่ผ่านการบรรจุ	47
ภาคผนวก ง การทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพของกะปี และตารางที่ใช้ในการคำนวณ	53
กิตติกรรมประกาศ	56
ประวัติผู้เขียน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางเคมี	2
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของกะปี	2
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ	11
ตารางที่ 2.4 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม	15
ตารางที่ 2.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบมาตรฐาน JIS (mm)	15
ตารางที่ 2.6 เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบตามมาตรฐาน DIN (mm)	16
ตารางที่ 2.7 ความยาวช่วงชักสูงสุดที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรม	16
ตารางที่ 5.1 ความชื้นและความหนาแน่นของกะปีที่ใช้ในการทดลอง	28
ตารางที่ 5.2 เวลาที่ใช้ในการบรรจุ 1 กระปุกและอัตราการบรรจุ ที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ	29
ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของการบรรจุที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ	30
ตารางที่ 5.4 อัตราการบรรจุเฉลี่ยและประสิทธิภาพการบรรจุเฉลี่ย ของเครื่องบรรจุกะปีที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ ที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติแล้ว	30
ตารางที่ ก1 ความหนาแน่นของกะปีก่อนและหลังการบรรจุ	36
ตารางที่ ก2 ความชื้นของกะปี	36
ตารางที่ ก3 ความเร็วกระบอกลมที่ความเร็วลมระดับต่าง ๆ	36
ตารางที่ ก4 เวลาที่ใช้ในการบรรจุกะปี 1 กระปุกที่ความเร็วระบอกลมค่าต่าง ๆ	37
ตารางที่ ก5 น้ำหนักกะปีที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตกะปี	4
รูปที่ 2.2 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม	13
รูปที่ 2.3 การหาค่าขนาดกระบอกสูบตามอัตราการทำงาน	14
รูปที่ 3.1 การออกแบบวงจรนิวเมติก	21
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของวงจรนิวเมติก	21
รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติของเครื่องบรรจุกะปี	23
รูปที่ 3.4 ภาพฉายสามด้านของเครื่องบรรจุกะปี	24
รูปที่ 3.5 ภาพฉายสามด้านของถังบรรจุ	25
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลองเครื่องบรรจุกะปี	27
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับอัตราการบรรจุเฉลี่ย	31
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับประสิทธิภาพเฉลี่ย	32
รูปที่ ค1 เครื่องบรรจุกะปี	48
รูปที่ ค2 เครื่องบรรจุกะปีด้านหน้า	48
รูปที่ ค3 เครื่องบรรจุกะปีด้านข้าง	49
รูปที่ ค4 ปั๊มลม	49
รูปที่ ค5 วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator)	50
รูปที่ ค6 วาล์วควบคุมแบบ 5/3	50
รูปที่ ค7 กระบอกนิวเมติก	51
รูปที่ ค8 ภาพลักษณะกะปีที่ผ่านเกณฑ์การบรรจุ	51
รูปที่ ค9 ภาพลักษณะกะปีที่ไม่ผ่านเกณฑ์การบรรจุ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

σ_t = ความเค้นดึง,นิวตัน/ ตารางเมตร

σ_c = ความเค้นกด,นิวตัน/ ตารางเมตร

F = แรง,นิวตัน

A = พื้นที่หน้าตัด, ตารางเมตร

τ = ความเค้นเฉือน,นิวตัน/ ตารางเมตร

P = ความดันใช้งาน,บาร์

F_n = แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน,นิวตัน

F_R = แรงที่เกิดจากการเสียดทาน,นิวตัน

W = น้ำหนักก่อนอบ,กรัม

W_i = น้ำหนักหลังอบ,กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

การแปรรูปสัตว์น้ำหลายชนิดได้เจริญก้าวหน้าจนเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมมากขึ้น กะปีก็เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งจากอุตสาหกรรมดังกล่าว ถือได้ว่าเป็นอาหารดั้งเดิมและได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ตลอดจนมีการส่งออกไปสู่ต่างประเทศเป็นจำนวนไม่น้อย

การผลิตกะปีมีอยู่ทั่วทุกภาคในประเทศไทยการทำก็สามารถทำได้เองมีวิธีง่ายๆก็คือ การนำวัตถุดิบ คือกุ้งฝอยตัวเล็กๆมาคลุกเคล้ากับเกลือในสัดส่วนที่พอเหมาะนำส่วนผสมทั้งสองหมักเก็บไว้ประมาณ 8-12 ชั่วโมงจึงนำไปตากแดดให้แห้งพอหมาดๆ จึงนำมาตำให้ละเอียดเป็นกะปีสามารถนำไปปรุงรสได้ แต่จะให้ได้กลิ่นหอมและมีรสอร่อยยิ่งขึ้น นิยมหมักเก็บไว้อีก 2-3 เดือน จะได้กะปีชั้นดี

เพื่อสะดวกต่อการจำหน่ายและการขนส่ง จึงนิยมบรรจุในภาชนะกระปุกพลาสติก ซึ่งในโรงงานขนาดเล็กทั่งไป ยังคงใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญในการบรรจุอัดกะปีด้วยมือและคนงานต้องกลิ่นเฉพาะของกะปีได้ ตลอดจนสภาวะแวดล้อมการบรรจุการบรรจุนั้นก็ยังไม่ถูกสุขลักษณะ เนื่องจากคนงานต้องใช้มือในการบรรจุอัดกะปี นอกจากนี้ด้วยคุณลักษณะของกะปีที่มีเนื้อสัมผัสที่ละเอียดและเหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แห้งหรือเปียกมากเกินไป

ปัจจุบันกะปีที่ผลิตได้นอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทุกปีเนื่องจากประเทศในแถบเอเชีย เช่น อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม ลาว พม่า เขมร นิยมบริโภคกันมากประกอบกับคนไทยที่อยู่ในต่างประเทศมีมากขึ้นความต้องการบริโภคกะปีจึงมีเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ [1]

สำหรับเครื่องจักรในการบรรจุในปัจจุบัน ซึ่งมีทั้งเครื่องบรรจุที่เป็นแบบผง เป็นของเหลวและเป็นของแข็ง ซึ่งยังคงเป็นเครื่องมือที่ยังไม่สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะเนื้อของกะปี ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการนี้ และเพื่อการผลิตที่รวดเร็ว และถูกสุขลักษณะ จึงเป็นที่มาของโครงงานวิจัยนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุกะปี
2. เพื่อศึกษาหาความเร็วกระบอกลมที่เหมาะสมต่อการบรรจุของเครื่องบรรจุกะปี
3. เพื่อศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุกะปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะปิ [2]

กะปิ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเคยหรือกุ้งกับเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ บดให้แหลก แล้วหมักต่ออีกระยะหนึ่งให้ได้กลิ่นรสตามธรรมชาติของกะปิ

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะเนื้อของกะปิ ต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน เหนียวและไม่แห้งจนเกินไป หรือเปียกจนเกินไป กลิ่น ต้องมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกะปิ ไม่มีกลิ่นคาวปลา กลิ่นฉุนของแอมโมเนีย กลิ่นสาป หรือกลิ่นอับ รส ต้องมีรสกลมกล่อม เค็มพอดีและไม่มีรสขม สีต้องมีสีตามธรรมชาติของกะปิ เช่น สีเทาอมชมพู สีม่วงเทา สีม่วงแดง สีน้ำตาลอมแดง สิ่งปลอมปน ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น มันสำปะหลังหรือแป้งต่างๆ สิ่งแปลกปลอม ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น กรวด ทราย ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลของแมลง หนูและนก วัตถุกันเสีย ห้ามใช้วัตถุกันเสีย เว้นแต่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ติดมากับวัตถุดิบ และที่เกิดขึ้นเองจากการหมักหรือย่อยสลายตามธรรมชาติ ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.1.2 คุณลักษณะทางเคมี ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางเคมี

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีวิเคราะห์ตาม
1	ไนโตรเจนทั้งหมดต่อกิโลกรัมของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	58	AOAC(1990) ข้อ940.25
2	ปริมาณเกลือ(NaCl)ร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	36	AOAC(1990) ข้อ937.09
3	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	0.5	AOAC(1990) ข้อ938.08
4	ความเป็นกรดและด่าง	6.5-7.8	ข้อ10.4
5	ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน* กรัมต่อกิโลกรัมไม่น้อยกว่า	50	ข้อ10.5
6	แอมโมเนียคัลไนโตรเจน * กรัมต่อกิโลกรัมไม่เกิน	7	ข้อ10.5.2
7	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	45	AOAC(1990) ข้อ 950.46(B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กรรมวิธีการผลิตกะปิ [3]

วัตถุดิบที่ ใช้ในการผลิตกะปิ ได้แก่ เคย (กุ้งฝอย ซึ่งเป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่ง มีขนาดเล็ก) และเกลือ โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

นำเอาส่วนผสมของเคยและเกลือ ซึ่งนำมาผสมกันจนทั่วดีแล้วในอัตราส่วนเคย 50 กิโลกรัม ต่อเกลือ 10 กิโลกรัม แล้วนำใส่ภาชนะเก็บไว้ ภาชนะควรเจาะรูให้มีรูระบายอากาศออกได้ตลอดเวลาของการหมัก ที่นิยมมักจะใช้เข่งที่สานด้วยไม้ไผ่ การหมักส่วนผสมไว้ก่อนจะช่วยให้ความเค็มของเกลือซึมผ่านเนื้อเคย ซึ่งจะช่วยไม่ให้เกิดการเน่าเหม็น ดังนั้น การกะอัตราส่วนผสมของเคยกับเกลือจึงมีความสำคัญมากต่อคุณภาพของกะปิที่จะผลิตได้ ถ้าหากใช้ส่วนผสมของเกลือน้อยเกินไปจะทำให้เคยเกิดการเน่าเหม็นและถ้าใช้ส่วนผสมที่มีเกลือมากเกินไปก็จะทำให้ได้กะปิที่มีรสเค็มเกินไป จะไม่เป็นที่นิยมรับประทาน อัตราส่วนผสมของผู้ผลิตแต่ละแห่งจะไม่ตายตัว แล้วแต่ความนิยมในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งสังเกตได้จากการที่กะปิมีหลายเกรด หลายระดับและคุณภาพแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

คุณภาพวัตถุดิบ คือ เคย เคยที่นำมาใช้ผลิตกะปิมีหลายพันธุ์ เช่น เคยตาดำ ตาแดง และความสะอาดของเคย วัตถุดิบที่ดีต้องมีเคยล้วนๆ ไม่มีส่วนผสมของปลาตัวเล็ก ปู หรือ หอยต่างๆเพราะถ้ามีส่วนผสมอื่นๆปนอยู่มากจะได้กะปิที่เกรดต่ำลงอีก

ปริมาณเกลือที่ใช้ คือ เกลือที่จะทำให้รส ชาดแตกต่างขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้

เวลาในการหมัก กะปิที่หมักไว้นานๆ จะมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน

ความละเอียดและสีของกะปิ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความนิยมของแต่ละท้องถิ่น โดยปกติจะไม่มีการใส่สี กะปิที่มีสีเข้มอาจเกิดจากการใส่สีเพื่อให้ดูชวนรับประทานมากขึ้นแต่อาจมีอันตรายถ้าเลือกใส่สีไม่ถูกต้อง

เคยที่หมักได้แล้ว ประมาณ 8-12 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นน้ำซึ่งเกิดจากการละลายของเกลือและน้ำจากตัวเคย จะซึมออกนอกภาชนะซึ่งน้ำเค็มนี้สามารถนำไปต้มเป็นน้ำปลาคุณภาพดี จากเคยที่มีความเค็มทั่วถึงกัน เราจะนำเคยที่หมักแล้วนี้ไปตากแดด โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 6-7 ชั่วโมง ระหว่างการตากจะต้องมีการเกลี่ยเพื่อกลับให้เคยได้รับความร้อนที่ทั่วถึงกันการตากแดดเป็นการลดปริมาณน้ำในตัวเคยลง เวลาในการตากอาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย

การนำเคยที่ตากแดดแล้วมาตำเป็นวิธีการทำให้ละเอียด เคยที่ตากแดดน้อยเกินไปเมื่อตำด้วยครกจะแฉะ จะทำให้ไม่ได้คุณภาพดี การตากแดดนานๆ จะทำให้ง่ายในการตำให้ละเอียดแต่ต้องใช้เวลาในการตากแดดนานมากจึงไม่นิยมทำเป็นกะปิแห้ง กะปิที่ตำเสร็จแล้วสามารถนำไปปรุงและนำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องปรุงได้แต่ถ้าหมักเก็บไว้อีกจะทำให้กะปิมีกลิ่นหอมยิ่งขึ้นโดยทั่วไปจะหมักไว้ 2-3 เดือนขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตกะปิ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 คุณค่าทางอาหารของกะปี [1]

กะปีเป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงแร่ธาตุที่สำคัญและมีมากคือแคลเซียมกับฟอสฟอรัสนอกจากนั้นมีเหล็กในปริมาณพอสมควรอีกด้วยดังแสดงในตารางที่2.1

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของกะปี

รายการ		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ความชื้น	ร้อยละ	34.0	62.6	44.6
โปรตีน	ร้อยละ	16.3	27.6	24.0
ไขมัน	ร้อยละ	1.33	4.06	2.75
เถ้า	ร้อยละ	17.0	40.3	26.1
กากหรือเกลือแร่	ร้อยละ	0.80	1.71	1.39
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	0.02	4.25	1.35
ค่าพลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี่/100 กรัม	80.1	152.5	124.9
เถ้าที่ไม่ละลายในกรด	ร้อยละ	0.004	0.50	0.24
ความเป็นกรด-ด่าง	ร้อยละ	6.3	7.7	6.97
โซเดียมคลอไรด์	ร้อยละ	13.6	36.5	21.5
แคลเซียม	มิลลิกรัม/100 กรัม	792.9	1591.4	1328.0
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/100 กรัม	311.5	774.5	614.3
เหล็ก	มิลลิกรัม/100 กรัม	6.03	111.8	26.0

2.1.5 แนวทางในการผลิตกะปีคุณภาพดีถูกสุขลักษณะ

กรมประมงได้สรุปหลักการผลิตกะปีที่ดีไว้ดังนี้

1. เคยหรือกุ้งที่ใช้ควร สด สะอาด และปราศจากสิ่งเจือปนอื่นๆ
2. ควรใช้เกลือเม็ดเคล้ากับเคยหรือกุ้งให้ทั่วกัน
3. ปริมาณเกลือที่ใช้ควรพอเพียงเพื่อป้องกันการเน่าเสีย
4. เคยที่เคล้ากับเกลือแล้ว ควรเกรอะหรือทับน้ำในภาชนะที่สามารถถ่ายเทได้
5. เคยที่เกรอะหรือบดแล้วควรนำออกตากแดดก่อนหมัก
6. การอัดกะปีเพื่อหมักควรอัดให้แน่น อย่าให้มีช่องว่างหรืออากาศอยู่ในกะปีเพราะจะทำให้กะปีกลิ่นไม่ดี
7. ควรหมักกะปีไว้ในดินเผา เช่นไห หรือตุ่ม และขัดปากไหด้วยใบมะพร้าวหรือไม้ไผ่และผ้าขาวบางคลุมอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันแมลงเข้าไป
8. กะปีที่ดีไม่ควรหมักนานเกิน 3 เดือน
9. ไม่ควรผสมสิ่งปลอมปนใดๆลงในกะปีเช่นมันสำปะหลังหรือแป้งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ไม่ควรผสมสีลงในกะปิ กะปิควรมีสีตามธรรมชาติของกะปิเอง
11. การบรรจุกะปิเพื่อจำหน่าย ควรอัดให้แน่นอย่าให้มีช่องว่างของอากาศเพราะจะทำให้ กะปิเสีย และควรราดพาราฟินทับข้างบนแล้วจึงปิดฝาอีกชั้นหนึ่ง

2.2 การบรรจุ [4]

การบรรจุเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ อาหารทุกชนิดเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะต้องมาผ่านขั้นตอนการบรรจุ ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างมากเช่นเดียวกับขั้นตอนอื่นๆ เนื่องจากอาหารที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน จำแนกได้เป็นลักษณะที่เป็นของแข็ง ของเหลว และกึ่งของแข็งขอเหลว ดังนั้นจึงต้องมีการบรรจุที่แตกต่างกัน

2.2.1 ประเภทการบรรจุอาหาร

1. การบรรจุอาหารผง (Auger Filler) ได้แก่ แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง พริกป่น เครื่องเทศที่ป่นแล้ว เช่น ผงกะหรี่ ผงออการิโน ผงปาปริก้า โจ๊กผง ข้าวสาร ถั่ว กาแฟผง หรือเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้ว น้ำตาล เกลือ ผงชูรส เป็นต้น เครื่องจักรสำหรับใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะตามภาพประกอบด้วยกรวยขนาดใหญ่ สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ภายในจะมีใบกวาดซึ่งจะหมุนช้าๆคอยกวาดผลิตภัณฑ์ไม่ให้อัดตัวแน่นกับพื้นผิวของกรวย ตอนปลายกรวยจะมีสกรูตวงปริมาตรซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดปรับความเร็วรอบได้ เพื่อจ่ายผลิตภัณฑ์ลงสู่ภาชนะบรรจุเช่น กระป๋อง ถุง ขวด เป็นต้น การบรรจุวิธีนี้คือการบรรจุแบบตวงปริมาตร (Volumetric Filler) นิยมใช้กับอุตสาหกรรมอาหารและยา [5]

2. การบรรจุของเหลว(Liquid Filling) ได้แก่น้ำปลา ซอส น้ำผลไม้ สุรา นมสด น้ำมันพืช เครื่องดื่มทุกชนิด

เครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์นี้มีหลายรูปแบบสามารถเลือกใช้ได้ตามปริมาณการผลิต ถ้าผลิตน้อยก็ใช้เครื่องบรรจุขนาดเล็ก ถ้าปริมาณการผลิตปานกลางก็ใช้เครื่องบรรจุแนวตรง(Inline Filling Machine) ถ้าปริมาณการบรรจุสูงกว่านี้ใช้เครื่องบรรจุแบบโรตารี่ (Rotary Filling Machine)

เครื่องบรรจุของเหลวขนาดเล็กสามารถบรรจุของเหลวได้หลายชนิด เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว น้ำผลไม้ น้ำมันพืช สุรา แชมพูสมุนไพร เป็นต้น เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัวและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อย่างไรก็ดี ได้พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางได้ใช้ระบบสายพานลำเลียงและอุปกรณ์อัตโนมัติ มาติดตั้งเพิ่มเติมทำให้เครื่องบรรจุชนิดนี้สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้นและต่อเนื่อง

ในบางกรณีผู้ประกอบการเกี่ยวกับอาหารอาจต้องการบรรจุของเหลวที่มีเนื้อของผลิตภัณฑ์เจือปนอยู่ เช่น เต้าเจี้ยว ฟรุตสลัด ถั่วดำ เต้าส่วน เป็นต้น ซึ่งจะต้องคงรูปของผลิตภัณฑ์ไว้ไม่ให้เสียรูปทรง ในกรณีนี้ที่เราเลือกใช้จะต้องเป็นปั๊มสแตนเลสความเร็วต่ำ ชนิดของโรเตอร์ 2 กลีบ เพื่อให้มีช่องว่างภายในระหว่างโรเตอร์ 2 ตัว ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกโรเตอร์บดอัด รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์จะคงเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มสแตนเลสความเร็วต่ำ 2โรเตอร์ ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ได้หลายชนิดอาทิเช่น เนย ซอสปรุงรส ครีม เป็นต้น [4]

3. การบรรจุผลิตภัณฑ์แห้ง(Dry Volumetric Filling) ได้แก่อาหารแห้งทุกชนิด เช่น มันฝรั่งทอด บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ช็อคโกแลต คุกกี้ ขนมปังกรอบ ลูกกวาด เป็นต้น

เครื่องบรรจุภัณฑ์ชนิดขึ้นรูป บรรจุ ผนึก เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว เราอาจสังเกตห่อบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวไว้ข้างต้น มีลักษณะเป็นถุงผนึกไว้ 3 ด้าน คือผนึกตะเข็บตามความยาวของถุง ผนึกหัวถุงและผนึกท้ายถุง นอกจากผนึกกันอากาศแล้วผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจจะต้องใช้ก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่บรรจุเข้าไปในถุง บรรจุเข้าไปไล่อากาศแล้วจึงผนึกก็มี ทั้งนี้เพื่อคงคุณภาพของอาหารเอาไว้[4]

2.3 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล

2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง [6]

โครงสร้างคือสิ่งที่จัดสร้างขึ้นโดยรวมหน่วยต่างๆเข้าด้วยกันทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายๆ อย่าง ซึ่งต้องการมาตรการความมั่นคงบางประการ รูปร่างโครงสร้างแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากมีแรงหรือน้ำหนักบรรทุก เป็นตัวการจัดระเบียบหรือบังคับ ให้เกิดเป็นรูปเป็นร่างต่างๆกันไป เมื่อแรงที่ถ่ายทอดต่อเนื่องถูกตามกฎเกณฑ์แล้ว โครงสร้างนั้นจะตั้งอยู่ได้มั่นคงและก่อให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจเมื่อมองดู ฉะนั้น เมื่อต้องใช้วัสดุต่างๆกันก็ต้องใช้ให้เหมาะสมกับความสามารถของการรับแรงนั้นด้วยอย่างดี

แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็นโครงสร้าง แรงต้านภายใน (Resistance Forces) ที่ได้กล่าวนี้อาจแบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

1. แรงดึง (Tension or Pull or Suction) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุนั้นยืดออกยาวออกหรือขาดจากกัน
2. แรงอัด (Compression or Push or Pressure) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุสั้นเข้า บีบเข้าหรือแตก
3. แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัส (Tangential)กับพื้นผิวที่ต้องรับแรงนี้วัสดุไม่จำเป็นต้องติดกันเป็นเนื้อเดียวกันทางกายภาพ เพื่อต้านแรงเฉือนนี้ก็ได้ แต่ก็มีแรงอัดกดไว้ให้พื้นผิวดังกล่าวชนกันแน่นอยู่ เมื่อมีแรงขนาดเพียงพอต้านแรงเฉือนดังกล่าวมิให้วัสดุเคลื่อนจากกันก็ได้
4. แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้วผิวบนจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัดและผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วยหรือบางกรณีเกิดตรงกันข้าม แรงดัดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงดัดที่มีขนาดเท่ากันขึ้นภายในเนื้อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แรงบิด(Torsion or Torque or Twisting) ความพยายามที่จะบิดวัสดุให้ขาดออกจากกัน

ในแรงทั้ง 5 แรงนี้ แรงใน 2 ประการหลัง คือแรงดัดสามารถแยกเป็นแรงดึงและแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ละชิ้นส่วนเล็กๆ ในเนื้อวัสดุโครงสร้างจะมีแรงพิจารณาอยู่แรงเพียงแรงดึง และแรงเฉือนเท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้น และผลเนื่องจากการกระทำของแรง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุ โครงสร้างและรูปร่างได้ โดยการหาขนาดแรง และความเข้มข้นของแรงนี้เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่

2.3.2 การคำนวณหาความเค้นดึง ความเค้นกดและความเค้นเฉือน [7]

ความเค้นคือ แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดรับแรง ความเค้นมีอยู่ 3 ชนิดคือ ความเค้นดึง ความเค้นกด และความเค้นเฉือน

ความเค้นดึงและความเค้นกดคือ

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad \text{และ} \quad \sigma_C = \frac{F}{A} \tag{1}$$

ในกรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ตัวหมุดย้ำอาจจะขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัดของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำคือ

$$\tau = \frac{F}{A} \tag{2}$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีมากกว่าหนึ่งแห่ง ซึ่งมีสองแห่ง พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ 2A ในกรณีเช่นนี้เรียกว่า หมุดย้ำรับแรงเฉือนคู่(double shear) เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จะเท่ากับ

$$\tau = \frac{F}{2A} \tag{3}$$

2.3.3 ระบบนิวเมติก[8]

ในงานอุตสาหกรรมได้มีการนำลมอัดมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นการประหยัดแรงงาน โครงสร้างของอุปกรณ์บังคับลมเป็นแบบง่ายๆมีความปลอดภัยในการทำงานสูง เพราะมีอุณหภูมิในการทำงานต่ำ เครื่องจักรที่ใช้พลังงานลมอัดจะมีราคาถูกกว่าระบบอื่นๆ มีการบำรุงรักษาและควบคุมง่าย นอกจากนั้นระบบลมอัดยังง่ายต่อการดัดแปลง เช่น สามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในการบังคับจากระยะห่างได้จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้

สาเหตุที่สำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวเมติกมาใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระบบนิวเมติกที่ใช้งานทั่วไปไม่มีการระเบิดหรือลุกไหม้เป็นเปลวไฟ จึงประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการป้องกันความปลอดภัย
2. ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ระบบนิวเมติกให้ความเร็วในการทำงานสูง 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที แต่ถ้าหากเราต้องการความเร็วสูงมากกว่านี้ จะต้องใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษซึ่งมีความเร็วถึง 10 เมตรต่อวินาที
3. ระบบนิวเมติกใช้งานแล้วระบายทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศเลยโดยไม่ต้องเดินท่อทางนำกลับมาใช้อีก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
4. ระบบนิวเมติกสามารถนำลมที่อัดตัวแล้วไว้ในถังแล้วนำไปใช้งานได้เลย
5. อุปกรณ์งานนิวเมติกยังคงมีความปลอดภัยถ้าใช้งานเกินกำลัง
6. ระบบนิวเมติกสามารถปรับความเร็วในการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วและสามารถทำให้รอบในการทำงานสูงถึง 800 รอบต่อนาที
7. สามารถปรับความดันลมอัดให้มีค่าน้อยมากได้ตามต้องการ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน
8. ความสะอาดของระบบนิวเมติกดีมาก เพราะมีชุดปรับคุณภาพลมก่อนนำไปใช้งาน
9. ระยะชักของก้านสูบสามารถปรับแต่งระยะชักให้สั้นหรือยาวได้ตามต้องการ
10. สามารถทำงานได้ดีที่ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิสูง

การทำงานของระบบนิวเมติกประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้[6]

1. เครื่องอัดลม (air compressor)
2. เครื่องกรองท่อเมน (main air filter)
3. เครื่องทำลมแห้ง (air drying)
4. กรองลม (air filter)
5. วาล์วลดความดัน (pressure reducing value)
6. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น(oil lubricator)
7. อุปกรณ์เก็บเสียง (air silencer)
8. วาล์วควบคุมแบบ 5/3
9. วาล์วบังคับความเร็ว (speed control value)
10. กระบอกลม (air cylinder)

กระบอกลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

ตัวทำกระบอกลมมักทำด้วยท่อชนิดที่ไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ เพื่อลดการสึกหล่อของซีลที่จะเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกลมอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบ อาจทำด้วยสแตนเลส หรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีขึ้นรูป การทำงานของกระบอกลมเป็นกระบอกลมแบบมีลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้กระบอกลมดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลดความร็ว หรือ ลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลม โดยการใช้วาล์วเข็ม(Needle Value) กับวาล์วกันกลับ(check value)ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลม โดยที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความยากลำบาก และเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดการกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15-40 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกลม ที่ตัวกระบอกลมจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงชิ่งกันกระแทกลมที่อยู่ด้านหน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกันกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้ระยะจะสุดระยะชัก คือ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลม ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเคย การทำให้เกิดแรงกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบลมนั่นเอง

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกลมแบบต่างๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. กระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว
2. กระบอกลมแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรม
3. กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง
4. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง
5. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบสองตอน
6. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบมีเบรกก้านสูบสองตอน
7. กระบอกลมชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง
8. กระบอกลมแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่
9. กระบอกลมชนิดพิเศษที่ใช้กับลักษณะเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 การเลือกขนาดกระบอกสูบ [8]

การเลือกขนาดกระบอกสูบลมให้มีขนาดพอเหมาะกับงานในระบบนิวเมติกมีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น

1. ความดันของลมที่ใช้ในระบบ
2. น้ำหนักของงานที่กระบอกสูบจะต้องไปกระทำ
3. ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่จะรับภาระ
4. ความเร็วของสูบลูกที่ต้องการใช้
5. ลักษณะงานที่จะนำกระบอกสูบไปใช้งาน

เมื่อนำกระบอกสูบลมไปใช้งาน ควรรู้เรื่องเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อค่าใดค่าหนึ่งเปลี่ยนจะมีผลทำให้ค่าอื่นๆ เปลี่ยนไปอย่างไร ซึ่งแสดงไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ

ข้อมูลที่เปลี่ยน	ความเร็ว	แรงที่รับได้
เพิ่มความดันใช้งาน	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น
ลดความดันใช้งาน	ไม่มีผล	ลดลง
เพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบ	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ลดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบ	เพิ่มขึ้น	ลดลง

การเลือกขนาดกระบอกสูบให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน หรือขนาดของแรงที่ได้จากลูกสูบสามารถหาได้จากการคำนวณจากสมการหรือจากการเปิดตาราง

2.3.3.2 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกลม

แรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อไปดันให้ก้านลูกสูบไปกระทำกับโหลดที่เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบ และแรงเสียดทานของซีลที่กระทำต่อกระบอกลมซึ่งสามารถหาได้จากสมการตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10 (A \times P) \qquad (4)$$

เมื่อ F_{th} คือ แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี(N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ(cm^2)

P คือ ความดันใช้งาน (bar)

แรงที่หาได้จากการคำนวณในสมการที่ 1 นั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงานแรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานค่าประมาณ 3 % ถึง 10 % ของแรงที่คำนวณได้ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎี (ในกรณีที่ค่าความดันลมอัดที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4 บาร์ ถึง 8 บาร์) นั่นคือแรงในทางปฏิบัติจะมีค่า

$$F_n = 10 (A \times P) - F_R \quad (5)$$

เมื่อ F_n คือ แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)

F_R คือ แรงที่เกิดจากการเสียดทาน (N)

เนื่องจากลักษณะของกระบอกลมในการใช้งานที่มีอยู่หลายแบบด้วยกันดังได้กล่าวไว้ตอนต้น แต่ในการคำนวณนี้จะขอกล่าวเฉพาะกระบอกลมแบบพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป คือ กระบอกลมแบบทำงานทางเดียว และกระบอกลมแบบทำงานสองทาง

สำหรับกระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว

$$F_n = 10 (A \times P) - (F_R + F_{Sp}) \quad (6)$$

$$F_n = 10 (\frac{\pi}{4} D^2 \times P) - (F_R + F_{Sp}) \quad (7)$$

กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง

ในขณะที่ ลูกสูบวิ่งออก

$$F_{n1} = 10 (A \times P) - F_R \quad (8)$$

$$F_{n1} = 10 (\frac{\pi}{4} D^2 \times P) - F_R \quad (9)$$

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งเข้า

$$F_{n2} = 10 A' \times P) - F_R \quad (10)$$

$$A' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$F_{n2} = 10 [\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times P] - F_R \quad (11)$$

2.3.3.3 คำนวณหาขนาดความยาวกระบอกลม

- ความยาวระยะชักของกระบอกลมแนวตั้ง

$$L_1 = X_1 + H_T + H_B \quad (12)$$

- ความยาวระยะชักของกระบอกลมแนวนอน

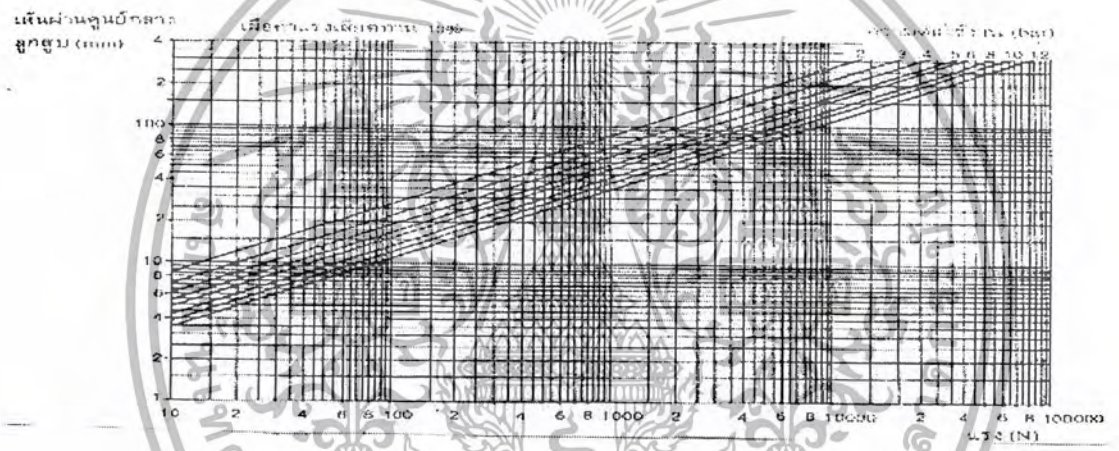
$$L_2 = \text{ระยะจากแป้นดันถึงด้านนอกของโครงสร้างเครื่อง} \quad (13)$$

ค่าความต้านทานจากความเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้งานความเร็วของลูกสูบ คุณภาพการหล่อลื่น คุณภาพของผิวกายในกระบอกสูบ ชนิดของซีลที่ใช้ทำกระบอกสูบ รวมทั้งก้านสูบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

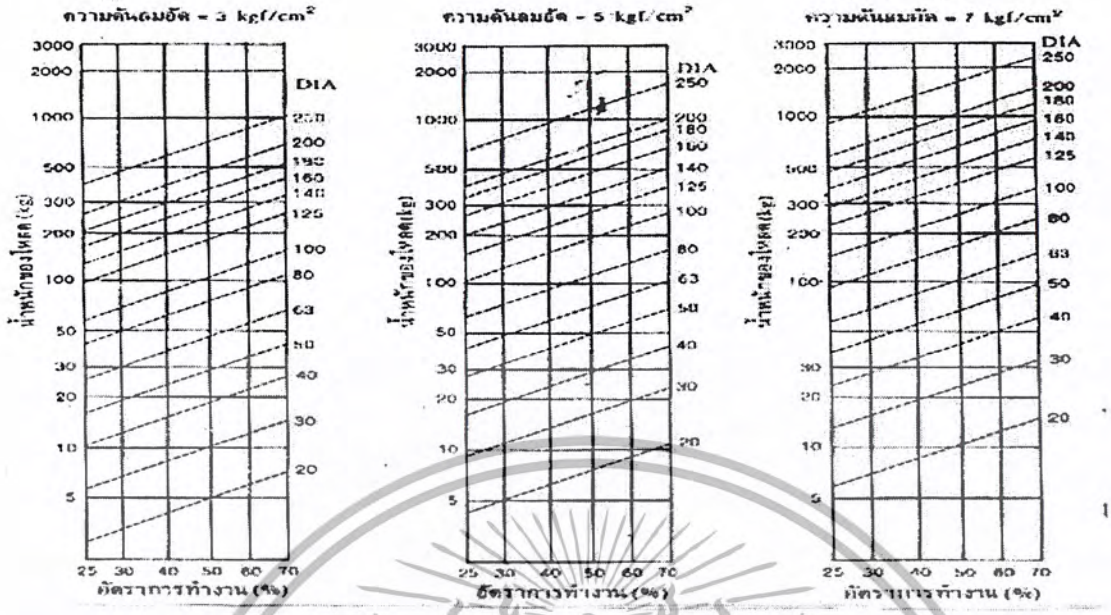
นอกจากการคำนวณแล้ว ยังสร้างตารางสำหรับการเปิดหาค่าแรงดันสุทธิสำหรับกระบอกสูบลมเอาไว้ตามตารางที่ 2.4 ค่าแรงดันสุทธิที่ได้เป็นค่าที่คิดจากแรงเสียดทานที่ 10 % ของแรงดันทางทฤษฎี

ถ้าไม่ต้องการใช้ตารางที่ 2.4 ในการเปิดหาค่าแรงดันสุทธิอาจใช้หาจากรูปที่ 2.5 หาค่าแรงดันสุทธิก็ได้ โดยสามารถอ่านออกมาเป็นค่าแรงสุทธิได้เลย แต่การใช้ควรจะต้องทราบเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบมาตรฐานที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไปเสียก่อน โดยดูจากตารางที่ 2.5 ซึ่งเป็นมาตรฐาน JIS ละตารางที่ 2.6 ซึ่งเป็นมาตรฐาน DIN



รูปที่ 2.2 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การหาค่าขนาดกระบอกสูบตามอัตราการทำงาน

นอกจากนี้ยังมีวิธีการคิดหาขนาดของกระบอกสูบลมตามอัตราการทำงานของกระบอกสูบนั้นๆ เช่น อัตราการทำงาน (load rate) , 50%, 65 %, 80 % และ 100 % ของความสามารถของกระบอกสูบที่คำนวณออกมาได้ สามารถหาได้จากรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ(mm)	แรงดันของกระบอกสูบลม (bar)														
	1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	.2.8	3.0
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42	46	50	55	60	63
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86	95	104	113	122	129
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176	194	212	230	248	264
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346	381	416	451	486	519
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706	777	848	919	990	1
140	138	277	416	555	693	832	971	111	124	138	152	166	180	194	105
200	283	566	850	113	141	170	198	0	8	6	5	4	3	2	9
250	433	866	130	3	216	0	3	226	255	283	311	340	368	396	207
			0	173	6	260	303	6	0	2	6	0	3	6	9
				3		0	3	346	380	433	520	520	563	606	424
								6	0	2	0	0	3	6	8
															649
															8

ตารางที่ 2.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบมาตรฐาน JIS (mm)

6	10	15	20
25	30	32	40
50	63	75	80
100	125	140	150
160	180	200	230
250	300	350	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบตามมาตรฐาน DIN (mm)

6	8	10	12
16	20	25	32
40	40	63	70
80	100	124	160
200	250	320	-

2.3.3.4 การหาความยาวช่วงชัก

ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่ใช้ได้เหมาะสมไม่ควรเกิน 2000 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมากเกินไป ไม่เป็นการประหยัด แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีความยาวของก้านสูบที่ยาวกว่านี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ต้องการและโหลดที่กระทำกับก้านสูบ ซึ่งก็มีตารางใช้หาค่าระยะที่เกิน 2000 มิลลิเมตร แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระยะชักที่ไม่เกิน 2000 มิลลิเมตร ในการสร้างกระบอกสูบลมทั่วไปส่วนใหญ่จะสร้างจากระยะชักสูงสุดของก้านสูบ ซึ่งเป็นช่วงชักที่นิยม นอกจากจะมีผลกับการโก่งงอเกิดขึ้นกับก้านสูบแล้ว ยังทำให้สิ้นเปลืองลมมากเกินไป ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการสร้างกระบอกสูบลมแบบลูกสูบเคลื่อนที่และให้ก้านสูบอยู่กับที่ (rod less) ซึ่งกระบอกสูบนี้มีระยะชักได้ยาวมากกว่ากระบอกสูบแบบธรรมดาและประหยัดปริมาณลมได้หลายเท่า

ตารางที่ 2.7 ความยาวช่วงชักสูงสุดที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรม

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (mm)	เกลียวปลายก้านสูบ (mm)	ระยะชักสูงสุด(mm)
40	16	M14*1.5	500
50	20	M18*1.5	600
63	20	M18*1.5	600
80	25	M22*1.5	750
100	30	M26*1.5	750
125	35	M30*1.5	800
140	35	M30*1.5	800
160	40	M36*1.5	800
180	41	M40*1.5	900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จรัญ และธนะรุตน์ (2533) [9] ได้ทำการสร้างเครื่องบรรจุเอนกประสงค์ขึ้นมาใช้งานจริงๆโดยการดัดแปลงและปรับปรุงบางส่วนจากของเดิมที่เคยใช้งายมาแล้ว เช่น การปรับปรุงการถอดประกอบเพื่อล้างทำความสะอาดได้สะดวกและง่ายยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนชุดของโครงสร้างเป็นส่วนที่สำคัญมากเนื่องจากจะต้องมีความละเอียดในการที่จะเซ็ตให้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการบรรจุและอุปกรณ์ลมให้เป็นแนวเส้นตรงและได้ระดับ ชุดปรับระยะชักหรือปรับปริมาตรการบรรจุจะเป็นชุดยึดติดกับหน้าแปลนของกระบอกลม อุปกรณ์นิวเมติกจะต้องติดตั้งให้ได้แนวซึ่งยึดติดกับปลายก้านสูบ ซึ่งจะได้มุมหมุน +5 องศา จะสามารถทำให้ติดตั้งได้ง่ายขึ้น ซึ่งได้กำหนดปริมาณการบรรจุไว้ที่ 100-400 กรัมน้ำ กรวยบรรจุ 25 ลิตร ความเร็วบรรจุ 3-18 ขวดต่อวินาที ความเที่ยงตรง + 0.5 % ความดันลม 4.6 บาร์ มอเตอร์ปั๊ม ¼ แรงม้า ขนาดของเครื่อง 456 mm x 800 mm x 925 mm น้ำหนักเครื่อง 68 กิโลกรัม ความหนืดของผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 35 Centistroke

ชะโอด และคณะ (2533) [10] ได้ทำการผลิตเครื่องบรรจุปลากระป๋องได้จัดสร้างเป็นเครื่องโรตารีใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเกลือ เช่น พวกแสตนเลส และพลาสติก ในการบรรจุใช้การไหลของเนื้อปลาลงมาเอง การขนถ่ายกระป๋องเปล่าจะไหลลงมาที่เครื่องบรรจุบนโซ่สแตนเลสให้ถูกทิศทาง ทำการกดปลาให้แห้งให้มีช่องว่างลึกประมาณ 10-15 มิลลิเมตรจากกระป๋อง ดูทิศทางการเคลื่อนที่ออกของกระป๋องจากเครื่องจะต้องต่อไปยังเครื่องชั่งน้ำหนักต่อไป อัตราการผลิตประมาณ 120 กระป๋องต่อนาที เครื่องบรรจุปลากระป๋องนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนสำคัญคือ ส่วนในการบรรจุและส่วนในการอัดปลา การทำงานในส่วนของการบรรจุคือ เนื้อปลาที่ร่วงลงสู่กระป๋องจาก Hopper ที่มีปลาใส่อยู่ในกระป๋องจะถูกลำเลียงด้วยโซ่ลำเลียงสองเส้น โดยปลาที่ร่วงไม่ลงในกระป๋องจะมีบางส่วนตกหล่นลงถาดรองด้านล่าง โดยมีอยู่สองถาดรองคอยสลับกันเพื่อผู้ควบคุมเครื่องจะได้นำปลาเทกลับลง Hopper สลับกันไป เมื่อบรรจุแล้วก็จะวิ่งจากโซ่เข้าสู่ระบบโรตารีโดยจะมีจานพากระป๋องหมุนไปเข้าสู่ตำแหน่งกด ซึ่งเป็นลักษณะคานลาดเอียงแล้วตัวกดเป็นระบบสปริงกดต่ำลงตามความเอียงให้ได้ 10 มิลลิเมตร เมื่อกดปลาแล้วจานพาจะนำกระป๋องที่อัดปลาแล้วออกสู่ตำแหน่งสายพานมารองรับเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักและเติมเยลลี่เป็นขั้นตอนต่อไป

สินสมุทร และสมเจต (2534) [11] ได้ทำการสร้างเครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยา โดยดัดแปลงเป็นบางส่วนจากของเดิมที่มีอยู่แล้ว แต่เครื่องที่ทำขึ้นนี้ยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่า เครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศแต่ในเรื่องของราคาจะถูกกว่า เพราะเพิ่งจะริเริ่มทำให้เป็นเครื่องต้นแบบเครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติเครื่องนี้ สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้โดยเริ่มตั้งแต่การลำเลียงขวดเปล่าโดยใช้จานหมุน เข้าไปยังจานขับขวด จากนั้นจานขับขวดก็จะขับขวดออกเพื่อที่จะไปทำการผนึกฝาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58559

เครื่องกึ่งอัตโนมัติถูกออกแบบให้เคลื่อนย้ายได้ง่ายเพราะตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด และมีขนาดตั้งแต่ 100-400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ความเร็ว 1 ขวดต่อนาทีโดยสามารถใช้ต้นกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า ระบบการบรรจุและควบคุมปริมาณการบรรจุใช้ชุดกระบอกสูบลมเป็นตัวควบคุมปริมาตร

บัณฑิต (2535) [12] ได้ทำการวิจัยมุ่งที่จะหาวิธีการบรรจุผลส้มกลมด้วยเครื่องจักรและได้ออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบบรรจุภัณฑ์ ในห้องปฏิบัติการ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนลำเลียงมี 3 ตัว ได้แก่ ตัวลำเลียงในแนวราบ เป็นสายพานทำด้วยผ้าใบยางขนาดกว้าง 3 นิ้ว แต่ละตัวลำเลียงกว้าง 50 เซนติเมตร ยาง 122 เซนติเมตร ตัวลำเลียงในแนวดิ่ง กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 64 เซนติเมตร ส่วนป้อนทำด้วยเหล็กแผ่นลาดเอียง บุด้วยฟองน้ำ เป็นส่วนนำผลส้มเข้าสู่ส่วนบรรจุส้มปรากฏว่าเครื่องสามารถบรรจุส้มเขียวหวานลงในตะกร้าได้ชั่วโมงละ 853.3 กิโลกรัมก่อให้เกิดความเสียหาย 2.4 %

มนตรี และคณะ (2536) [13] ได้ทำการศึกษาระบบการทำงาน ออกแบบและขั้นตอนการสร้างเครื่องบรรจุจาระบีหลอดได้รวบรวมเอกสารและจากแคตาล็อกต่างๆเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาหลักการในการออกแบบและประกอบสร้างเป็นชุดเครื่องบรรจุจาระบีหลอด ซึ่งมีองค์ประกอบหลักได้แก่ โครงชุดเรียงหลอด ชุดหัวฉีด ชุดปิดก้นหลอด ชุดแปะฉลาก ซึ่งจากเครื่องบรรจุจาระบีหลอดนี้ จากการทดลองบรรจุโดยตั้งปริมาตรจาระบีในหลอดที่ 75 มิลลิลิตร พบว่าเกิดการ error ไปประมาณ 5 มิลลิลิตร อัตราการบรรจุ 160-300 หลอดต่อชั่วโมง และอัตราการสูญเสียสูงถึง 50 %

ขจรศักดิ์ และคณะ (2536) [3] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตกะปิซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้คือ เตาอุโมงค์ และสกรูลำเลียง ระบบสายพานลำเลียง และขดลวดความร้อนซึ่งประกอบอยู่ในเตาสำหรับอบเคยให้แห้งที่อุณหภูมิ 310 องศาฟาเรนไฮต์ใช้เวลาประมาณ 10-12 นาที ความชื้นหลังการอบประมาณ 50-60 % ปริมาณการผลิตต่อวัน 1000 กิโลกรัม จึงทำให้เป็นการประหยัดเวลาเป็นอย่างมาก และสามารถผลิตได้ทุกฤดูกาลจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาสู่การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

เกียรติศักดิ์ และคณะ (2537) [14] สร้างเครื่องบรรจุของเหลวชนิดน้ำแบบสองหัว โดยใช้ระบบบรรจุที่อาศัยปริมาตรในการบรรจุแบบใช้คอนเวนชั่นนอล (Conventional) การควบคุมปริมาตรจะอาศัยการปรับระยะชักของลูกสูบส่วนที่ทำหน้าที่ ต้นกำลังและส่วนควบคุมได้เลือกใช้ระบบนิวเมติกในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องได้นำทฤษฎีการทดสอบสมมุติฐานแบบ Z (Z test) ทางสถิติมาพบว่าสามารถบรรจุของเหลวได้ความถูกต้องประมาณ 90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จารุพรรณ และดิเรก (2542) [8] ได้ทำการออกแบบเครื่องบรรจุของเหลวสุญญากาศกึ่งอัตโนมัติโดยสร้างให้มีความสามารถในการบรรจุของเหลว 6 ขวดต่อนาที เครื่องดังกล่าวมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของชุดบรรจุและส่วนของระบบนิวเมติก ส่วนของชุดบรรจุประกอบด้วยถังบรรจุหัวบรรจุ และระบบสุญญากาศโดยตัว บรรจุมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งมีขนาดความจุ 12.5 ลิตร หัวบรรจุประกบติดที่ปลายถังบรรจุภายในหัวบรรจุมีหลอดสุญญากาศ ระบบสุญญากาศทำหน้าที่ดูดอากาศในขวดออกทางหลอดนี้ ระบบนิวเมติก ทำหน้าที่ในการยกขวดบรรจุให้ประกบกับหัวบรรจุ โดยมีลิมิตสวิตส์ทำหน้าที่ให้ขวดบรรจุกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ เมื่อเสร็จสิ้นการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้างเครื่องบรรจุ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุกะปีจะต้องอาศัยข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้น เพื่อมาใช้ประกอบในการออกแบบ โดยเครื่องบรรจุกะปีที่ออกแบบมีส่วนประกอบดังนี้

1. โครงสร้าง
2. ชุดบรรจุกะปี
3. กระบอกนิวเมติกในแนวตั้ง
4. วงจรนิวเมติก

3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องบรรจุกะปี

สร้างเครื่องบรรจุกะปีที่สามารถทำงานเพื่อบรรจุกะปีลงในภาชนะบรรจุได้โดยมี

- ขนาดเครื่อง กว้าง x ยาว x สูง (50 x 60 x 150 เซนติเมตร)
- ความจุกะปี 2.5 กิโลกรัม
- กระบอกนิวเมติกขนาด 80 มิลลิเมตรและมีความยาวช่วงชัก 250 มิลลิเมตร
- สามารถบรรจุกะปีให้มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 120 $\pm$ 5 กรัม

ในการทำโครงสร้างเครื่องได้เลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว

3.2 ชุดบรรจุกะปี

เนื่องจากชุดบรรจุกะปีเป็นส่วนที่จะต้องสัมผัสกับกะปีโดยตรงซึ่งมีความชื้นและมีความเค็ม ดังนั้นวัสดุที่ใช้ควรเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม แต่สำหรับเครื่องบรรจุกะปีเครื่องนี้ใช้เพื่อทดสอบหาข้อมูล จึงเลือกใช้เพียงเหล็กกล้าธรรมดา ซึ่งมีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อนได้ และรับแรงอัดได้มาก ชุดบรรจุกะปีประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของถังบรรจุ และแผ่นดันกะปี

3.2.1 ขนาดของถังบรรจุกะปี

- เส้นผ่านศูนย์กลางถังบรรจุ	18.80	เซนติเมตร
- ความสูงถังบรรจุ	15.00	เซนติเมตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางปากทางบรรจุ	5.50	เซนติเมตร

3.2.2 แผ่นดันกะปีมีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 18.70 เซนติเมตร

3.2.3 ขนาดของกระปุกพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ

- เส้นผ่านศูนย์กลาง	5.50	เซนติเมตร
- ความสูงของกระปุก	4.50	เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาดความจุ 125 กรัม

3.3 กระบอกนิวเมติกในแนวตั้ง

3.3.1 เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลมในแนวตั้ง

สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบในแนวตั้งได้ทำการเลือกใช้ที่ 80 มิลลิเมตรเพราะเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลมในแนวตั้งที่นิยมใช้กันและยังให้ค่าแรงดันสุทธิ 21 บาร์เมื่อเครื่องบรรจุกะปิใช้งานที่ 5 บาร์

3.3.2 ความยาวช่วงชักของก้านสูบ

ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่ใช้ได้เหมาะสมไม่ควรเกิน 2000 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมากเกินไป ไม่เป็นการประหยัดแต่สำหรับการใช้งานของเครื่องบรรจุกะปิเลือกใช้ที่ความยาวช่วงชักของก้านสูบเป็น 250 มิลลิเมตร

3.4 วงจรนิวเมติก

เราสามารถออกแบบวงจรนิวเมติกได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 การออกแบบวงจรนิวเมติก

EQUIPMENT		POSITION	STEP
CODE	NAME		1 2 3=1
1.0	D.A.cyl.	In Out	
1.1	5/3 D.C.V.N.O.	1 0	

รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของวงจรนิวเมติก

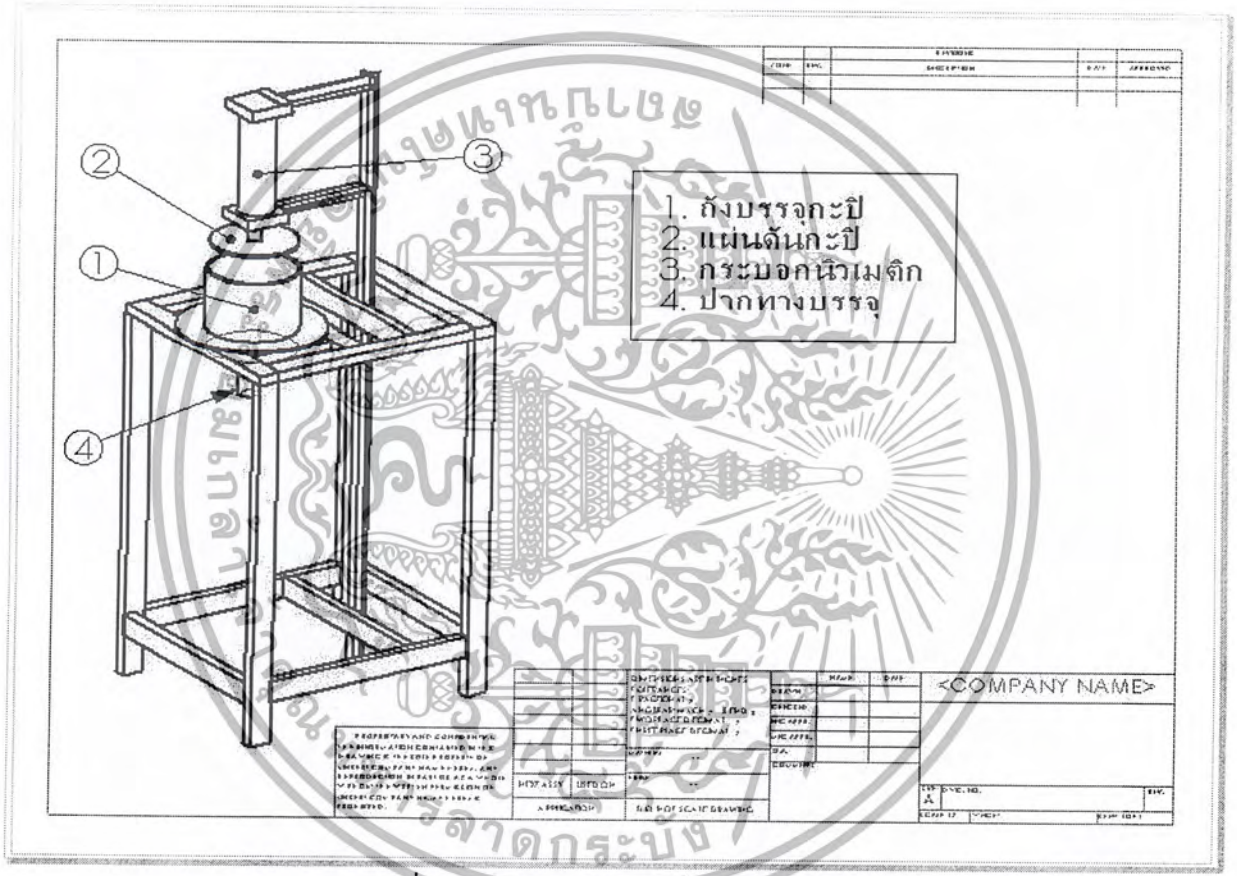
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนิวเมติกของเครื่องบรรจุกะปิประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

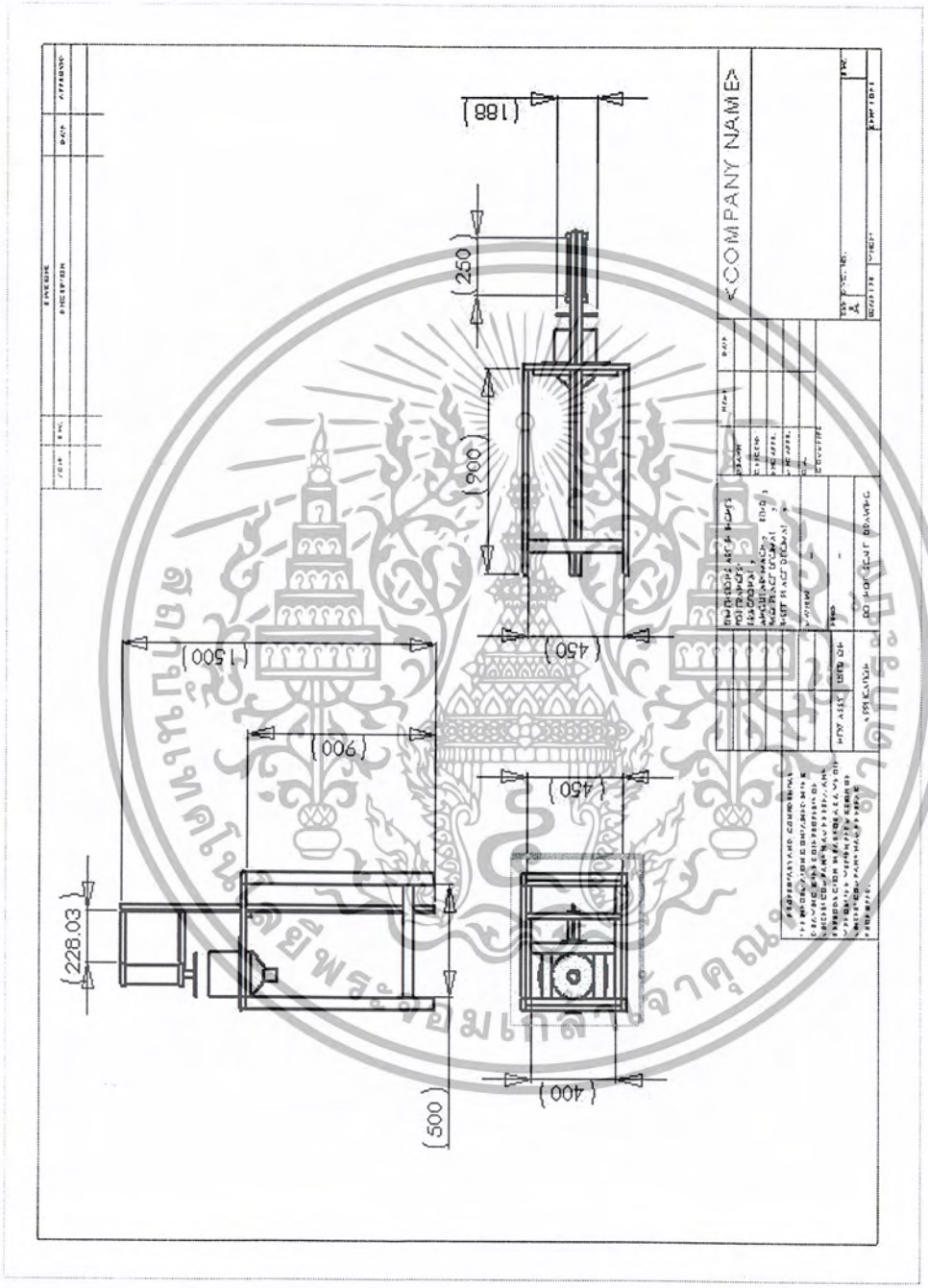
1. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ความยาวระยะชัก 250 มิลลิเมตร จำนวน 1 กระบอก
2. เครื่องอัดลมชนิดลูกสูบ(Air compressor) จำนวน 1 เครื่อง (ปั๊มลม)
3. วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve)อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator)
4. วาล์วควบคุมแบบ 5/3 จำนวน 1 ตัว
5. วาล์วบังคับความเร็ว(speed control valve) จำนวน 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แบบเครื่องบรรจุกะปี

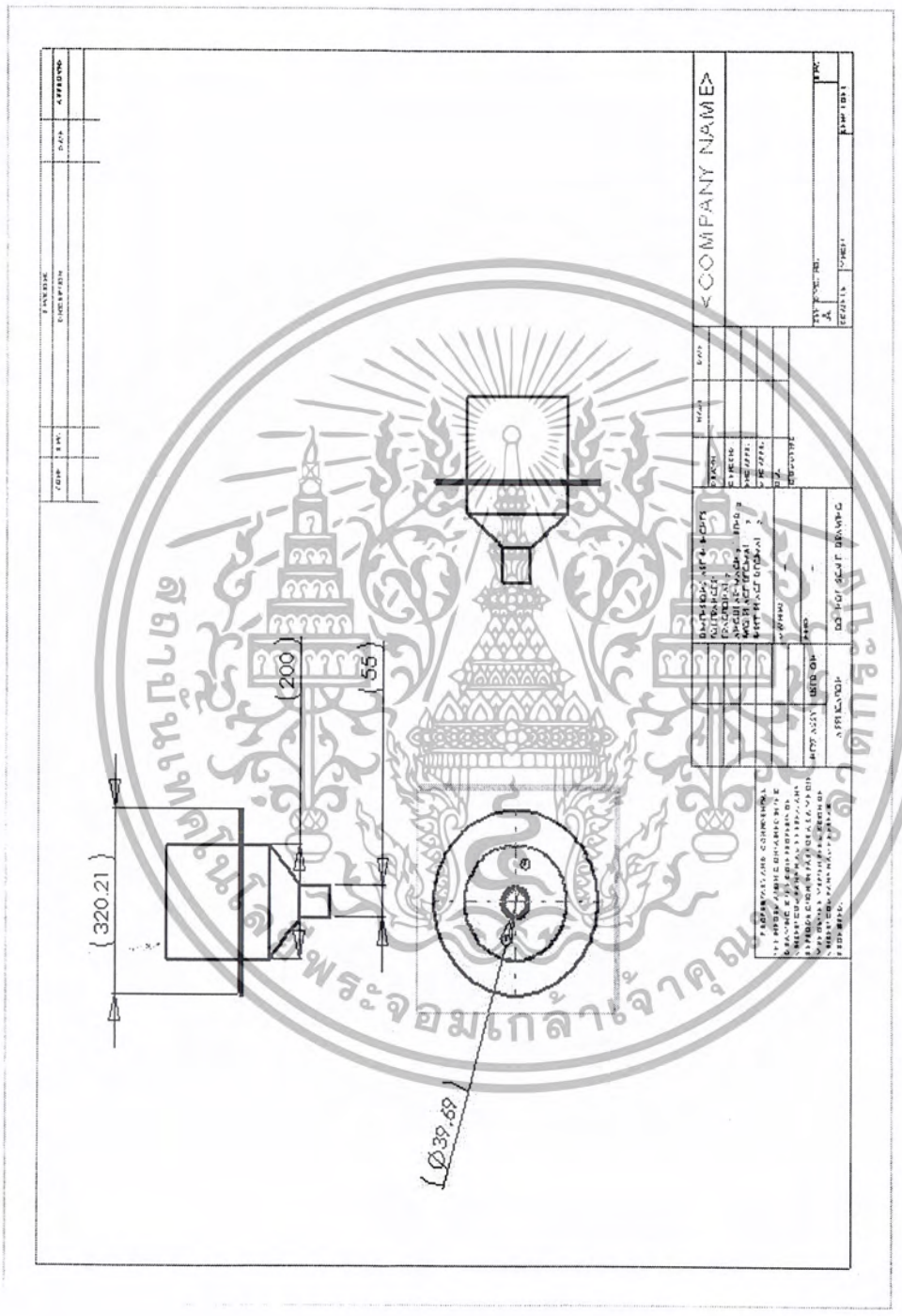


รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติของเครื่องบรรจุกะปี



รูปที่ 3.4 ภาพฉายสามด้านของเครื่องบรรจุกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพฉายสามด้านของถังบรรจุกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการทดลอง

เครื่องบรรจุกะปีที่สร้างขึ้นนี้เนื่องจากเป็นเครื่องที่ใช้กลไกเป็นระบบนิวเมติกดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องคือความเร็วของกระบอกลมและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ระดับความเร็วกระบอกลมแต่ละระดับ ซึ่งสามารถทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุกะปีดังต่อไปนี้

4.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของกะปี

4.1.1 การหาความชื้นของกะปี โดยวิธี AOAC 1990 ข้อ 950.46(B)

4.1.2 การหาความหนาแน่นของกะปีจากสูตร $\rho = \frac{m}{v}$

โดยจะทำการหาความหนาแน่นของกะปีก่อนบรรจุและความหนาแน่นของกะปีหลังจากผ่านการบรรจุแล้วเพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

4.2 การหาความเร็วกระบอกลมที่เหมาะสมในการบรรจุ

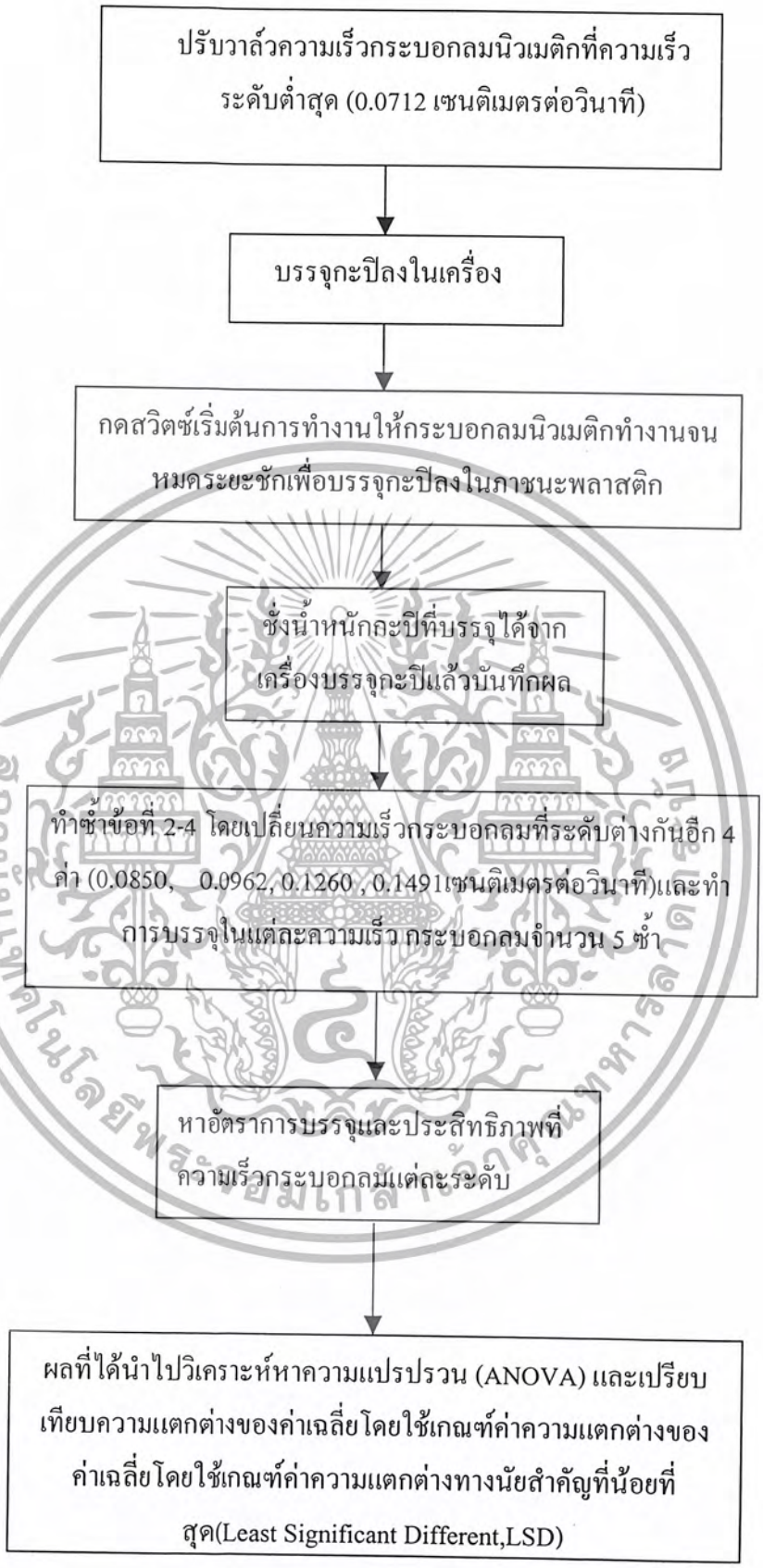
อุปกรณ์

1. เครื่องบรรจุกะปี
2. ปั๊มลม
3. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
4. นาฬิกาจับเวลา
5. กระปุกพลาสติก
6. กะปี

วิธีการทดลอง

1. ปรับวาล์วความเร็วกระบอกลมนิวเมติกที่ความเร็วระดับต่ำสุด (0.0712 เซนติเมตรต่อวินาที)
2. บรรจุกะปีลงในเครื่องบรรจุ
3. กดสวิตซ์เริ่มต้นการทำงานให้กระบอกลมนิวเมติกทำงานจนหมดระยะชักเพื่อบรรจุกะปีลงในภาชนะพลาสติก
4. ชั่งน้ำหนักกะปีที่บรรจุได้จากเครื่องบรรจุกะปีแล้วบันทึกผล
5. ทำซ้ำข้อที่ 2-4 โดยเปลี่ยนความเร็วกระบอกลมที่ระดับต่างกันอีก 4 ค่า (0.0850, 0.0962, 0.1260 , 0.1491 เซนติเมตรต่อวินาที)และทำการบรรจุในแต่ละความเร็ว กระบอกลมจำนวน 5 ซ้ำ
6. หาอัตราการบรรจุและประสิทธิภาพที่ความเร็วกระบอกลมแต่ละระดับ
7. วิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างทางนัยสำคัญที่น้อยที่สุด(Least Significant Difference, LSD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลองเครื่องบรรจุกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของกะปี

จากการทดลองหาค่าความชื้นพบว่า กะปีที่ใช้ในการทดลองมีค่าความชื้น 42.94% ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของกะปีที่กำหนดไว้คือ 45% ตามมาตรฐาน มอก.1080-2535[2]

และพบว่าค่าความหนาแน่นก่อนบรรจุและหลังบรรจุไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่ากะปีที่ผ่านแรงอัดไม่มีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของกะปี

ค่าความชื้นและความหนาแน่นของกะปีที่ใช้ในการทดลองแสดงในตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 ความชื้นและความหนาแน่นของกะปีที่ใช้ในการทดลอง

ความชื้น	42.94%
ความหนาแน่นก่อนบรรจุ	1.32 กรัม / ลบ.ซม.
ความหนาแน่นหลังบรรจุ	1.32 กรัม / ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดสอบเครื่องบรรจุกะปิ

จากการทดลองปรับความเร็วกระบอกลมและทำการบรรจุที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่างๆจะได้เวลาในการบรรจุแต่ละกระปุก ดังแสดงในตาราง 5.2

ตารางที่ 5.2 เวลาที่ใช้ในการบรรจุ 1 กะปุกและอัตราการบรรจุที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ

ความเร็วกระบอกลม (ซม./วินาที)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	อัตราการบรรจุ (กระปุก/นาที)
0.0712	1	10.50	5.71
	2	10.38	5.78
	3	10.13	5.92
	4	11.00	5.45
	5	10.00	6.00
เฉลี่ย		10.40	5.77
0.0850	1	7.13	8.41
	2	6.88	8.72
	3	6.88	8.72
	4	6.63	9.05
	5	6.75	8.89
เฉลี่ย		6.85	8.76
0.0962	1	6.63	9.05
	2	6.50	9.23
	3	6.38	9.40
	4	6.63	9.05
	5	6.50	9.23
เฉลี่ย		6.53	9.20
0.1260	1	5.13	11.69
	2	5.00	12.00
	3	5.00	12.00
	4	5.00	12.00
	5	5.38	11.15
เฉลี่ย		5.10	11.77
0.1491	1	4.38	13.70
	2	4.13	14.53
	3	4.25	14.12
	4	4.38	13.70
	5	4.38	13.70
เฉลี่ย		4.30	13.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่ประสิทธิภาพการบรรจุพบว่า เมื่อความเร็วกระบอกลมเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็เพิ่มขึ้นด้วยแต่เมื่อความเร็วกระบอกลมที่ค่า 0.1491 ซม./วินาที จะทำให้ประสิทธิภาพในการบรรจุลดลง เนื่องจากความสามารถของผู้บรรจุ ซึ่งไม่สามารถบรรจุได้ทันตามความเร็วของเครื่อง ผลที่ได้แสดงดังตาราง5.3

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของการบรรจุที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ

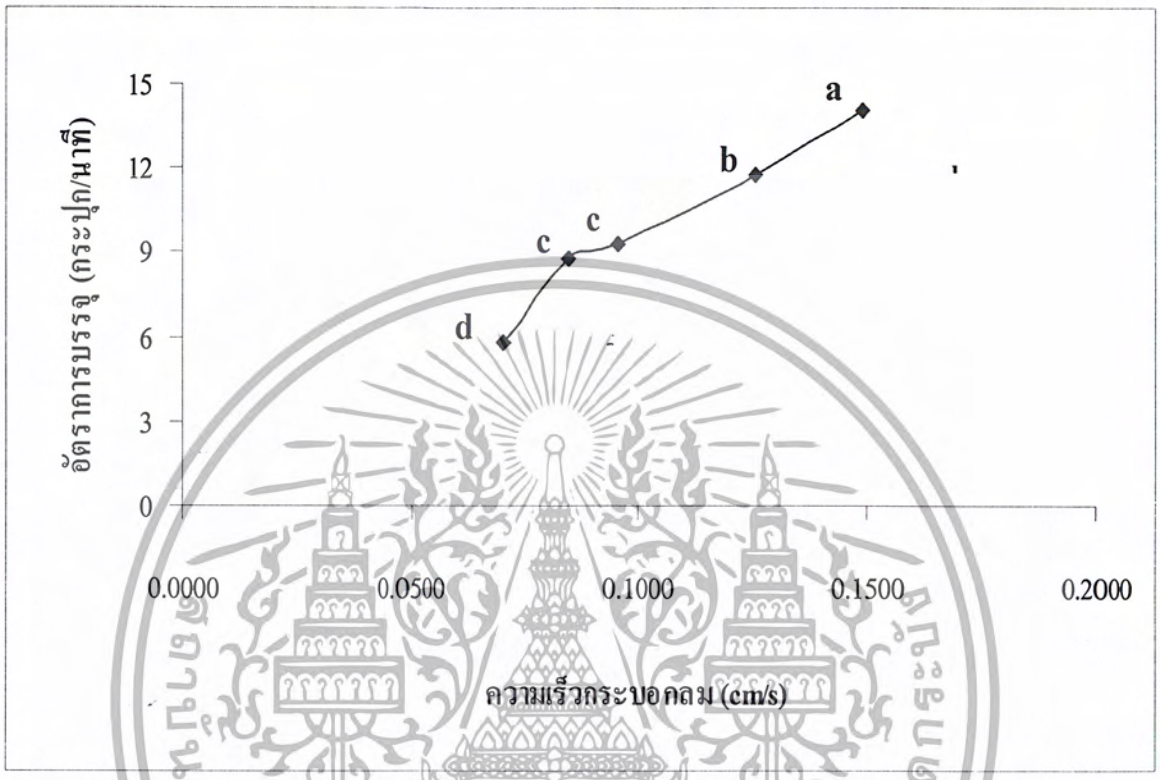
ความเร็ว กระบอกลม (ซม./วินาที))	จำนวนกระปุกที่มีน้ำหนักผ่านเกณฑ์/ครั้งที่					ประสิทธิภาพเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	1	2	3	4	5	
0.0712	0	1	1	2	2	15.20
0.0850	2	2	3	2	3	30.20
0.0962	3	3	3	4	4	42.80
0.1260	6	6	7	5	7	77.80
0.1491	2	2	3	3	3	32.80

เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ความเร็วกระบอกลมแต่ละระดับจะให้ค่าอัตราการบรรจุที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ และที่ความเร็วกระบอกลม 0.1260 ซม./วินาที จะให้ค่าประสิทธิภาพการบรรจุที่แตกต่างกันกับความเร็วกระบอกลมค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ แสดงดังตาราง 5.4 , รูปที่ 5.1 และ รูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.4 อัตราการบรรจุเฉลี่ยและประสิทธิภาพการบรรจุเฉลี่ยของเครื่องบรรจุกะปิที่ความเร็วกระบอกลมค่า ๆ ที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติแล้ว

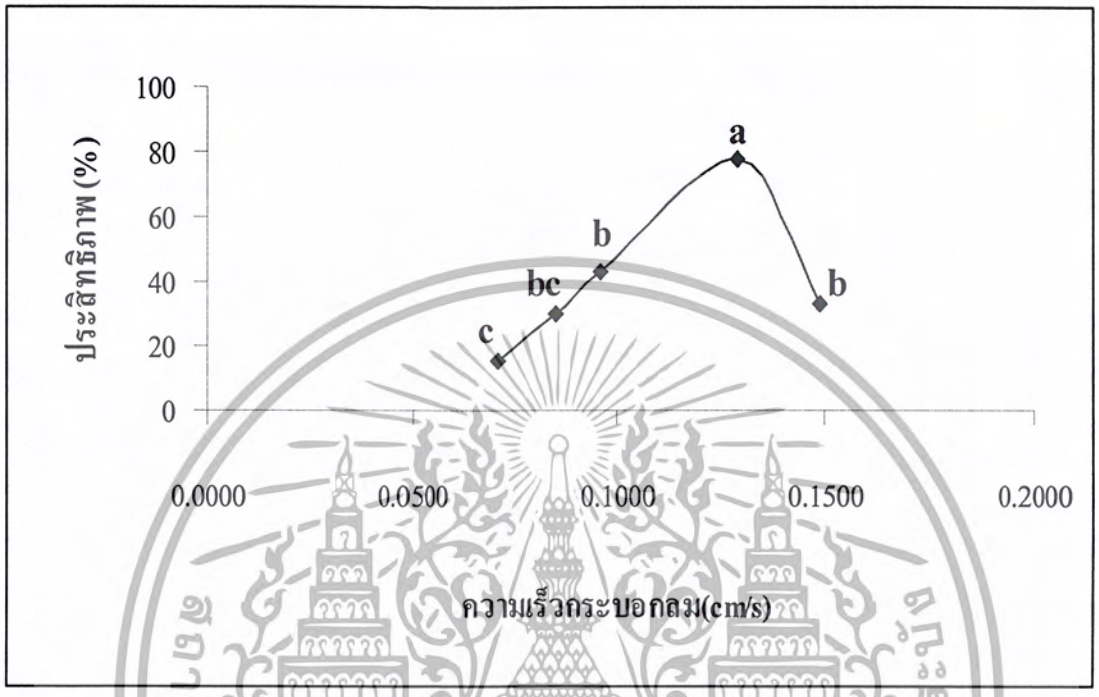
ความเร็วกระบอกลม (ซม./วินาที)	อัตราการบรรจุเฉลี่ย (กระปุกต่อนาที)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.0712	5.77 d	15.20c
0.0850	8.76c	30.20bc
0.0962	9.20c	42.80b
0.1260	11.77b	78.80a
0.1491	13.95a	32.80b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับอัตราการบรรจุเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

จากการศึกษาและออกแบบเครื่องบรรจุกะปีสามารถสร้างเครื่องบรรจุกะปีที่บรรจุกะปีลงในกระปุกพลาสติกให้มีน้ำหนักตามเกณฑ์ ที่กำหนดไว้ คือ 120 $\pm$ 5 กรัม โดยกะปีที่ใช้ในการทดลองมีความหนาแน่น 1.32 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้น 42.94 % และได้ความเร็วกระบอกลมที่เหมาะสม คือ 0.1260 ซม./วินาที โดยเครื่องบรรจุมีประสิทธิภาพของการบรรจุ 77.80 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการบรรจุ 11.77 กระปุกต่อนาที

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. อุปกรณ์ที่เป็นชิ้นส่วนของเครื่องควรเป็นชิ้นส่วนที่ปลอดภัยสำหรับอาหาร ในการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายจึงเลือกใช้เหล็กเป็นโครงสร้างเครื่องซึ่งไม่ปลอดภัยต่ออาหาร ดังนั้นในการสร้างเครื่องสำหรับบรรจุอาหารจึงควรเลือกใช้เหล็กปลอดสนิม (Stainless steel) แทน

2. การพัฒนาให้เป็นเครื่องบรรจุแบบอัตโนมัติโดยอาจเพิ่มกระบอกนิวเมติกในแนวนอน สกรูลำเลียง หรือ สายพานลำเลียง ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สิริพร สธนเสาวภาคย์ , แนวทางการพัฒนาคุณภาพกะปีเพื่อการส่งออก, วารสารอาหาร ปีที่ 22, ฉบับที่ 4 เดือนตุลาคม-ธันวาคม, หน้า 1-7, 2535.
2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1080-2535) "กะปี" กระทรวงสาธารณสุข, 10 หน้า, 2535.
3. ขจรศักดิ์ อุตถิน และ คณะ "การออกแบบเครื่องผลิตกะปี" ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาสาขาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.
4. Taka Shitadoya, Food Packaging, Academic Press Inc., 424p, 1990.
5. ปุ่น คงเกียรติเจริญ และสมพร คงเกียรติเจริญ "บรรจุภัณฑ์อาหาร", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 358 หน้า, 2541.
6. ชารวี โชติศิริ และคณะ, การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ, ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี, ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. , หน้า 19, 2544.
7. ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล 1, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 386 หน้า, 2537.
8. จารุพรรณ เลิศชัยกิตติไพศาล และดิเรก กลางบุรัมย์, การออกแบบและการศึกษาเครื่องบรรจุของเหลวสุญญากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ, ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี, ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. , หน้า 10, 2542.
9. จรัญ ทองทวี และ ธนะรุตน์ แต้วัฒนา ,การออกแบบเครื่องบรรจุเอนกประสงค์, ปริญญานิพนธ์ภาควิชาเทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2533.
10. ชะโอด ดวงจันทร์ และคณะ, การอกกแบบเครื่องบรรจุปลากระป๋อง, ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาสาขาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2533.
11. สินสมุทร สมุดวงศ์ และสมเจต กล้วยไม้,การออกแบบเครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ,ปริญญานิพนธ์ภาควิชาเทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,253
12. บัณฑิต จริโมภาส และคณะ ,การออกแบบเครื่องบรรจุส้มเขียวหวานด้วยเครื่องจักรกล, วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ปีที่ 16 , ฉบับที่ 9 2535.
13. มนตรี ทองเรื่องรัตน์ และคณะ, การออกแบบเครื่องบรรจุจาระบีหลอด, ปริญญานิพนธ์ภาควิชาเทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.
14. นายเกียรติศักดิ์ เอี่ยมจิรกุล และ คณะ ,การออกแบบเครื่องบรรจุของเหลวชนิดน้ำแบบสองหัว, ปริญญา นิพนธ์ ภาควิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ,2537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองหาเวลาและน้ำหนักในการบรรจุกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ความหนาแน่นของกะปีก่อนและหลังการบรรจุ

กระปุกที่	น้ำหนักน้ำ(กรัม)	ปริมาตรน้ำ(ซม.^{3})	น้ำหนักกะปี (กรัม) ก่อนบรรจุ	ความหนาแน่นกะปี (กรัม/ซม.^{3})	น้ำหนักกะปี (กรัม) หลังบรรจุ	ความหนาแน่นกะปี (กรัม/ซม.^{3})
1	98.61	98.90	130.59	1.32	133.04	1.35
2	99.13	99.42	130.84	1.32	129.37	1.30
3	98.23	98.52	130.84	1.33	129.59	1.32
4	98.45	98.74	129.63	1.31	130.06	1.32
เฉลี่ย				1.32		1.32

ตารางที่ ก2 ความชื้นของกะปี

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนชั่ง (กรัม)	น้ำหนักหลังชั่ง (กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	5.0229	2.8695	42.87
2	4.8934	2.8076	42.62
3	5.0024	2.8343	43.34
เฉลี่ย			42.94

ตารางที่ ก3. ความเร็วกระบอกลมที่ความเร็วลมระดับต่าง ๆ

ความเร็วลม ระดับ	จับเวลา (วินาที)				ความเร็วกระบอกลม (ซม./วินาที)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	345	355	354	351.33	0.0712
2	297	293	292	294.00	0.0850
3	264	257	259	260.00	0.0962
4	201	196	198	198.33	0.1261
5	178	164	161	167.67	0.1491

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก4. เวลาที่ใช้ในการบรรจุกะปิ 1 กระปุกที่ความเร็วกระบอกลมต่าง ๆ

ความเร็วกระบอกลม (ซม./วินาที)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
0.0712	1	10	12	10	10	10	11	10	11
	2	10	11	10	10	10	11	11	10
	3	10	10	10	10	10	11	10	10
	4	10	11	10	10	10	11	10	11
	5	10	10	11	10	10	11	10	10
0.0850	1	6	7	8	7	7	7	7	8
	2	7	7	7	7	7	7	6	7
	3	7	7	6	7	7	7	7	7
	4	7	7	6	7	7	6	6	7
	5	7	7	6	7	7	6	7	7
0.0962	1	6	6	7	6	7	7	7	7
	2	6	6	6	7	7	6	7	7
	3	6	6	6	7	6	7	7	6
	4	6	7	6	7	6	7	7	7
	5	6	7	6	7	6	7	7	6
0.1260	1	5	5	5	5	5	5	5	6
	2	5	5	5	5	5	5	5	5
	3	5	5	5	5	5	5	5	5
	4	5	6	5	6	5	5	5	6
	5	5	5	5	6	5	5	5	5
0.1491	1	4	4	5	4	4	5	5	4
	2	4	4	4	4	5	4	4	4
	3	5	4	4	4	4	5	4	4
	4	5	4	4	4	4	5	4	5
	5	5	4	4	4	4	5	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5. น้ำหนักกะปิที่ความเร็วกระบอกลมค่าต่าง ๆ

ความเร็วกระบอกลม (ซม./วินาที)	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
0.0712	1	125.95	127.48	127.81	128.09	126.65	128.45	130.82	127.67
	2	127.43	125.71	127.40	128.41	129.84	129.11	127.90	124.67
	3	126.82	123.56	126.97	128.01	127.69	129.03	129.81	126.85
	4	127.73	124.91	127.40	128.41	128.62	129.11	127.90	124.67
	5	126.82	123.56	126.97	128.01	127.69	124.48	129.81	126.85
0.0850	1	129.13	124.32	113.71	112.03	112.64	108.89	113.68	119.65
	2	114.17	119.77	113.64	118.21	126.23	110.52	114.58	128.61
	3	114.91	120.30	116.52	120.16	125.06	125.58	126.42	127.86
	4	115.36	126.37	125.41	123.47	126.23	126.30	125.84	126.65
	5	114.91	120.30	116.52	124.39	125.06	125.48	126.61	126.32
0.0962	1	126.57	124.42	121.60	124.22	126.71	127.68	126.25	129.05
	2	128.22	126.49	126.41	124.11	124.81	125.61	123.64	128.04
	3	127.11	123.01	126.16	125.18	122.85	126.36	122.78	126.65
	4	128.22	119.63	126.41	124.11	124.81	124.38	126.56	125.86
	5	127.11	123.01	124.89	125.18	122.85	126.36	122.78	125.25
0.1260	1	124.63	122.40	122.97	113.72	126.45	122.02	116.97	122.90
	2	121.14	123.11	125.66	124.47	120.03	122.34	124.67	126.60
	3	122.00	123.63	121.26	125.87	121.06	123.37	123.87	121.32
	4	121.14	123.11	125.45	124.47	125.08	122.34	124.67	126.14
	5	122.00	123.63	123.25	125.87	121.06	124.46	123.87	121.32
0.1491	1	125.09	124.38	123.85	127.59	125.29	126.66	127.55	127.59
	2	126.32	124.36	121.91	126.72	125.68	126.30	125.99	126.69
	3	125.62	124.95	122.57	124.86	125.06	125.55	126.88	126.84
	4	126.54	124.36	121.91	125.51	124.59	126.30	125.99	127.89
	5	123.48	125.21	122.57	125.89	124.03	125.55	126.88	126.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเร็วกระบอกลมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบรรจุและอัตราการบรรจุ จึงแยกการวิเคราะห์ทางสถิติออกเป็นการวิเคราะห์ระหว่างความเร็วรอบกระบอกลมกับประสิทธิภาพ และ การวิเคราะห์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับอัตราการบรรจุ โดย

1. วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (One-way Analysis of Variance: ANOVA)
2. เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยโดยการทดสอบแบบคู่ ใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างทางนัยสำคัญที่น้อยที่สุด (Least significant difference, LSD)

การวิเคราะห์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับประสิทธิภาพเฉลี่ย

จากตารางที่ 5.4 สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของประสิทธิภาพเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวโดยมีความเร็วกระบอกลมเป็นตัวแปรต้นและประสิทธิภาพเป็นตัวแปรตาม

ใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณ ได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

กำหนดให้ ค่า $\alpha = 0.05$

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
0.071158	5	76	15.2	108.2
0.085034	5	151	30.2	50.7
0.096154	5	214	42.8	43.2
0.126053	5	389	77.8	110.7
0.149102	5	164	32.8	50.7

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	10996.56	4	2749.14	37.81486	4.64E-09	2.866081
Within Groups	1454	20	72.7			
Total	12450.56	24				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าสถิติ F ที่โปรแกรมคำนวณมาได้มีค่ามากกว่า ค่า F crit สามารถสรุปได้ว่ามีความเร็วกระบอกลมอย่างน้อย 2 ค่า ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ไม่สามารถบอกได้ว่า ความเร็วกระบอกลมคู่ใดที่มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยแตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบแบบคู่

โดยกระทำดังนี้

	0.0712 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.1260 (ซม./วินาที)	0.1491 (ซม./วินาที)
ประสิทธิภาพรวมของแต่ละความเร็วกระบอกลม	76	151	214	389	164
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	15.20	30.20	42.80	77.80	32.80

เรียงลำดับค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตามลำดับจากมากไปน้อย

	0.1260 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.1491 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0712 (ซม./วินาที)
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	77.80	42.80	32.80	30.20	15.20

หาค่า standard error, SE ของค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย โดยถอดรากที่สองของค่า MS ความคลาดเคลื่อนที่หารด้วยจำนวนการทดลอง

$$SE = \sqrt{\frac{72.70}{5}} = 3.81$$

หาค่าแตกต่างน้อยที่สุดที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Least significant difference, LSD) โดยใช้ตารางที่ ง1 ในกรณีนี้ 5 ทรีทเมนท์ df ของความคลาดเคลื่อนเป็น 20 ดังนั้นจึงได้ค่าจากตารางเป็น 4.24 ค่า LSD ได้จากผลคูณของค่าที่อ่านได้จากตารางกับค่า SE

$$LSD = 3.81 \times 4.24 = 16.15$$

ความเร็วกระบอกลม 2 ความเร็วกระบอกลมใด ๆ ที่ต่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 16.15 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

คำนวณความแตกต่างระหว่างความเร็วกระบอกลม โดยเปรียบเทียบความเร็วกระบอกลมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดกับความเร็วกระบอกลมอื่น โดยเริ่มจากความเร็วกระบอกลมที่มีค่าประสิทธิภาพน้อยที่สุด จนกว่าไม่พบความแตกต่าง

-0. 1260 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 77.80 – 15.20 = 62.60 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 77.80 - 30.20 = 47.60 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.1491 ซม./วินาที = 77.80 – 32.80 = 45.00 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.0962 ซม./วินาที = 77.80 – 42.80 = 35.00 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

สรุปว่าความเร็วกระบอกลม 0.1260 ซม./วินาที มีประสิทธิภาพมากกว่า ความเร็วกระบอกลม 0.0712, 0.0850, 0.1491 และ 0.0962 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปว่า ความเร็วกระบอกลมที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 คือความเร็วกระบอกลมที่ 0.0962 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลมใด

- 0.0962 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 42.80 – 15.20 = 27.60 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.0962 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 42.80 – 30.20 = 12.60 < 16.15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.0962 ซม./วินาที กับ 0.1491 ซม./วินาที = 42.80 – 32.80 = 12.00 < 16.15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วกระบอกลม 0.0962 ซม./วินาที มีประสิทธิภาพมากกว่า ความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปอีกว่า ความเร็วกระบอกลมที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเป็นอันดับ 3 คือความเร็วกระบอกลมที่ 0.1491 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลมใด

- 0.1491 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 32.80 – 15.20 = 17.60 > 16.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1491 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 32.80 – 30.20 = 2.60 < 16.15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วกระบอกลม 0.1491 ซม./วินาที มีประสิทธิภาพมากกว่า ความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

สุดท้ายทดสอบไปอีกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0850 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที หรือไม่

- 0.0850 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 30.20 – 15.20 = 15 < 16.15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแสดงผลการทดสอบโดยการใช้ตัวอักษรท้ายตัวเลขเฉลี่ย เพื่อแสดงความแตกต่าง

	0.1260 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.1491 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0712 (ซม./วินาที)
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	77.80a	42.80b	32.80b	30.20bc	15.20c

ค่าเฉลี่ย 2 ค่าใด ๆ ที่ไม่ได้ตามด้วยอักษรเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบนี้สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วกระบอกลม 0.1260 ซม./วินาที มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

การวิเคราะห์ระหว่างความเร็วกระบอกลมกับอัตราการบรรจุ

จากตาราง 5.4 สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของอัตราการบรรจุโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว โดยมีความเร็วกระบอกลมเป็นตัวแปรต้นและอัตราการบรรจุเป็นตัวแปรตาม

ใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณ ได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

กำหนดให้ค่า $\alpha = 0.05$

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
0.071158	40	232.9591	5.823977	0.078928
0.085034	40	352.13	8.80325	0.42238
0.096154	40	369.9771	9.249429	0.522774
0.126053	40	470	11.75	0.448718
0.149102	40	564	14.1	1.938462

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1571.692	4	392.9229	575.9203	9.1E-107	2.417963
Within Groups	133.0392	195	0.682252			
Total	1704.731	199				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าสถิติ F ที่โปรแกรมคำนวณได้มีค่ามากกว่า ค่า F crit สามารถสรุปได้ว่า มีความเร็วกระบอกลมอย่างน้อย 2 ค่า ที่มีอัตราการบรรจุแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ไม่สามารถบอกได้ว่า ความเร็วกระบอกลมคู่ใดที่มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบแบบคู่

โดยกระทำดังนี้

	0.0712 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.1260 (ซม./วินาที)	0.1491 (ซม./วินาที)
ประสิทธิภาพรวมของแต่ละความเร็วกระบอกลม	232.96	352.13	369.98	470.00	564.00
อัตราการบรรจุเฉลี่ย	5.77	8.76	9.20	11.77	13.95

เรียงลำดับค่าอัตราการบรรจุเฉลี่ยจากมากไปน้อย

	0.1491 (ซม./วินาที)	0.1260 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0712 (ซม./วินาที)
อัตราการบรรจุเฉลี่ย	13.95	11.77	9.20	8.76	5.77

หาค่า standard error, SE ของค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย โดยถอดรากที่สองของค่า MS ความคลาดเคลื่อนที่หารด้วยจำนวนการทดลอง

$$SE = \sqrt{\frac{0.68}{400}} = 0.13$$

หาค่าแตกต่างน้อยที่สุดที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Least significant difference, LSD) โดยใช้ตารางที่ ง1 ในกรณีนี้ 5 ทรีทเมนท์ df ของความคลาดเคลื่อนเป็น 195 ดังนั้นจึงได้ค่าจากตารางเป็น 3.86 ค่า LSD ได้จากผลคูณค่าที่อ่านได้จากตารางกับค่า SE

$$LSD = 0.13 \times 3.86 = 0.50$$

ความเร็วกระบอกลม 2 ความเร็วกระบอกลมใด ๆ ที่ต่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 0.50 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

คำนวณความแตกต่างระหว่างความเร็วกระบอกลม โดยเปรียบเทียบความเร็วกระบอกลมที่อัตราการบรรจุสูงสุดกับความเร็วกระบอกลมอื่น โดยเริ่มจากความเร็วกระบอกลมที่มีค่าอัตราการบรรจุน้อยที่สุด จนกว่าไม่พบความแตกต่าง

- 0.1491 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 13.95 – 5.77 = 8.18 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.1491 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 13.95 – 8.76 = 5.19 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1491 ซม./วินาที กับ 0.0962 ซม./วินาที = 13.95 – 9.20 = 4.75 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

-0.1491 ซม./วินาที กับ 0.1260 ซม./วินาที = 13.95 – 11.77 = 2.18 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

สรุปว่าความเร็วกระบอกลม 0.1491 ซม./วินาที มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยมากกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0712, 0.0850, 0.0962 และ 0.1260 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปว่าความเร็วกระบอกลมที่มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 คือความเร็วกระบอกลมที่ 0.1260 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลมใด

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 11.77 – 5.77 = 6.00 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 11.77 – 8.76 = 3.01 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.1260 ซม./วินาที กับ 0.0962 ซม./วินาที = 11.77 – 9.20 = 2.57 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วกระบอกลม 0.1260 ซม./วินาที มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยมากกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0712, 0.0850 และ 0.0962 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปว่าความเร็วกระบอกลมที่มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยเป็นอันดับ3 คือความเร็วกระบอกลมที่ 0.0962 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลมใด

- 0.0962 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 9.20 – 5.77 = 3.43 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

- 0.0962 ซม./วินาที กับ 0.0850 ซม./วินาที = 9.20 – 8.76 = 0.44 < 0.50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วกระบอกลม 0.0962 ซม./วินาที มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยมากกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

สุดท้ายทดสอบต่อไปอีกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0850 ซม./วินาที แตกต่างจากความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที หรือไม่

- 0.0850 ซม./วินาที กับ 0.0712 ซม./วินาที = 8.76 – 5.77 = 2.99 > 0.50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วกระบอกลม 0.0850ซม./วินาที มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยมากกว่าความเร็วกระบอกลม 0.0712 ซม./วินาที อย่างมีนัยสำคัญ

สามารถแสดงผลการทดสอบโดยการใช้ตัวอักษรท้ายตัวเลขเฉลี่ย เพื่อแสดงความแตกต่าง

	0.1491 (ซม./วินาที)	0.1260 (ซม./วินาที)	0.0962 (ซม./วินาที)	0.0850 (ซม./วินาที)	0.0712 (ซม./วินาที)
อัตราการบรรจุเฉลี่ย	13.95a	11.77b	9.20c	8.76c	5.77d

ค่าเฉลี่ย 2 ค่าใด ๆ ที่ไม่ได้ตามด้วยอักษรเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

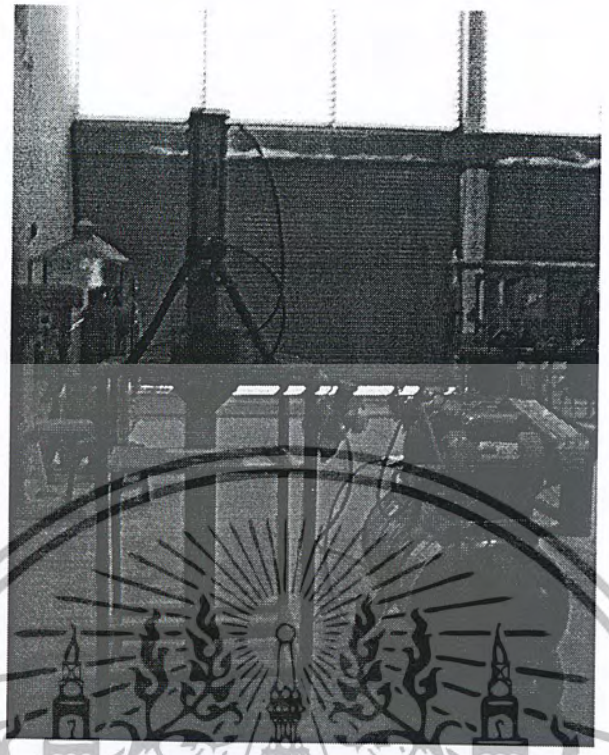
การทดสอบนี้ สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วกระบอกลม 0.1491 ซม./วินาที มีอัตราการบรรจุเฉลี่ยมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพเครื่องบรรจุกะปี และลักษณะกะปีที่ผ่านการบรรจุ

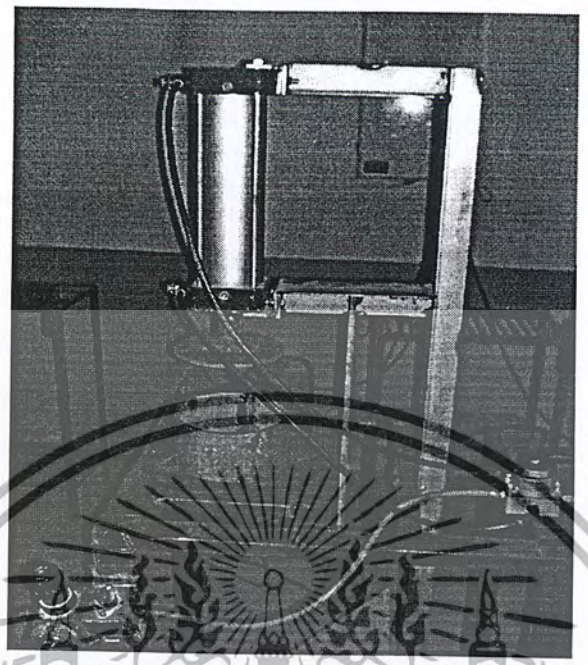
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค1. เครื่องบรรจุกะปี

รูปที่ ค2. เครื่องบรรจุกะปีด้านหน้า

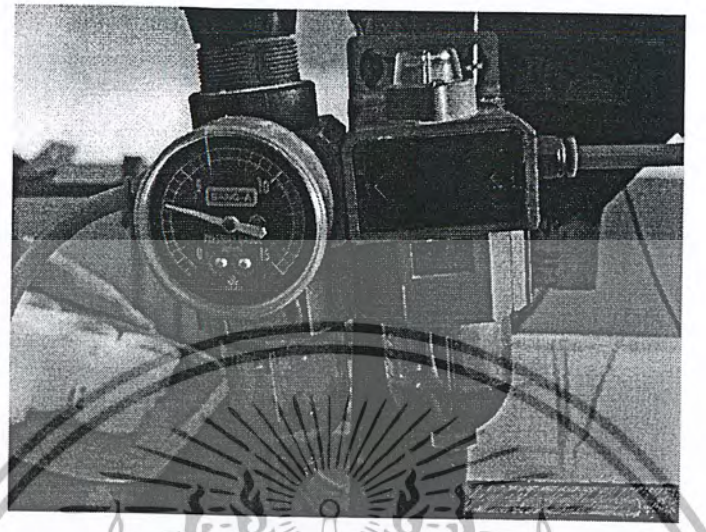
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค3. เครื่องบรรจุกะปิด้านข้าง

รูปที่ ค4. ปั๊มลม

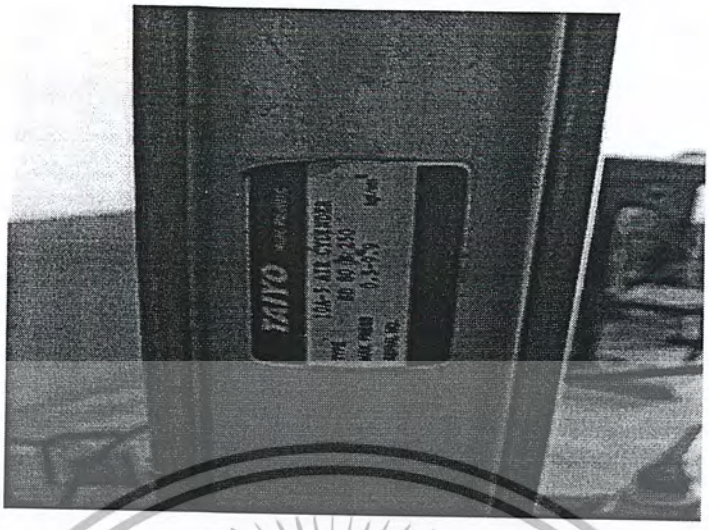
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค5. วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve)อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator)

รูปที่ ค6. วาล์วควบคุมแบบ 5/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค7. กระบอกนิวเมติก

รูปที่ ค8. ภาพลักษณะกะปิที่ผ่านเกณฑ์การบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค9. ภาพลักษณะกะปิที่ไม่ผ่านเกณฑ์การบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพของกะปิและตารางที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง1. การทดลองหาความหนาแน่นของกะปิ

วัสดุและอุปกรณ์

1. กะปิ
2. น้ำ
3. ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุกะปิ
4. เครื่องชั่งดิจิตอล

วิธีการทดลอง

1. นำกระปุกพลาสติกที่จะใช้ในการบรรจุกะปิก่อนทำการบรรจุด้วยเครื่องจำนวน 4 กระปุก มาเติมน้ำให้เต็มกระปุก แล้วนำไปชั่งน้ำหนักโดยความละเอียดของน้ำหนักที่ชั่งได้เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่งบันทึกผล
2. คำนวณหาปริมาตรกระปุกจากน้ำหนักของน้ำที่ได้ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาตรของกะปิที่เต็มกระปุก
3. นำกะปิที่ยังไม่ผ่านการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุกะปิมาบรรจุลงในประปุกพลาสติกทั้ง 4 กระปุก อัดให้แน่นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก โดยความละเอียดของน้ำหนักที่ชั่งได้เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกผล
4. คำนวณหาความหนาแน่นของกะปิ จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

5. หาค่าความหนาแน่นเฉลี่ยจากกะปิทั้ง 4 กระปุก
6. ทำซ้ำข้อที่ 3-5 นำกะปิที่ผ่านการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุกะปิแล้วมาบรรจุแทน

ง2. วิธีการหาความชื้น (AOAC (1990) ข้อ 950.46(B)) [2]

วัสดุและอุปกรณ์

1. กะปิ
2. ถาดฟอยด์
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. เดซิกเคเตอร์

วิธีการทดลอง

1. ชั่งกะปิ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนัก ตัวอย่าง อีกครั้ง

2. วิธีการคำนวณ

$$\text{ความชื้น ร้อยละ} = \frac{W - W_i}{W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

Wi คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบพระคุณ อาจารย์กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่ปรึกษาโครงงาน และอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำตลอดการทำโครงงาน

คุณอำนาจ คูตะหุ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำทางเทคนิค และช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างเครื่อง

คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจตลอดมา

วันที่ 2 พฤษภาคม 2547

คณะผู้จัดทำ

นางสาวปนิชา นาสืบ

นางสาวปิยวรรณ บุญรักษา

นายเอกบุตร สัตตวงศากุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปนิชา นาสืบ เกิดวันที่ 4 กันยายน พ.ศ.2525 เป็นบุตรีของนายสมชาย นาสืบและนางประยูร สิงห์กัณฑ์ ภูมิลำเนาเดิมอยู่บ้านเลขที่ 97 หมู่ 1 ตำบลบุฝ้าย อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนมารีวิทยาในปี พ.ศ. 2537 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุงในปี พ.ศ.2543 และระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารในปี พ.ศ.2547

นางสาวปิยวรรณ **บุญรักษา** เกิดวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ.2524 เป็นบุตรีคนที่ 2 ของนายจักรกฤษ บุญรักษาและวารินทร์ บุญรักษา มีพี่น้อง 3 คน ภูมิลำเนาเดิมอยู่บ้านเลขที่ 86 หมู่ 14 ตำบลปลาโหล อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนไฮ่ปลาโหลในปี พ.ศ. 2537 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมวาริชภูมิในปี พ.ศ.2543 และระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารในปี พ.ศ.2547

นายเอกบุตร สัตตวงศากุล เกิดวันที่ 27 กันยายน พ.ศ.2524 เป็นบุตรคนที่ 1 ของนายจิตร สัตตวงศากุลและนางศุภาพร สัตตวงศากุล มีพี่น้อง 3 คน ภูมิลำเนาเดิมอยู่บ้านเลขที่ 210/79 ถ.พัฒนาการ แขวง/เขต ประเวศ กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนลาซาลในปี พ.ศ. 2537 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเทพศิรินทร์ ร่มเกล้าในปี พ.ศ.2543 และระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารในปี พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้