

เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป
FISH FOOD PRODUCING MACHINE



โครงการวิศวกรรมศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2543

หัวข้อโครงการวิศวกรรมศาสตร์
โดย

เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป

นายวิฑูร รัตนโรม

นายสุทิน มาศทอง

นายอดิสร ฤทธิชัย

ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

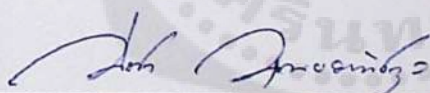
อาจารย์ประชา บุญขวานิชกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อนุมัติให้นับโครงการ
วิศวกรรมศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

กณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ กองสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมศาสตร์



ประธานกรรมการ

(อาจารย์ประชา บุญขวานิชกุล)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิต บัวแก้ว)

กรรมการ

(อาจารย์ตำรวจ กระระนันท์)

เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป

ปีการศึกษา 2543

โดย

นายวิฑูร รัตนโรม

นายสุทิน มาสทอง

นายอดิศร ฤทธิชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประจำ บัณฑิตวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมศาสตรนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป โดยการนำเอาส่วนผสมของสูตรอาหารปลามาทำการผสมที่ถังผสม จากนั้นเมื่อผสมได้ที่แล้วทำการเปิดลิ้นเพื่อส่งอาหารลงไปในกระบอกสูบเพื่อทำการอัดอาหารในกระบอกสูบออกทางแม่พิมพ์ซึ่งเจาะรูไว้ โดยใช้ความเร็วรอบในการอัด 5 รอบต่อนาที ทำให้ได้ปริมาณอาหารที่อัดออกมาในอัตรา 1.5 กก. โดยเฉลี่ยอัตราการผลิตประมาณ 22 กก. ต่อชั่วโมง ช่วยให้เกษตรกรประหยัดต้นทุนในการเลี้ยงปลาได้มากขึ้น

FISH FOOD PRODUCING MACHINE

Academic Year 2000

by

Mr. Vithul rattanarome

Mr. Sutin Mastong

Mr. Adisorn Rittichai

Project Report Advisor

Mr. Pracha Boonyavanichkul

ABSTRACTS

This engineering project is a designing and producing and producing machine for fish food Ingredient in the mixed bowl. After all stuffs are blended, open the clack valve in order to fill fish food in to the cylinder to compress and emit through the perforated mold. The compression speed is 5 rpm., which is resulted in producing capacity of 1.5 kg. And the average production is 22 kg. per hour. This machine helps the agriculturist reduced the cost in fishing procedures.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำ บุษวานิชกุล ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้โครงงานวิศวกรรมฉบับนี้ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมี อาจารย์ลิขิต ไสหนู และอาจารย์สมมาศ แก้วล้วน ที่ได้ให้คำแนะนำในการออกแบบและคำนวณ ขอบคุณคุณสมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล จากห้างหุ้นส่วนจำกัดสหกลโลหะ กิจที่ได้ช่วยเหลือในด้านวัสดุและขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ จนทำให้โครงงานฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่อบรมเลี้ยงดูอย่างดีจนสามารถมีวันนี้ได้

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
ขอบเขตของโครงการ	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎี	
การทำอาหารปลาสำเร็จรูป	3
วัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารปลาสำเร็จรูป	4
การคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสลักเกลียว	14
ความเครียด	16
ค่าความปลอดภัย	17
การออกแบบเพลลา	19
สายพาน	21
ชุดเฟืองหนอน	25
ความหนาแน่น	26
ปริมาตรจำเพาะ	26
การทดลองหาความหนาแน่นของอาหาร	26

สารบัญ (ต่อ)

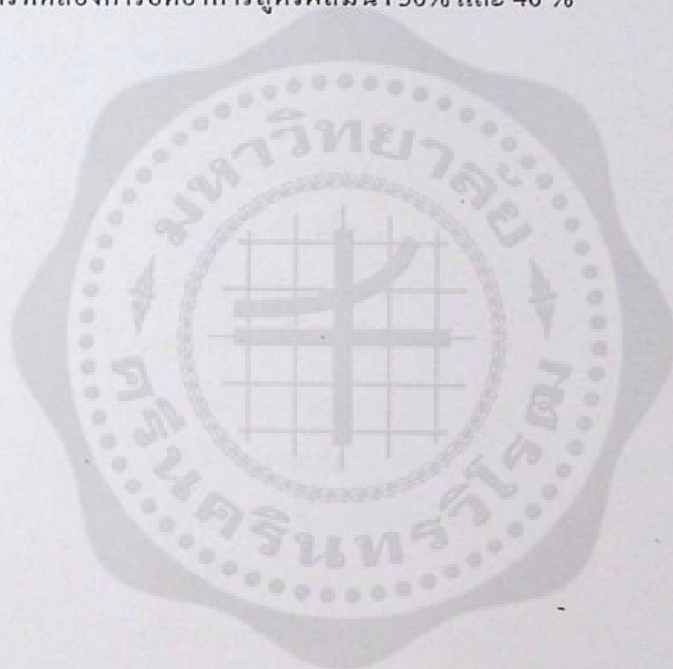
	หน้า
3. การคำนวณและการออกแบบ	
การออกแบบถังผสม	27
การออกแบบเพลลาผสม	28
ขนาดลูกสูบและระยะอัด	30
การหาความเร็วรอบในการอัดอาหาร	31
การหาแรงที่ใช้ในการอัด	31
การหาขนาดกำลังของมอเตอร์	32
การหาขนาดสกรูยึดแม่พิมพ์	32
การหาขนาดของก้านสูบ	34
ขนาดของสายพานของชุดอัดอาหารปลา	35
4. การทดลองและผลการทดลอง	
ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง	38
ขอบเขตการทดลอง	38
วิธีการทดลอง	38
ผลการทดลอง	39
ประสิทธิภาพการอัดของเครื่อง	41
กราฟแสดงผลการทดลองปริมาณการผลิต	42
5. สรุปผลการทดลอง	
สรุปผลการทดลอง	44
ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวกที่ 1 แสดงตารางสำหรับการคำนวณและการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ	48
ภาคผนวกที่ 2 แสดงรูปเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป	63
ภาคผนวกที่ 3 แสดงแบบเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป	71
ประวัติผู้จัดทำ	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วัสดุที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน (ข้อมูลจากกรมประมง)	7
2.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน	9
2.3 สารเหนียวหรือबाบเคอร์ที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์น้ำ	10
2.4 ตัวอย่างสูตรอาหารสำหรับปลาดุก	10
2.5 ตัวอย่างสูตรอาหารสำหรับปลานิล	11
2.6 ตัวอย่างสูตรอาหารปลากินพืช	12
2.7 ค่าความปลอดภัย	19
4.1 การทดลองครั้งที่ 1 (ผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร)	40
4.2 การทดลองครั้งที่ 2 (ผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร)	40
4.3 การทดลองครั้งที่ 3 (ผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร)	40
4.4 การทดลองครั้งที่ 4 (ผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร)	41
ตารางภาคผนวกที่ 1	
1.1 ค่าตัวประกอบความล้า	49
1.2 เหล็กคาร์บอนที่ผ่านกรรมวิธีดิ่งเย็นและแต่งผิวให้เรียบร้อยสำหรับทำเพลลา	50
1.3 ตารางระบุขนาดของเพลลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	51
1.4 ความเค้นดัดที่ยอมให้ (σ_u) ของวัสดุที่ใช้ทำเฟือง	52
1.5 ตารางระบุขนาดของสลักเกลียว	53
1.6 มาตรฐานตลับลูกปืน Y-Bearing	54
1.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "B" ต่อเส้น P_R สำหรับสายพานยาว $L_p = 2282$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$	56
1.8 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม	57
1.9 ตัวประกอบแก้ไขส่วน โค้งสัมผัส N_u สำหรับสายพานลิ่ม	59
1.10 ตัวประกอบใช้งาน	59
1.11 ค่าตัวประกอบ k_2	60
1.12 แสดงผลการเลือกใช้เหล็กเหนียว	61
1.13 แสดงผลการทดลอง	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แรงชนิดต่าง ๆ (ก) แรงดึง (ข) แรงกด (ค) แรงเฉือนเฉี้ยว (ง) แรงเฉือนกู่	15
2.2 เหล็กที่อยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	20
2.3 หน้าตัวสายพานลิ่มและล้อสายพาน	21
2.4 ชุดเฟืองหนอน	26
3.1 แสดงขนาดของถังผสม	28
4.1 กราฟแสดงผลการทดลองการอัดอาหารสูตรผสมน้ำ 30% และ 40 %	43



คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม	M
N	ความเร็วรอบ	rpm
V	ปริมาตร	m ³
M	มวลของอาหารที่ผสม	Kg
W _{p1}	กำลังที่ใช้ขับเพลผสม	kw
W _{p2}	กำลังที่ใช้อัดอาหารผสม	kw
T	แรงบิดในเพล	N.m
As	พื้นที่เฉลี่ยในการรับแรงของสกรู	mm ²
Dp	เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ	m
Vc	ปริมาตรในการอัด	m ³
Lc	ระยะในการอัด	m
σ_r	ความเค้นดึง	N/mm ²
σ_{id}	ความเค้นดึงออกแบบ	N/mm ²
N	ค่าความปลอดภัย	—
LP	ความยาวพิทช์ของสายพานลิ้ม	mm
Z	จำนวนสายพาน	เส้น
Ns	ตัวประกอบใช้งาน	—
Na	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส	—
Pa	กำลังที่สายพานลิ้มหนึ่งเส้นส่งได้	kw

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันการเลี้ยงปลากำลังเป็นที่นิยมของเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก แต่ในสภาวะเศรษฐกิจที่มีปัญหาของประเทศไทยในขณะนี้ ทำให้งบประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงมากขึ้น เพราะต้นทุนส่วนใหญ่ของเกษตรกรกว่า 50% ของเงินทุนจะถูกใช้ไปกับค่าอาหารของปลา ดังนั้นจึงได้มีการคิดออกแบบและสร้างเครื่องผลิตอาหารปลาขึ้นมาใช้เองเพื่อลดต้นทุนในการผลิตลง ส่งผลให้เกษตรกรมีกำไรจากการเลี้ยงปลาเพิ่มมากขึ้น

ในการเลี้ยงปลาเป็นอาชีพนั้นกว่า 50% ของเงินทุนในการเลี้ยงปลาทั้งหมดคือ ต้นทุนค่าอาหารซึ่งหมายความว่า เกษตรกรจะต้องมีเงินทุนสำรองไว้จำนวนมากเพื่อที่จะสามารถใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียนค่าอาหารได้ ในเชิงธุรกิจแล้วเกษตรกรสามารถทำอาหารไว้ใช้ในฟาร์มได้เองนั้น ก็สามารถจะลดได้ทั้งเงินทุนสำรอง และต้นทุนค่าอาหารซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารปลาสำเร็จรูป ให้มีโครงสร้างกระทัดรัดและสะดวกต่อการใช้งาน
2. เพื่อสร้างเครื่องผสมอาหารและอัดเม็ดอาหารปลาสำเร็จรูปเป็นหน่วยเดียวกัน
3. เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารปลาให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา

ขอบเขตของโครงการ

เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป จะสามารถผสมอาหารและผลิตอาหารปลาได้ในเครื่องเดียวกัน ซึ่งคาดว่าอัตราการผลิตที่จะผลิตได้ประมาณ 20-25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องที่ผสมอาหารและอัดอาหารปลาในเครื่องเดียวกัน
2. สามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลาสำหรับเกษตรกร
3. สามารถผลิตอาหารปลาสำเร็จรูปขึ้นใช้เองและประยุกต์ใช้ผลิตอาหารสัตว์อัด

เม็ดประเภทอื่นได้



บทที่ 2

ทฤษฎี

การทำอาหารปลาสำเร็จรูป

เกษตรกรที่มีฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีเงินลงทุนพอสมควร และมีความรู้ทางด้านอาหารสัตว์บ้าง ก็สามารถที่จะทำการผลิตอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูปขึ้นใช้เองได้ ในรูปแบบอาหารเม็ดแบบจมน้ำชนิดเปียกและแห้ง อีกทั้งราคาก็ไม่แพงมากนัก ส่วนการทำอาหารแบบลอยน้ำต้องใช้เงินลงทุนสูงในการซื้อเครื่องทำอาหารแบบลอยน้ำโดยเฉพาะ เพราะการที่จะทำให้อาหารลอยน้ำได้นั้น ต้องใช้ระบบความร้อนและความกดดันภายในเครื่องสูงมาก เครื่องทำอาหารแบบธรรมดาจึงทำอาหารลอยน้ำไม่ได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงการทำอาหารเม็ดแบบจมน้ำเท่านั้น

ขั้นตอนการทำอาหารปลาสำเร็จรูปแบบพื้นบ้านมีขั้นตอนดังนี้

1. สูตรอาหาร

สิ่งแรกที่เกษตรกรจะคิดทำอาหารสำเร็จรูปขึ้นใช้นั้น นั่นคือ จะต้องรู้ว่าตนเอง ต้องการใช้สูตรอาหารใดเลี้ยงสัตว์น้ำของตนเอง

สูตรอาหารที่ดีมีข้อสังเกตดังนี้ (ข้อมูลจากกรมประมง)

- ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตเร็ว
- ทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการแลกเนื้อดีและมีอัตราการรอดตายสูง
- วัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้สามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และสะดวกต่อการเก็บรักษา

2. การบด

เมื่อได้สูตรอาหารที่จะทำแล้ว จะต้องเตรียมจัดหาวัตถุดิบต่างๆ ที่จะต้องใช้ให้ครบตามสูตรอาหาร และมีปริมาณเพียงพอที่จะทำการผลิตวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ จะต้องผ่านขั้นตอนการบด วัตถุประสงค์ของการบด เพื่อลดขนาดของวัตถุดิบให้เล็กลง เป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น การบดละเอียดยังช่วยเรื่องในการอัดเม็ดอาหารให้มีความคงตัวดี สำหรับเครื่องบดอาหารที่ใช้ควรให้เหมาะกับประเภทของวัตถุดิบ ถ้าใช้วัตถุดิบแบบแห้ง เช่น ปลาข้าว

กากั่วเหลือง ข้าวโพด ก็ให้ใช้เครื่องบดแบบมีดสับหรือแบบจาน แต่ถ้าเป็นวัตถุดิบแบบเปียก เช่น ปลา เบ็ด โคร่งไก่ ไข่ไก่ หัวไก่ ก็ให้ใช้เครื่องมือปลาหรือเครื่องบดเนื้อ

3. การซั่ง

เมื่อได้จัดเตรียมวัตถุดิบต่างๆ ที่มีขนาดละเอียดแต่ละชนิดแล้ว ก็จะทำกรซั่งน้ำหนักรวมของวัตถุดิบให้ได้ตามสัดส่วนในสูตรอาหารนั้น

4. การผสม

เป็นการกระจายคุณค่าอาหารให้สม่ำเสมอในทุกส่วนของอาหารที่ทำขึ้น โดยการทำให้วัตถุดิบหลายชนิดรวมกันเป็นเนื้อเดียว เครื่องผสมอาหารที่แนะนำให้ใช้ควรเป็นเครื่องผสมอาหารที่ใช้ผสมได้ทั้งวัตถุดิบเปียกและแห้ง เครื่องผสมดังกล่าวเป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน ซึ่งถ้าหากไม่ได้ก็อาจใช้เครื่องมือปลาหรือเครื่องบดเนื้อแทนได้ หรืออาจผสมเองด้วยมือหรือพลั่วก็ได้

ในกรณีที่ใช่วัตถุดิบแห้ง จะต้องเติมน้ำประมาณ 30-40% ของสูตรอาหาร แล้วผสมให้เข้ากันดีก่อนที่จะทำการอัดเม็ด แต่ถ้าใช้วัตถุดิบแบบเปียกการผสมอาจไม่ต้องเติมน้ำเลย หรืออาจเติมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในวัตถุดิบทั้งหมดในสูตรนั้นๆ

5. การอัดเม็ด

เป็นการทำให้อาหารที่ผสมกันแล้ว ถูกอัดออกมาเป็นแท่งหรือเป็นเส้น การอัดเม็ดเป็นการทำให้คุณค่าอาหารจากวัตถุดิบทุกชนิดจับตัวอยู่ ทำให้เกิดการสูญเสียน้อยเมื่อสัมผัสกับน้ำ

6. การทำให้แห้ง

เป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับการทำอาหารแห้งเท่านั้น เพื่อลดความชื้นในอาหารลง และสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ขึ้นรา การทำอาหารให้แห้งสามารถทำได้โดย การเกลี่ยอาหารให้เป็นชั้นบางๆ บนพื้นซีเมนต์หรือกระดาษแล้วใช้พัดลมหรือตากให้แห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารปลาสำเร็จรูป

การทำอาหารปลาสำเร็จรูปใช้เองภายในฟาร์ม จะต้องคำนึงถึงคุณภาพและราคาของอาหาร อาหารที่มีคุณภาพดีควรมีโภชนาการครบถ้วน ใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง ซึ่งทำให้ปลาย่อยได้ดีและปลอดภัย นอกจากนี้ราคาไม่ควรแพงมากจนทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินไป

สัตว์น้ำต้องการโภชนาการจากอาหารประมาณ 40 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย

1. โปรตีนและกรดอะมิโน (กรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีในอาหารมีประมาณ 10 ชนิด)
2. สารที่มาจากไขมัน (กรดไขมันที่จำเป็น ฟอสโฟลิปิดและสเตอรอล)
3. พลังงาน (โปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต)
4. วิตามิน (ละลายน้ำ 11 ชนิด และละลายในไขมัน 4 ชนิด)

5. แร่ธาตุ (10 ชนิด)

เมื่อทราบว่าคุณค่าแร่ธาตุแต่ละชนิดต้องการโภชนาการอะไรบ้าง ก็จำเป็นต้องจัดหาโภชนาการเหล่านั้นให้แก่สัตว์น้ำอย่างครบถ้วน โภชนาการเหล่านี้ ได้จากวัตถุดิบที่นำมาเป็นอาหาร สัตว์น้ำนั่นเอง วัตถุดิบมีมากมายหลายชนิด ซึ่งคุณภาพแตกต่างกันทั้งทางด้านคุณค่าอาหารและการย่อยได้

วัตถุดิบสามารถแบ่งได้ออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน วัตถุดิบประเภทนี้ต้องมีโปรตีนมากกว่า 20% สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

1.1 แหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น ปลาสด เลือดป่น ขนไก่ป่น เนื้อกระดูกป่น กุ้งป่น เศษไก่ป่น ไข่ไก่ หัวไก่ ปูป่น ผลิตภัณฑ์จากนม ฯลฯ

1.2 แหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย กากมะพร้าวอัด กากงา กากองุ่น ใบกระถินป่น โปรตีนสกัดเข้มข้นจากข้าวโพด จากข้าวสาลี ฯลฯ

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและข้อสังเกตบางประการของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ

2. วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน วัตถุดิบพวกนี้มีโปรตีนต่ำกว่า 20% แต่มีคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งสูง ได้แก่ เมล็ดและผลิตภัณฑ์ของเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และรำของเมล็ดธัญพืช โปรตีนของวัตถุดิบเหล่านี้มีค่าระหว่าง 8-12% มีแป้งสูงถึง 60-80% และไขมันมีค่าระหว่าง 1-8%

ข้อพึงสังเกตของวัตถุดิบประเภทที่น่าสนใจ คือมีคุณสมบัติเป็นตัวประสานอาหารเข้าด้วยกันหรือใช้เป็นสารเหนียว ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัตถุดิบที่ใช้เป็นพลังงานในอาหารสัตว์น้ำ

3. วัตถุดิบจำพวกวิตามินและแร่ธาตุ วิตามินและแร่ธาตุที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร มักอยู่ในรูปสารประกอบของทางเคมี และเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณน้อยมากในสูตรอาหาร จึงทำให้เกิดปัญหาในการผสมให้ทั่วถึงในทุกๆ ส่วน ดังนั้นจึงไม่นิยมผสมวิตามินและแร่ธาตุแต่ละตัวลงในอาหารโดยตรง วิตามินและแร่ธาตุจึงมักถูกผสมไว้ก่อนล่วงหน้ากับสื่อบางชนิด เช่น กากถั่วเหลือง รำ แกลบบด หรือหินปูน แล้วเรียกสารผสมเหล่านี้ว่า สารผสมล่วงหน้า บางครั้งอาจเรียกว่า “อาหารเสริม” แล้วจึงนำสารอาหารผสมล่วงหน้านี้ไปผสมกับอาหารต่อไป ซึ่งบางท้องที่ที่เกษตรกรหาซื้อสารผสมล่วงหน้าที่ใช้เฉพาะสำหรับสัตว์น้ำไม่ได้ ก็อาจใช้สารผสมล่วงหน้าที่ทำขึ้นเอง เพื่อผสมกับอาหารหมูหรือไก่แทนได้ แต่อย่างไรก็ตามในสารผสมล่วงหน้าที่ใช้

สำหรับสัตว์บก มักจะมีวิตามินดีสูงเกินไป และอาจไม่มีวิตามินซีในส่วนผสม ซึ่งวิตามินซีมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสัตว์น้ำทุกชนิด ดังนั้นจึงควรที่จะใช้เป็นหลักในการพิจารณาเลือกซื้อ

4. วัตถุดิบจำพวกไขมันหรือน้ำมัน เป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงาน กรดไขมันที่จำเป็น วิตามินที่ละลายในไขมัน และบางครั้งใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารเพื่อกระตุ้นให้สัตว์น้ำกินอาหาร ได้มากขึ้น น้ำมันที่ใช้ผสมอาหารสัตว์น้ำ แบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

4.1 น้ำมันจากสัตว์ ได้แก่ น้ำมันปลา น้ำมันหมู ฯลฯ

4.2 น้ำมันจากพืช ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน ฯลฯ

5. วัตถุดิบจำพวกเสริมคุณภาพของอาหาร วัตถุดิบจำพวกนี้ใช้ผสมในอาหารเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ที่ไม่ใช่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ถึงแม้ว่าบางครั้งใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเสริมคุณภาพ แต่ตัวมันเองก็มีคุณค่าอาหารอยู่ด้วย วัตถุดิบจำพวกนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

5.1 สารเหนียวหรือบાયเคอร์หรือสารประสานอาหาร เป็นสารที่ช่วยทำให้อาหารมีความคงทนในน้ำได้นาน การใช้สารเหนียวมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งในการทำอาหารสำหรับสัตว์น้ำ ที่กินอาหารช้าๆ เช่น กุ้ง สารเหนียวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ เป็นสารพวกโปรตีน สารพวกคาร์โบไฮเดรต และสารสังเคราะห์หรือสารธรรมชาติที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร

5.2 สารแต่งกลิ่นอาหาร เป็นสารที่ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหารให้มีความน่ากินมากขึ้น กลิ่นในอาหารที่สัตว์น้ำชอบ มักเป็นกลิ่นที่มีในอาหารตามธรรมชาติของมัน เช่น ปลาที่กินเนื้อเป็นอาหารจะชอบกลิ่นเหล่านี้ สามารถได้จากเศษชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปแล้วของสัตว์ต่างๆ ดังกล่าว เช่น น้ำมันปลา น้ำมันปลาหมึก หัวและเปลือกกุ้งป่น เศษปลาหมึกป่น ดับวูป่น ฯลฯ

5.3 สารกันหืนและรา ความหืนของอาหารเกิดขึ้นจากไขมันในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการที่อาหารขึ้นรา ก็เพราะอาหารนั้นมีความชื้นสูงเกิน 12% ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้คุณค่าของอาหารเสียไปในการทำอาหารจึงมักเติมสารเคมีเพื่อกันหืนในอาหารนั้นด้วย บี เอช ที และ บี เอช เอ ซึ่งมีปริมาณ 0.2% ส่วนสารกันราที่ใช้กันมากได้แก่กรดโฟทิโอนิกซึ่งใช้ในปริมาณ 0.3%

ตารางที่ 2.1 วัตถุที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน (ข้อมูลจากกรมประมง)

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NFE*	เถ้า	ข้อสังเกต
ปลาป่น	9.7	55.0	6.0	2.4	3.3	24.6	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี
ปลาสด	67.5	18.0	13.0	-	-	1.5	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีแต่มีเอนไซม์ ไทอามินเนส ซึ่งทำลายวิตามินบี 1 ง่าย
เนื้อกระดูกป่น	7.4	49.1	10.3	2.6	0.7	29.9	คุณภาพของโปรตีนต่ำกว่าปลาป่นมีเมทไธโอนีนต่ำ
เลือดป่น	10.4	81.5	1.0	0.7	1.6	4.8	คุณภาพของโปรตีนต่ำกว่าเนื้อกระดูกป่นไม่มีไอโซลูซีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสต่ำแต่มีไลซีนสูง
ขนไก่ป่น	8.1	84.2	2.8	1.0	0.5	3.4	มีโปรตีนสูงแต่เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำกว่าของปลาป่นหรือกากตัวเหลือง มีเมทไธโอนีน ไลซีน ทรีโพรเนลและฮิสติดีนต่ำกว่า
หัวและเปลือกกุ้งป่น	10.0	40.6	2.6	14.2	2.6	30.3	มีแร่ธาตุ เถ้า สารโคติน โคลินสูง ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารได้
เศษไก่ป่น	6.5	57.5	15.0	2.3	3.21	15.6	มีไขมันสูง หินง่าย
ไส้ไก่ป่น	73.7	13.9	11.2	-	-	1.2	มีไขมันสูง หินง่าย
หัวไก่สด	38.8	26.9	26.4	0.3	-	7.6	มีไขมันสูง หินง่าย
เศษปลาหมึกป่น	8.1	74.8	8.8	-	4.9	3.4	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารได้
ปูป่น	6.5	31.0	2.1	10.6	13.7	36.1	มีแร่ธาตุ เถ้า สารโคติน โคลินสูง ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารได้ดี
น้ำต้มปลาชั้น	49.0	31.0	4.0	0.5	-	10.0	มีวิตามินบี 12 และวิตามินสูง ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหารได้ดี

ตารางที่ 2.1 วัตถุที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน (ต่อ)

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NFE*	เถ้า	ข้อสังเกต
ดักแด้ไหม	4.7	56.8	31.3	3.9	6.4	5.2	โปรตีนมีคุณภาพดีพอสมควร มีไขมันและสารโคตินสูง หินง่าย
เนื้อหอยเชอรี่	78.0	11.3	0.6	-	-	4.4	มีเถ้าสูงและอาจมีตัวพยาธิ จึงควรคั่วและทำให้แห้งก่อน
กากถั่วเหลือง	11.8	46.9	1.3	6.5	25.1	8.4	เป็นแหล่งสำคัญของโปรตีนจากพืช แต่มีเมทไธโอนีน
กากเมล็ดฝ้าย	9.8	41.7	1.5	11.3	28.8	6.9	มีสารพิษกอสลิปอล
กากมะพร้าวอัด	8.5	20.8	6.3	12.0	45.5	7.0	มีเมทไธโอนีน แคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงแต่มีไลซีนต่ำ
ใบกระถิน	10.0	23.9	2.9	9.4	49.5	3.2	มีอาจินีนไอโซลูซีน แลโรตีน ไนอาซีน วิตามินบี 2 และกรอแพนโท ธินิกสูง มีสารจำพวกแอลคาลอยชื่อโมโมซิมยับยั้งการเจริญเติบโต
กากนุ่น	8.5	29.5	3.3	23.4	-	7.3	มีโปรตีนคุณภาพดีพอสมควรแต่มีสารพิษไซโคลโปรปีนอนด์และ กากสูง
กากเบียร์	8.1	26.0	12.1	0.9	-	10.9	มีบีสค์มาก มีวิตามินบีรวม และบี 2 สูง อาจมีตัวพยาธิชีวณะ
ใบหม่อนสี	8.8	22.2	4.8	12.7	46.9	15.5	

*NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

ตารางที่ 2.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NFE*	เถ้า	ข้อสังเกต
ปลายข้าว	11.6	7.1	1.4	0.5	75.2	4.2	-
รำละเอียด	10.0	12.2	11.8	12.3	40.6	13.1	มีวิตามินบี 1 และไนอาซีนสูง
ข้าวโพด	11.2	9.4	0.2	0.8	77.2	1.2	มีวิตามินเอ (แคโรทีน) และกรดลิโนอิกสูง
ข้าวสาลี	12.1	12.0	1.7	2.5	70.0	1.7	-
รำข้าวสาลี	12.1	14.7	4.0	9.9	53.5	5.8	-
ข้าวฟ่าง	11.2	10.6	3.0	1.9	71.4	1.9	บางพันธุ์มีสารแทนนินสูง มีแคลเซียมต่ำ
มันสำปะหลัง	13.5	2.2	0.5	3.0	75.8	5.0	มีสารพิษจำพวกกรอไฮโครไซยานิก
กากเมล็ดปาล์ม	8.9	14.0	2.6	17.4	-	3.8	มีกากสูง
หญ้าขน	7.1	12.2	1.1	27.27	67.9	11.6	มีกากสูง
กระเจี๊ยบ	14.8	12.3	4.8	-	54.9	13.2	-

*NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ

ตารางที่ 2.3 สารเหนียวหรือबायोเดอรัที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์น้ำ

สารเหนียวพวกโปรตีน (% ที่ใช้)		สารเหนียวพวกคาร์โบไฮเดรต (% ที่ใช้)		สารเหนียวจากการ สังเคราะห์หรือสารธรรมชาติ (% ที่ใช้)	
โปรตีนชั้นหรืออกทูเด็น	(3-10%)	ไลอะเจล	(3.12%)	บาสฟิน	(1%)
เจลาติน	(2-5%)	แป้งข้าวโพด	(30%)	ลิกโนซัลโฟเนต	(3%)
โปรตีนละลายจากปลา	(5-8%)	ข้าวสาลี	(20%)	ซี เอ ซี	(5%)
ไข่ขาว	(5-10%)	ข้าวเจ้า	(20-30%)	เบนโทไนด์	(3%)
คอลลาลเจน	(1%)	แป้งสูก	(10%)	ยางมันสำปะหลัง	(5%)
		กากน้ำตาล	(2-4%)	อะควาบายด์	(2%)
		กล้วย	(10%)	กล้วย	(2%)
		รำถั่วเขียว	(25%)	การาจีแนน	(5%)

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างสูตรอาหารสำหรับปลาดุก

สูตรที่	วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	ปลาป่น	28.8
	กากถั่วเหลือง	23.5
	รำละเอียด	10.0
	ข้าวโพดบด	28.5
	ปลายข้าว	10.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
2	ปลาป่น	18.8
	ข้าวโพด	12.0
	กากมะพร้าว	12.0
	รำละเอียด	36.0
	ใบกระถินป่น	9.0
	มันสำปะหลัง	12.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างสูตรอาหารสำหรับปลานิล

สูตรที่	วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	ปลาป่น	5.0
	กากถั่วเหลือง	45.0
	ข้าวโพดหรือปลายข้าว	30.0
	รำละเอียด	17.0
	สารเหนียว	2.0
	ไค-แคลเซียมฟอสเฟต	10.0
2	ปลาป่น	8.0
	กากถั่วเหลือง	28.8
	ข้าวโพดหรือปลายข้าว	59.4
	สารเหนียว	2.0
	ไค-แคลเซียมฟอสเฟต	1.5
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
3	ปลาป่น	20.0
	กากถั่วเหลือง	24.0
	ข้าวฟ่าง	42.5
	ปลายข้าว	10.0
	ไค-แคลเซียมฟอสเฟต	3.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
4	ปลาป่น	12.0
	กากถั่วเหลือง	43.0
	ปลายข้าวโพด	39.0
	น้ำมันพืชหรือน้ำมันปลา	1.9
	สารเหนียว	2.0
	ไค-แคลเซียมฟอสเฟต	2.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+

+ = เติมตามปริมาณที่แนะนำบนสลากผลิตภัณฑ์

- = ไม่มี

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างสูตรอาหารปลากินพืช

สูตรที่	วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	ปลาป่น	25.0
	กากถั่วเหลือง	-
	รำละเอียด	10.0
	ข้าวหรือปลายข้าว	62.5
	เมทไธโอนิน	-
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
2	กากถั่วลิสง	20.0
	กากงา	35.0
	ปลาป่น	10.0
	รำละเอียด	34.0
	ไค-แคลเซียมฟอสเฟต	0.5
	เกลือแกง	0.3
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
3	กากเมล็ดฝ้าย	53.0
	กากถั่วเหลือง	-
	รำละเอียด	43.0
	กระดูกป่น	3.0
	เกลือแกง	0.2
	เมทไธโอนิน	0.3
	ไลซีน	0.4
	วิตามินและแร่ธาตุ	+

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างสูตรอาหารปลากินพืช (ต่อ)

สูตรที่	วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
4	ปลาป่น	12.0
	กากถั่วเหลือง	23.0
	รำละเอียด	40.0
	ปลายข้าว	20.0
	ใบกระถิน	4.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
5	ปลาป่น	-
	กากถั่วเหลือง	6.0
	รำละเอียด	41.0
	ปลายข้าวหรือมันเส้น	40.0
	วิตามินและแร่ธาตุ	+
6	ปลาป่น	12.0
	กากถั่วเหลือง	30.0
	กากถั่วลิสง	10.0
	ข้าวโพดหรือรำละเอียด	20.0
	ยีสต์	5.0
	น้ำมันปลา	5.0

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียว

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวตั้งสมมุติฐานดังนี้

ก. ให้แรงกระทำในแนวแกนของสลักเกลียวเท่านั้น

ข. ความเค้นที่เกิดขึ้นกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่หน้าตัดของเกลียว

พื้นที่หน้าตัดที่วิกฤตที่สุดของสลักเกลียวอยู่บริเวณเกลียว ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียว แต่ในทางปฏิบัติมักนิยามคิดพื้นที่ที่รับความเค้นจริง ซึ่งเรียกว่าพื้นที่รับความเค้น (Stress area) ซึ่งจะมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่หาได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวเล็กน้อย ทั้งนี้ เพราะส่วนของเส้นเกลียวก็ช่วยในการรับแรงด้วย การหาขนาดของสลักเกลียว ในกรณีนี้หาได้จากสมการ

$$\sigma_{td} = \frac{F}{A_s} \quad (2.1)$$

เมื่อรู้ค่า A_s แล้วสามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเกลียวที่ควรเลือกใช้

การหาความสูงแป้นเกลียวและความยาว

เมื่อรอยขีดของสลักเกลียวรับแรงมากเกินไป จะทำให้รอยขีดเสียหายได้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ

ก. เกลียวของแป้นเกลียวขาด

ข. เกลียวของสลักเกลียวขาด

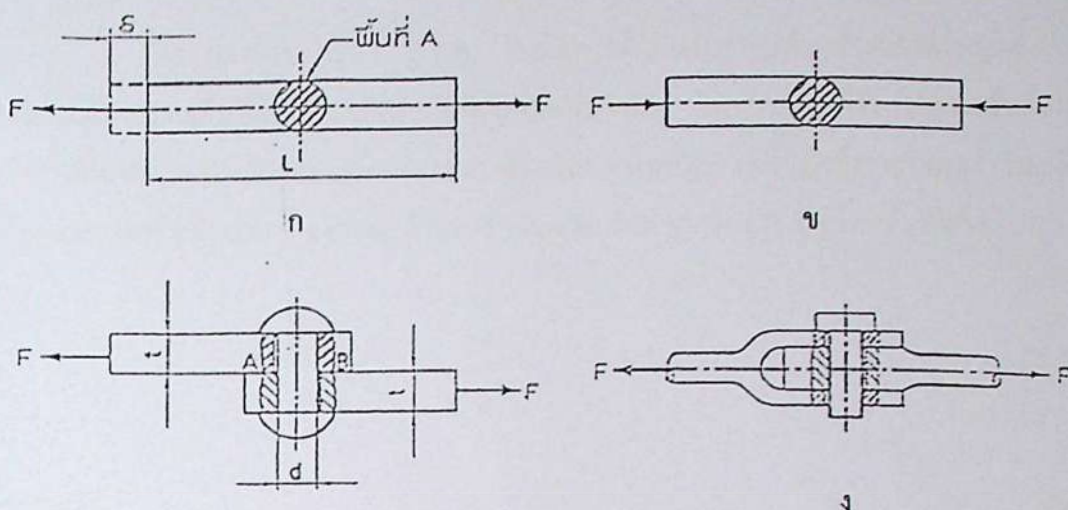
ค. สลักเกลียวขาดที่โคนเกลียว

การเสียหายในสองลักษณะแรกเกิดจากความยาวเกลียวส่วนที่รับแรงน้อยเกินไป รอยขีดด้วยสลักเกลียวที่คั่นนั้น เมื่อมีแรงกระทำมากเกินไปสลักเกลียวควรจะขาดที่โคนเกลียว มิใช่ขาดที่ฟันเกลียว ดังนั้นสิ่งที่ควรควบคุมได้ก็คือความสูงของแป้นเกลียว ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุกับระยะพิชชของเกลียว

ความสูงของแป้นเกลียวมาตรฐาน เมื่อใช้วัสดุชนิดเดียวกับสลักเกลียวคือ

$$m \approx 0.8d \text{ mm} \quad (2.2)$$

ในกรณีของหมุดเกลียวที่ขันอยู่ในชิ้นงาน จำเป็นจะต้องตัดเกลียวให้ยาวเพียงพอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุของชิ้นงานด้วย



รูปที่ 2.1 แสดงแรงชนิดต่างๆ (ก) แรงดึง (ข) แรงกด (ค) แรงเฉือนเดี่ยว (ง) แรงเฉือนคู่

พิจารณารูปที่ 2.1 (ก) และ (ข) ซึ่งเป็นท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึง และแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกดคือ

$$\sigma_t = \frac{F}{A_s} \quad \text{และ} \quad \sigma_c = \frac{F}{A_s} \quad (2.3)$$

ในกรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ดังรูปที่ 2.1 (ค) ตัวหมุดย้ำอาจจะขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัดของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำคือ

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีค่ามากกว่าหนึ่งแห่ง ดังเช่นในรูปที่ 2.1 (ง) ซึ่งมีสองแห่ง พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ $2A$ ในกรณีเช่นนี้เรียกว่า หมุดย้ำแรงเฉือนคู่ (Double shear) เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จะเท่ากับ

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (2.5)$$

พิจารณาหมุดย้ำรูปที่ 2.1(ค) จะเกิดการอัดกันระหว่างด้านข้างของตัวหมุดย้ำกับแผ่นโลหะด้วยความเค้นที่ผิวโลหะสัมผัสกันนี้ไม่สม่ำเสมอ ในทางปฏิบัติจึงหาความเค้นกดนี้โดยใช้พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) ของส่วนที่อัดกันอยู่ แทนการใช้พื้นที่จริงรอบหมุดย้ำ และมีชื่อเรียกว่าความเค้นอัด (bearing stress) ถ้าหมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง d ความเค้นอัดคือ

$$\sigma_c = \frac{2F}{\pi d^2} \quad (2.6)$$

ความเครียด

ความเครียด (Strain) ϵ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างส่วนที่ยืดหรือหดของชิ้นงานกับความยาวเดิม จากรูปที่ 2.1 (ก) ส่วนที่ยืดออกเนื่องจากแรงดึง F เท่ากับ δ เพราะฉะนั้นความเครียดนี้จะเท่ากับ

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.7)$$

จากกฎของฮุก

$$\frac{F}{A} = E \frac{\delta}{L} \quad (2.8)$$

แต่ $\sigma = \frac{F}{A}$ ฉะนั้นเมื่อแทนค่า E จากสมการที่ (2.7) ลงในสมการที่ (2.8) จะได้ว่า

$$\delta = \frac{FL}{AE} \quad (2.9)$$

จากกลศาสตร์วัสดุยังทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างยังส์โมดูลัสและ โมดูลัสเฉือนอีกคือ

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (2.10)$$

โดยที่ ν เป็นอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio)

ค่าความปลอดภัย

โดยทั่วไปแล้วความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นที่ใช้งาน (Working Stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบซึ่งเรียกสั้นๆ ว่า ความเค้นออกแบบ (Design stress) หรือความเค้นใช้งาน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าชนิดหนึ่งมีความต้านแรงดึง และความต้านแรงดึงครากเท่ากับ 700 และ 420 MN/m² ตามลำดับ และในการออกแบบชิ้นงานหนึ่งโดยเหล็กกล้าชนิดนี้ ผู้ออกแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้ว ความเค้นใช้งานควรจะไม่เกิน 140 MN/m² ฉะนั้นค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านทานแรงดึงเป็นหลักคือ

$$N_U = \frac{700}{140} = 5 \quad (2.11)$$

และค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงครากเป็นหลักคือ

$$N_Y = \frac{420}{140} = 3 \quad (2.12)$$

ในกรณีที่ได้มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานมาแล้วค่าความปลอดภัยของชิ้นงานคือ

$$N_U = \frac{\text{ความต้านแรงดึงคราก}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.13)$$

$$N_Y = \frac{\text{ความต้านแรงดึงคราก}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.14)$$

สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ท่อโลหะ หรือเสาที่อาจเสียหายเนื่องจากการโก่งงอ จะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่มากระทำโดยตรงแทนที่จะใช้กับความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาแบบไม่ใช่เชิงเส้น ความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานอาจจะมีได้แปรผันโดยตรงกับแรงในกรณีเช่นนี้

$$N = \frac{\text{แรงที่ทำให้แตกหัก}}{\text{แรงที่ใช้ออกแบบ}} \quad (2.15)$$

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมาก ดังนี้

- (ก) ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
- (ข) ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวกับการที่อาจสูญเสียชีวิตหรือทรัพย์สินมากหรือไม่
- (ค) น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบินเป็นต้น ในกรณีเช่นนี้การใช้ค่าความปลอดภัย จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ
- (ง) จำนวนของชิ้นงานที่ผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมากๆ ควรระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อประหยัดวัสดุได้มากที่สุด
- (จ) เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

สำหรับผู้มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 2.7 เป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบได้

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว (Repeated, one direction) หรือแรงซ้ำสองทิศทาง (Repeated and reversed) ที่ให้ไว้ในตารางที่ 2.7 หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้เมื่อสมมติให้เป็นแรงนิ่ง (dead load) ในขณะที่ออกแบบสำหรับวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงและความทนของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนอยู่เสมอนี้ จะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.7 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงยู่	1.5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระทำเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระทำเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระทำอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

การออกแบบเพลลา

เพลลาเป็นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลลาโดยเฉพาะ เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการใช้งาน

1. วัสดุเพลลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลลาทั่วไป คือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลลา

2. ขนาดของเพลลา

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ ได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลา ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้ เพื่อสามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลลาด้วยขนาดระบุของเพลลา

3. การพิจารณาการออกแบบ

การคำนวณขนาดของเพลลาที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน พิกัดมุมบิดของเพลลา ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ไม่ให้มุมบิดของเพลลาเกิน 0.3 องศา ต่อความยาวเพลลา 1 เมตร ความแข็งแรงก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งในการพิจารณาเพื่อออกแบบเพลลา

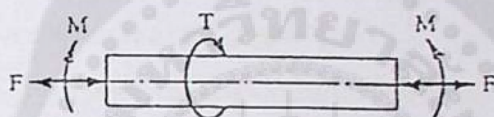
4. การออกแบบเพลลาตามโค้ดของ AMSE

วิธีดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูง และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ความเค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลลามีสันรูปที่ 2.2

$$\text{ความเค้นดึง} \quad \sigma_t = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.16)$$

$$\text{ความเค้นดัด} \quad \sigma_b = \frac{MC}{I} \text{ หรือ } \frac{32Md}{(d^4 - d_i^4)} \quad (2.17)$$

$$\text{ความเค้นเฉือน} \quad \tau_x = \frac{Tr}{J} \text{ หรือ } \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.18)$$



รูปที่ 2.2 แสดงเพลาทืออยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

5. ความเร็ววิกฤตของเพล

ในทางปฏิบัติแล้ว จุดศูนย์กลางของมวลของเพลจะอยู่เอียงไปจากแกนกลางการหมุนของเพล ทั้งนี้เนื่องมาจาก

5.1 ในการผลิตเพลามวลมิได้กระจายออกไปรอบแกนหมุนอย่างสม่ำเสมอ

5.2 น้ำหนักของเพล เพียง ล้อ สายพานและอื่นๆ ทำให้เกิดระยะโก่งในขณะยังไม่หมุน

เมื่อเพลเริ่มหมุนเร็วขึ้น พลังงานจลน์ของมวลจะมีค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ พลังงานศักย์ที่ทำให้เกิดระยะ โก่งของเพลขณะที่อยู่นิ่งซึ่งเป็นผลให้เพลเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ความเร็วของเพลขณะที่เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ความเร็ววิกฤต

สายพาน

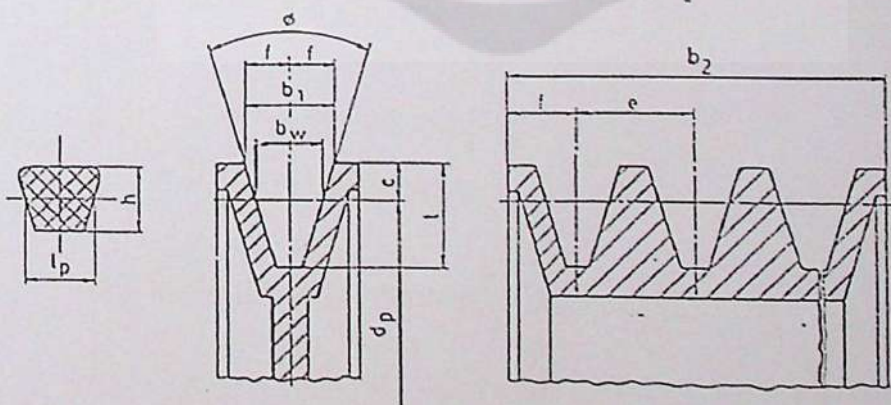
1. ชนิดและวัสดุสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ สายพานแบบแบน (Flat belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม (V-belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และไทม์มิงเบลท์ (timing belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อจลลดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันออกไป

วัสดุที่ใช้ทำสายพาน จะต้องมีความต้านทานสูง (Strength) สามารถบิดตัวได้ดี และต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่งใช้งานกันมากคือหนัง (oak-tanned leather)

2. ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และมีความหนาสายพาน โดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ, SPA และ SPC สายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y, Z, A, B, C, D และ F ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงหน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

3. กลศาสตร์ของสายพานลื่น

ในการขับเคลื่อนสายพานลื่น แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อสายพานจะอยู่ในทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัส

กำลังที่ส่งได้โดยสะพานลื่นหาได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \quad (2.19)$$

เมื่อ v = ความเร็วสายพาน

z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลื่นหาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p - d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (2.20)$$

สายพานลื่นจะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์แทน หรือถ้ากรณีที่ต้องการความยาวแล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C \approx P + \sqrt{p^2 - q} \quad (2.21)$$

เมื่อ

$$p = 0.25L_p - 0.39(D_p + d_p)$$

$$q = 0.125(D_p + d_p)^2$$

ส่วนโค้งที่สัมผัส หาได้จากสมการ

$$D_p = \frac{(D_p + d_p)}{2} \quad (2.22)$$

มุมที่สัมผัสของสายพาน

$$\alpha = \pi - 2\sin^{-1} \frac{(D_p - d_p)}{2C} \quad (2.23)$$

ความเร็วสายพาน

$$V = \pi d_p n \quad (2.24)$$

4. การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลิ้ม

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นจะช่วยทำให้การขับเคลื่อนด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลง เนื่องจากสลีป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก

เบร็ทที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทบกับสายพาน

จากสมการแรงดึงสายพานในขณะที่ส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{V} \quad (2.25)$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{e^{\alpha r} + 1}{e^{\alpha r} - 1} \quad (2.26)$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{WAV^2}{g} \quad (2.27)$$

แรงสัมพันธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง

$$F_R = 2.z. F_c \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.28)$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้น แรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลังกับแรงลัพท์ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางนั้นคือ

$$F_i = F_w + F_R \quad (2.29)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_1 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.30)$$

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานแล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นต้น

ในการณ์ที่ขับโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางลงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา จะต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วยจากสมการ

$$F_R = 2 \cdot z \cdot F_C \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.31)$$

ซึ่งเขียนใหม่เป็น

$$F_R = z \cdot k_2 \cdot v^2 \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.32)$$

ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.33)$$

5. การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลัง โดยสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ แต่ข้อควรระวังคือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานหมุนไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่ม สำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้ แต่กำลังส่งจริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตาราง และกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่ม

การเลือกขนาดของสายพานลิ่ม จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องใช้งาน จากกำลังที่ต้องการขับเคลื่อนแต่ละตัวที่ประกอบที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม (Z) หาได้จากสมการ

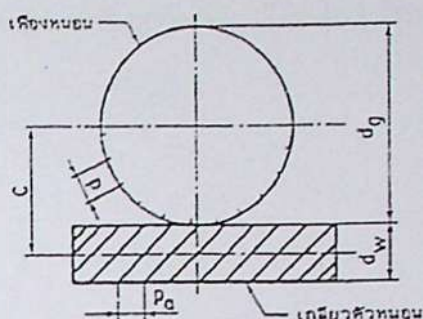
$$Z = \frac{(W_p N_s)}{(P_R N_a N_i)} \quad (2.34)$$

เมื่อ

W_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง
N_s	=	ตัวประกอบใช้งาน
N_a	=	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส
N_i	=	ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน
P_R	=	กำลังสายพานลิ่ม 1 เส้นส่งได้

ชุดเฟืองหนอน

ชุดเฟืองหนอน (Worm gear set) ใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่ไม่ขนานกัน และไม่ตัดกัน ซึ่งต้องการให้มีอัตราทดสูง ชุดเฟืองหนอนประกอบด้วยเกลียวตัวหนอน (worm) และเฟืองหนอน (worm gear) โดยปกติแล้วมักจะใช้ชุดเฟืองหนอนส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกัน 90° ดังรูป



รูปที่ 2.4 แสดงชุดโม่หิน

แม้ว่าสามารถใช้โม่หินส่งกำลังในลักษณะเดียวกันนี้ได้ แต่ก็ไม่สามารถจะส่งกำลังได้มากเท่ากับชุดโม่หิน นอกจากนี้ชุดโม่หินยังสามารถทำงานด้วยอัตราทดสูงถึง 300 โดยใช้การทดเพียงครั้งเดียว แต่ถ้าใช้โม่หินจะเกิดปัญหาค้างในทางปฏิบัติเช่นจะต้องใช้โม่หินที่มีจำนวนฟัน 10 ฟันขับโม่หินที่มีฟัน 3,000 ฟัน ดังนั้นการทำงานของชุดโม่หินจะเร็วกว่าโม่หิน แต่ข้อเสียของชุดโม่หินก็คือ ประสิทธิภาพของการส่งกำลังจะต่ำและมีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสี (Sliding) ระหว่างฟันจะมากกว่า ทำให้ต้องคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อนที่เหมาะสมด้วย

ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของของไหล (ρ) คือมวลต่อหน่วยปริมาตร ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.35)$$

ดังนั้นหน่วยของความหนาแน่นคือ kg/m^3

ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume)

ปริมาตรจำเพาะคือ ปริมาตรของของไหลต่อหนึ่งหน่วยมวล มักใช้กับแก๊สและมีหน่วยเป็น m^3/kg ดังนั้น

$$V_s = \frac{1}{\rho} \quad (2.36)$$

การทดลองหาความหนาแน่นของอาหาร

จาก $\rho = \frac{m}{V}$

โดยการทดลองอาหาร 1 kg มีปริมาตร 0.0141 m^3

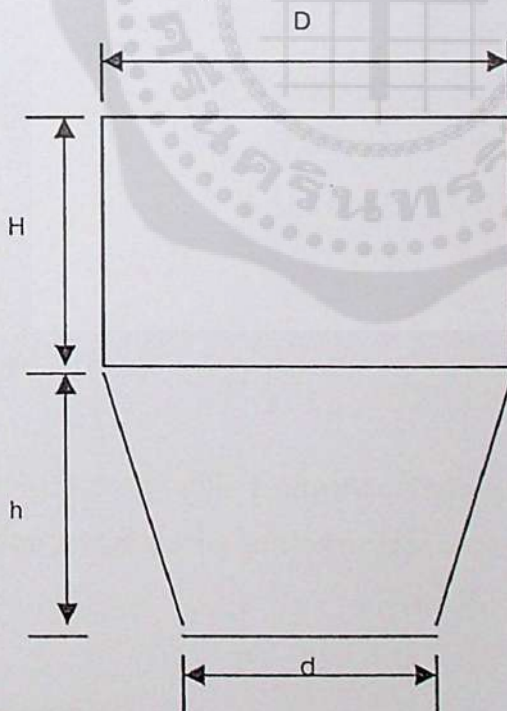
$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{0.00141} \\ &= 709 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

การออกแบบถังผสม

การผสมอาหารในถังผสม จะใช้ผสมครั้งละ	4.5	kg
ความหนาแน่นของอาหารผสม	709	kg/m ³
ปริมาตรจำเพาะ	0.00141	m ³ /kg
คิดปริมาตรที่ผสมครั้งละ 4.5 kg จะได้	= 0.00141 x 4.5	
	= 0.006345	m ³



รูปที่ 3.1 แสดงขนาดของถังผสม

ในการออกแบบขนาดของถังผสม เพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการผสม จึงเพิ่มขนาดของถังผสมให้มีขนาดเพิ่มขึ้นอีก 330 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่นำมาผสมในแต่ละครั้ง

การหาความสูงของถังผสม

$$V = (\pi R^2 H) + \frac{\pi h}{12} [D^2 + d^2 + (Dd)]$$

โดยที่

ปริมาตร	V	=	0.006345	m ³
รัศมี	R	=	0.1675	m
ความสูง	h	=	0.155	m
	D	=	0.335	m
	d	=	0.057	m

∴ จะได้

$$0.006345 \times 3.3 = (\pi \times 0.1675^2 \times H) + \left(\frac{\pi \times 0.155}{12} \right) [0.335^2 + 0.057^2 + (0.335 \times 0.057)]$$

ความสูงของถังผสม $H = 0.175 \text{ m}$

การออกแบบเพลผสม

จากตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการทดสอบค่าแรงดึงของใบผสม ซึ่งค่าแรงดึงที่ทดสอบได้ สามารถนำมาหาค่าแรงบิด ในการคำนวณหาขนาดของเพลผสม

จากสูตรแรงดึง $F = \text{แรงดึง} \times 9.81$

หาแรงบิดจาก $T = F \cdot r \quad \text{N.m}$

ค่าแรงบิดที่ใช้ในการทดสอบ $= 22.81 \text{ N.m}$

ความเร็วรอบที่เหมาะสมของเพลผสมอาหาร $N = 50 \text{ rpm}$

กำลังที่ใช้ในการขับเพลผสมอาหาร $W_{Pl} = \frac{2\pi TN}{60}$

$$\begin{aligned}
 W_{PI} &= \frac{2\pi \times 22.81 \times 50}{60} \\
 &= 119.50 \text{ W} \\
 &= 119.50 \times \left[\frac{1}{745.7} \right] \\
 &= 0.20 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำงาน ราคาและความสะดวกสบายในการเลือกซื้อ เลือกมอเตอร์ขนาด ½ HP ความเร็วรอบมอเตอร์ 1425 rpm

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังที่ใช้ขับเพลาสวม} &= 119.50 \times \left[\frac{1}{745.7} \right] \\
 &= 372.9 \text{ W}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นในการคำนวณหาขนาดของเพลาสวม จึงคิดเฉพาะแรงบิดที่เกิดขึ้นในเพลาสวม

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{60P}{2\pi N} \\
 &= \frac{60 \times 372.9}{2\pi \times 50} \\
 &= 71.19 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

จากตารางเหล็กเหนียวในภาคผนวกที่ 1 เลือกใช้เหล็กเหนียว u st 37-2 เป็นวัสดุที่มีในท้องตลาด แรงที่กระทำเพลาสวมเป็นลักษณะของแรงกระแทกเล็กน้อย เลือกค่าความปลอดภัย $N = 4$

$$\begin{aligned}
 \tau_d &= 0.6\sigma_y \\
 \tau_d &= \frac{\tau_d}{N} \\
 &= \frac{0.6 \times 23.5}{4} \\
 \tau_d &= 30.75 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความเค้นเฉือนสูงสุด } \tau &= \frac{16T}{\pi d^3} \\
 30.75 &= \frac{16 \times 71.19 \times 1000}{\pi d^3} \\
 d^3 &= 11805.27 \text{ mm}^3 \\
 d &= 22.77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเลือกใช้ขนาดของเพลาผสม เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm

ขนาดลูกสูบและระยะอัด

จากขอบเขตของโรงงานเครื่องทำอาหารปลาสำเร็จรูป มีอัตราการผลิต 20-25 kg/hr จากการผสมอาหารครั้งละ 4.5 kg โดยอัดครั้งละ 0.3 kg ซึ่งมีปริมาตร 0.000423 m³ โดยกำหนดให้ ปริมาตรในการอัดลูกสูบแต่ละครั้งเท่ากับ 0.000423 m³

ในการหาขนาดของลูกสูบ กำหนดให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ (d_p) มีขนาดเท่ากับระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (L_p) ซึ่งมีระยะทางเป็น 2 เท่าของระยะอัด (L_c) เพื่อความเหมาะสมจะได้ว่า $d_p = L_p = 2(L_c)$ หรือ $L_c = 0.5 d_p$ จากรูปในภาคผนวกที่ 3 หมายเลขแบบ 7/11

ปริมาตรในการอัดอาหารแต่ละครั้ง

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{\pi d_p^2 L_c}{4} \\
 d_p &= 0.1025 \text{ m}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการเลือกใช้วัสดุ จึงเลือกขนาดของลูกสูบ 100 mm

การหาระยะอัดของลูกสูบ (L_c)

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } V_c &= \frac{\pi}{4} d_p^2 L_c \\
 0.000423 &= \frac{\pi}{4} \times 0.100^2 \times L_c \\
 L_c &= 0.054 \text{ m} \\
 \text{จะได้ระยะอัด} &= 0.054 \text{ m}
 \end{aligned}$$

การหาความเร็วรอบในการอัดอาหาร

จากขอบเขตการทำงานของเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป มีปริมาณการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 22.5 kg/hr ในแต่ละครั้งของการผสมอาหาร 4.5 kg ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 12 นาที โดยแบ่งเวลาออกเป็นการผสมในถังผสม 6 นาที ใช้เวลาในการอัด 3 นาที และใช้เวลาในการเติมอาหารและอื่นๆอีก 3 นาที

จากอาหารที่ผสม 4.5 kg อัดครั้งละ 0.3 kg จะใช้จำนวนครั้งในการอัดทั้งสิ้น 15 ครั้ง ภายในเวลา 3 นาที เพราะฉะนั้น จะได้ความเร็วรอบในการอัด 5 รอบต่อนาที

การหาแรงที่ใช้ในการอัด

จากการทดลองเพื่อหาน้ำหนักที่ใช้ในการกดอัดอาหารสูงสุด จะเป็นแรงปฏิกิริยาที่ใช้ในการอัดอาหารทั้งหมดเพราะฉะนั้นจะได้ว่า

$$\text{แรงที่ใช้ในการกดอาหาร} = \text{แรงกดอัดในกระบอกสูบ}$$

จากผลการทดลองในตารางภาคผนวกที่ 1

$$\text{แรงอัดในกระบอกสูบ} = 51.8 \times 9.81$$

$$= 508.16 \text{ N}$$

เนื่องจากการคำนวณหาแรงที่ใช้ในการอัดอาหาร ต้องคิดรวมกับค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างการอัดอาหารด้วย ซึ่งไม่สามารถที่จะคำนวณค่าความเสียดทานที่แน่นอนได้เพื่อความปลอดภัยในการคำนวณ จึงเผื่อค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นให้มีค่าสูงสุดเท่ากับแรงที่ใช้ในการอัดอาหาร

$$\begin{aligned} \therefore \text{แรงที่ใช้ในการอัดอาหาร} &= 508.16 \times 2 \\ &= 1016.32 \text{ N} \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าแรงที่ใช้ในการอัดอาหารสูงสุดแล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาขนาดกำลังของมอเตอร์ต่อไป

การหาขนาดกำลังของมอเตอร์

แรงที่ใช้ในการอัดอาหาร รับแรงส่งมาจากก้านส่งกำลัง ซึ่งก้านส่งกำลังได้รับกำลังจากมอเตอร์โดยผ่านชุดเกียร์อีกทอดหนึ่ง เพื่อลดความเร็วรอบลงให้ได้ตามต้องการที่จะใช้ในการอัดอาหาร

ความเร็วรอบของการอัด	5	rpm
อัตรารวมของชุดทด	1 : 285	
ความเร็วมอเตอร์	1425	rpm
รัศมีการส่งกำลัง	0.06	m
แรงที่ใช้ในการอัด	1016.32	N
หาแรงบิด	$T = F \times r$	
	$= 1016.32 \times 0.06$	
	$= 60.98$	Nm
กำลังของมอเตอร์ W_p	$= \frac{2\pi NT}{60}$	
	$= \frac{2\pi \times 60.98 \times 5}{60}$	
	$= 31.93$	W
	$= 31.93 \times \left[\frac{1}{745.7} \right]$	
	$= 0.043$	HP

เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสม รวมทั้งความสะดวกในการเลือกซื้อ โดยคำนึงถึงราคาจึงเลือกมอเตอร์ ½ HP ความเร็วรอบ 1425 rpm

การหาขนาดสกรูยึดแม่พิมพ์

ขนาดของแม่พิมพ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	100	mm
แรงอัดที่กระทำกับแม่พิมพ์	$= 51.8 \times 9.81$	
	$= 508.16$	N

กำหนดให้สกรูยึดแม่พิมพ์มีจำนวน 4 ตัว

$$\begin{aligned}\text{แรงที่กระทำกับสกรูแต่ละตัว} &= \frac{508.16}{4} \\ &= 127.04 \text{ N}\end{aligned}$$

จากภาคผนวกที่ 1 เลือกชั้นคุณสมบัติที่ต่ำสุด 8.8 มีความเค้นที่สูงที่สุด 640 N/mm² เลือกใช้ค่าความปลอดภัย $N_y = 5$

$$\begin{aligned}\sigma_{td} &= \frac{640}{5} \\ &= 128 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

แรงภายนอกที่จะทำให้รอยต่อเปิดได้ ซึ่งจากคำแนะนำส่วนมากจะใช้มากกว่าแรงภายนอก 1.2-2 เท่า ในที่นี้เลือกใช้ 2 เท่า

$$\begin{aligned}F &= 127.04 \times 2 \\ &= 254.08 \text{ N} \\ \sigma_{td} &= \frac{F}{A_s} \\ A_s &= \frac{F}{\sigma_{td}} \\ &= \frac{254.08}{128} \\ &= 1.985 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

จากตารางเกลียวภาคผนวกที่ 1 เลือกใช้ M 10 จำนวน 4 ตัว มี $A_s = 58.0 \text{ mm}^2$ ซึ่งมีพื้นที่รับความเค้นมากกว่าพื้นที่ที่คำนวณได้ ซึ่งจะให้ค่าความปลอดภัยเพิ่มขึ้นด้วย

การหาความยาวของเกลียวส่วนที่ขัน โดยพิจารณาที่ฟีนเกลียวจะต้องรับแรงเฉือน

$$\begin{aligned}\pi d_1 L \tau &= 254.08 \\ \text{โดยที่เกลียวขนาด M 10 มี } d_1 &= 8.160 \text{ mm} \\ \text{จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด} \\ \tau &= 0.5 \sigma_{td} \\ &= 0.5 \times 128 \\ &= 64 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

แทนค่า $\tau = 64 \text{ N/mm}^2$ ลงในสมการหาความยาวของเกลียว

$$\pi \times 8.160 \times L \times 64 = 254.08$$

$$L = 0.155 \text{ mm}$$

$$\text{ความยาวของเกลียวในชิ้นงานไม่ควรน้อยกว่า } 0.8d = 0.8 \times 10$$

∴ ควรเลือกใช้ความยาวเกลียวของสกรูที่ยึดแม่พิมพ์ไม่ต่ำกว่า 8 mm

การหาขนาดของก้านสูบ

จากการคำนวณข้างต้น จะพบว่าแรงที่กระทำกับก้านสูบสูงสุด = 1016.32 N

จากภาคผนวกที่ 1 ตารางเหล็กเหนียว

เลือกใช้เหล็กเหนียว U st 34-2

$$\sigma_y = 205 \text{ N/mm}^2$$

แรงที่กระทำกับก้านสูบ เป็นลักษณะของแรงกระแทกเล็กน้อย สองทิศทางเลือกใช้

ค่าความปลอดภัย $N = 6$

$$\sigma_d = \frac{F}{A_s}$$

$$= \frac{F}{4(\pi d^2)}$$

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N}$$

$$\frac{\sigma_y}{N} = \frac{F}{4(\pi d^2)}$$

$$d^2 = \frac{FN}{4(\pi d^2)}$$

$$= \frac{1016.32 \times 6}{\frac{\pi}{4} \times 205}$$

$$d = 6.15 \text{ mm}$$

เพื่อความเหมาะสมกับขนาดของลูกสูบและยังจะทำให้ค่าความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

เลือกใช้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของก้านสูบ 25 mm

ขนาดของสายพานของชุดอัดอาหารปลา

1. ขนาดหน้าตัดสายพาน

เลือกใช้มอเตอร์ขนาด $\frac{1}{2}$ HP เป็นต้นกำลัง สายพานทำงานวันละ 10 ชั่วโมง
กำลังที่ส่งเท่ากับ 0.373 kW

จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$ ดังนั้น

$$\begin{aligned} W_p \times N_s &= 0.373 \times 1.1 \\ &= 0.41 \text{ kW} \end{aligned}$$

เลือกสายพานหน้าตัด B จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด B

อัตราทด

$$\begin{aligned} m_w &= \frac{n_1}{n_2} \\ &= \frac{1425}{285} \\ &= 5 \end{aligned}$$

เลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด B

$$\begin{aligned} d_p &= 50 \text{ mm} \\ D_p &= m_w \cdot d_p \\ &= 5 \times 50 \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 2(D_p + d_p) \\ &= 2(50 + 250) \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{min} &= 0.7(D_p + d_p) \\
 &= 0.7(50+250) \\
 &= 210 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ทดลองเลือกใช้

$$C = 660 \text{ mm}$$

2. ความยาวฟิตโดยประมาณ

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4C} \\
 &= 2(660) + 1.57(250 + 50) + \frac{(250 - 50)^2}{4(660)} \\
 &= 1806.15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มเลือกใช้

$$\text{สายพาน } L_p = 1806.15 \text{ mm}$$

3. ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 C &\approx P + \sqrt{P^2 - q} \\
 P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\
 &= (0.25 \times 1842) - [0.393(250 + 50)] \\
 &= 342.6 \text{ mm} \\
 q &= 0.125 (D_p - d_p)^2 \\
 &= 0.125(250-50)^2 \\
 &= 5000 \text{ mm} \\
 C &\approx 342.6 + \sqrt{(342.6^2 - 5000)} \\
 &= 77.82 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. ส่วนโค้งสัมผัส

จากสมการ

$$\frac{(D_p - d_p)}{C} = \frac{250 - 50}{677.8} = 0.295$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง $N_s \approx 0.97$ จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางตัวประกอบแก้ไขความยาว $N_l \approx 0.95$ และสำหรับล้อสายพานขนาด 50 mm. อัตราทด $m_w = 5$ และ $N = 1425$ rpm

จากตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้า

คัด B $P_R = 2.5$ kW ต่อเส้น

5. จำนวนเส้นของสายพาน

$$z = \frac{W_p N_s}{P_R N_a N_l}$$

$$= \frac{0.373 \times 1.1}{2.5 \times 0.97 \times 0.95} = 0.17$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าคัด B x 1842 จำนวน 1 เส้นเพื่อใช้ขับเคลื่อน

อาหารปลา

6. ความเร็วสายพาน

$$V = \frac{\pi d_p n}{60}$$

$$= \frac{\pi \times 0.5 \times 285}{60}$$

$$= 0.746 \text{ m/s}$$

7. แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V}$$

$$= \frac{0.41 \times 10^3}{0.746}$$

$$= 549.6 \text{ N}$$

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองประกอบด้วย

อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องทำอาหารปลาสำเร็จรูป
2. อาหารปลาที่ใช้ทดลอง
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก
4. นาฬิกาจับเวลา

ขอบเขตการทดลอง

1. ศึกษาสูตรอาหารแต่ละชนิด
2. โดยการซื้อส่วนผสมของอาหารจากห้องตลาด
3. นำสูตรอาหารปลาดุก (จากตารางอาหารปลาดุก) มาทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบกับผลผลิตในการผสมน้ำ 30 % และ 40 % เทียบกับกระแสไฟฟ้า

วิธีการทดลอง

1. นำส่วนผสมของอาหารที่ผสมไว้ตามอัตราส่วนการผสมของแต่ละสูตรใส่ลงในถังผสมปริมาณ 4.5 kg
2. เปิดสวิทช์ควบคุมมอเตอร์ชุดเพลผสม โดยใช้เวลาในการผสมอาหารในถังผสม 6 นาที
3. เปิดลิ้น ปิด-เปิดช่องส่งอาหารลงชุดอัดเม็ด
4. เปิดสวิทช์มอเตอร์ชุดอัดอาหารเพื่อทำการอัดอาหาร
5. บันทึกผลการทดลอง โดยการเก็บตัวอย่างผลผลิตที่ได้จากการอัดทุก ๆ 1 นาที
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3-5 โดยการผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหารและ 40%

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองครั้งที่ 1 (ผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร)

ครั้งที่เก็บตัว	ปริมาณของผลผลิต	กระแสไฟชุดผสม	กระแสไฟชุดอัด	ผลรวมกระแสไฟ
อย่าง	(kg)	(A)	(A)	(A)
1	1.7	3.2	3.5	6.7
2	1.8	3.3	3.5	6.8
3	1.7	3.3	3.4	6.7
ค่าเฉลี่ย	1.73	3.26	3.46	6.733

ตารางที่ 4.2 การทดลองครั้งที่ 2 (ผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร)

ครั้งที่เก็บตัว	ปริมาณของผลผลิต	กระแสไฟชุดผสม	กระแสไฟชุดอัด	ผลรวมกระแสไฟ
อย่าง	(kg)	(A)	(A)	(A)
1	1.8	3.3	3.5	6.8
2	1.7	3.3	3.5	6.8
3	1.8	3.3	3.5	6.8
ค่าเฉลี่ย	1.767	3.3	3.5	6.8

ตารางที่ 4.3 การทดลองครั้งที่ 3 (ผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร)

ครั้งที่เก็บตัว	ปริมาณของผลผลิต	กระแสไฟชุดผสม	กระแสไฟชุดอัด	ผลรวมกระแสไฟ
อย่าง	(kg)	(A)	(A)	(A)
1	1.9	3.3	3.2	6.7
2	1.8	3.2	3.1	6.5
3	1.9	3.4	3.3	6.8
ค่าเฉลี่ย	1.87	3.3	3.2	6.66

ตารางที่ 4.4 การทดลองครั้งที่ 4 (ผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร)

ครั้งที่เก็บตัว อย่าง	ปริมาณของผลผลิต (kg)	กระแสไฟชุดผสม (A)	กระแสไฟชุดอัด (A)	ผลรวมกระแสไฟ (A)
1	1.9	3.4	3.1	6.6
2	1.7	3.3	3.1	6.6
3	1.7	3.3	3.2	6.6
ค่าเฉลี่ย	1.77	3.33	3.13	6.6

ค่าเฉลี่ยจากการทดลองผสมน้ำที่อัตราส่วนผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร จะได้

$$\frac{1.73 + 1.77}{2} = 1.75 \text{ kg}$$

ค่าเฉลี่ยจากการทดลองผสมน้ำที่อัตราส่วนผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร จะได้

$$\frac{1.87 + 1.77}{2} = 1.82 \text{ k}$$

ประสิทธิภาพการอัดของเครื่อง

จากการคำนวณการอัดอาหารของเครื่อง ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 22.5 kg/hr ในแต่ละครั้งของการผลิตอาหาร 4.5 kg ใช้เวลาในการอัด 3 นาที

$$\text{ผสมน้ำ 30\% ของสูตรอาหาร จะได้ } 4.5 \times 1.3 = 5.85 \text{ kg}$$

$$\text{ผสมน้ำ 40\% ของสูตรอาหาร จะได้ } 4.5 \times 1.4 = 6.30 \text{ kg}$$

จากการทดลองการอัดอาหารของเครื่องผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหารในเวลา 1 นาที ได้ 1.75 kg

$$\therefore \text{ ในเวลา 3 นาที จะได้ } 1.75 \times 3 = 5.25 \text{ kg}$$

ประสิทธิภาพการอัดอาหารของเครื่องผสมน้ำ 30% ของสูตรอาหาร

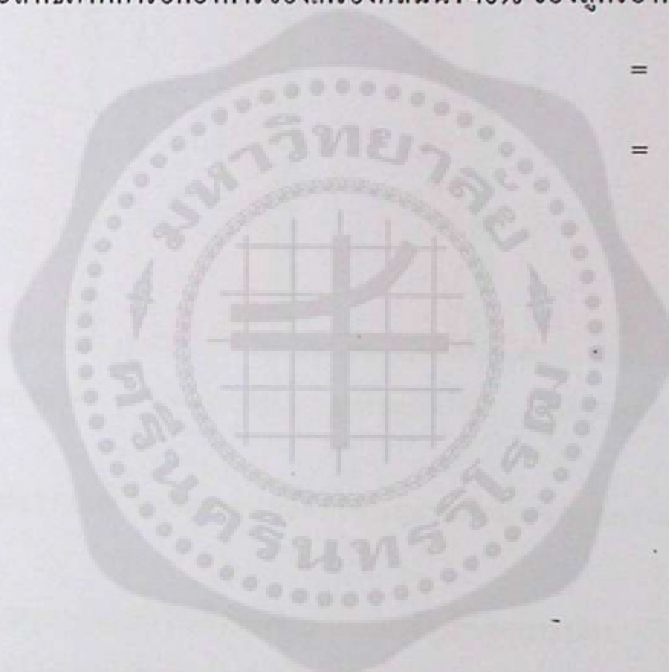
$$\begin{aligned}
 &= \frac{5.25}{5.85} \times 100\% \\
 &= 89.74\%
 \end{aligned}$$

จากการทดลองการอัดอาหารของเครื่องผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหารในเวลา 1 นาที ได้ 1.82 kg

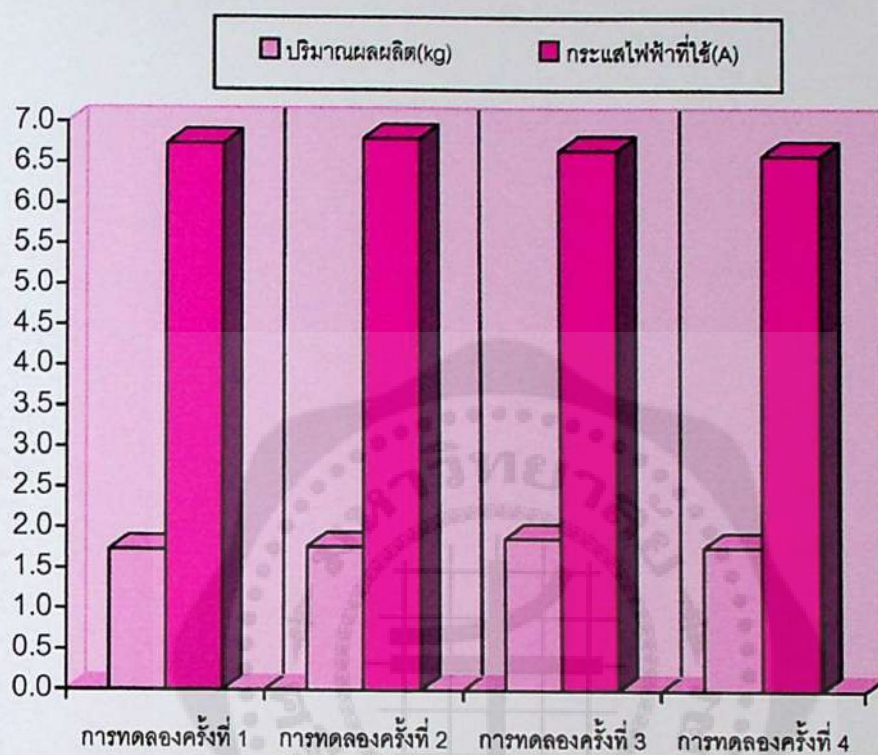
$$\therefore \text{ในเวลา 3 นาที จะได้ } 1.82 \times 3 = 5.46 \text{ kg}$$

ประสิทธิภาพการอัดอาหารของเครื่องผสมน้ำ 40% ของสูตรอาหาร

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5.46}{6.30} \times 100\% \\
 &= 86.67\%
 \end{aligned}$$



กราฟแสดงผลการทดลองปริมาณการผลิต



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองการอัดอาหารสูตรผสมน้ำ 30% และ 40 %

การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของชุดผสมและอัดเม็ดอาหารปลา

เมื่อภาระ (P), วัตต์

แรงดันตกคร่อม (E), โวลต์

อัตราค่าไฟฟ้าคิดตามการไฟฟ้าภูมิภาค

$$= 2.4649 \text{ สตางค์ต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง}$$

ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า

$$= 1.2$$

$$= 0.77 \times 0.24649 \times 1.2$$

$$= 0.2277 \text{ บาทต่อชั่วโมง}$$

รวมค่าไฟฟ้ามอเตอร์ 2 ตัว

$$= 0.2277 \times 2$$

$$= 0.455 \text{ บาทต่อชั่วโมง}$$



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินออกแบบสร้างและทดสอบการทำงาน มาตั้งแต่ต้นจนจบ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลของอาหารปลาสำเร็จรูป ทำให้ทราบถึงที่มาของส่วนผสมและวิธีการทำอาหารปลาสำเร็จรูป ตลอดจนสูตรต่างๆ ตามแต่ละชนิดของปลา ผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนผสมน้ำที่ 40% จะกินกระส่าย น้อยกว่าที่อัตราส่วนผสมน้ำที่ 30% และลักษณะของอาหารที่ออกมาจะมีการเกาะตัวกันค่อนข้างแน่นไม่แตกร่วนง่าย ส่วนลักษณะของอาหารที่อัตราส่วนผสมน้ำที่ 30% จะค่อนข้างร่วนฉุยหาย ดังนั้นที่อัตราส่วนผสมน้ำที่ 40% จะมีประสิทธิภาพดีกว่า และลักษณะที่เกาะตัวดีกว่าดังรูปที่ 7 ในภาคผนวกที่ 2

ในการศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป ทำให้รู้ถึงหลักการคำนวณการออกแบบทางทฤษฎี ซึ่งเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูปนี้ จะรวมการผสมและการอัดเป็นหน่วยเดียวกัน เพื่อลดต้นทุนการผลิต เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาหารสัตว์อัดเม็ดชนิดอื่นได้

ข้อเสนอแนะ

การทำงานของเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูปแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ชุดผสมกับชุดอัด ในชุดผสมจะเห็นว่าเป็นการผสมที่รอบคอบ การผสมสูตรอาหารและการผสมน้ำต้องใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมกับเครื่อง เพราะถ้าผสมน้ำมากจะทำให้อาหารที่ผสมเกาะติดอยู่ที่ใบผสมมากเกินไปเพราะความหนืดที่เกิดจากน้ำรวมตัวกับอาหาร

ในส่วน of ชุดลูกสูบอัด สูตรผสมอาหารและน้ำมีผลต่อการอัดตัวและการเกาะตัวเป็นเส้นของอาหารด้วยและอาหารที่นำมาใช้ควรเป็นอาหารที่บดละเอียดแล้ว เพื่อป้องกันการอุดตันที่เป็นพิมพ์

ในส่วนของคุณลักษณะ สูตรผสมอาหารและน้ำมีผลต่อการอัดตัวและการเกาะตัวเป็นเส้นของอาหารคั่วและอาหารที่นำมาใช้ควรเป็นอาหารที่บดละเอียดแล้ว เพื่อป้องกันการอุดตันที่เป็นพิมพ์

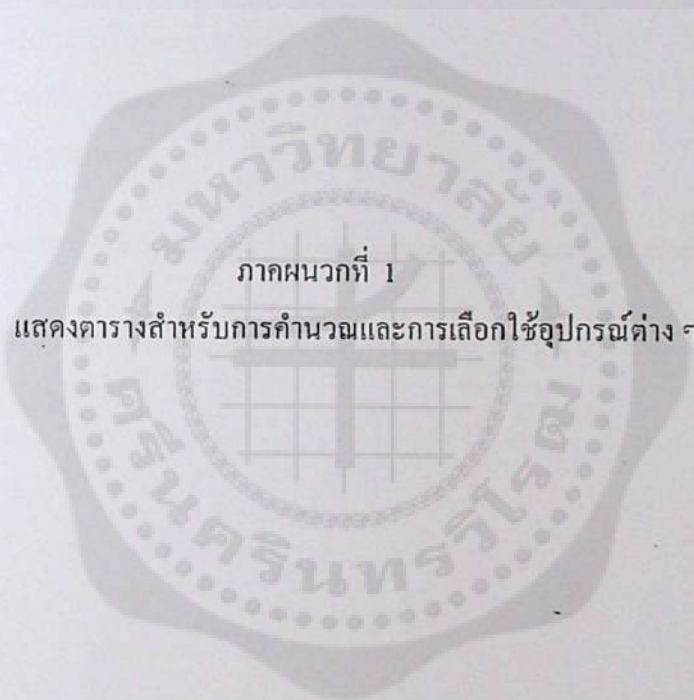
กรณีมีผู้สนใจจะนำเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูปไปใช้งานหรือทำวิจัยต่อไปอาจเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุได้ เช่น ขนาดของมอเตอร์ ขนาดของลูกสูบให้ใหญ่กว่าเดิม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเครื่องทดสอบนี้เป็นเพียงเครื่องผลิตอาหารขนาดเล็กเหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาให้มีขนาดและประสิทธิภาพสูงกว่านี้ได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตอาหารของเกษตรกรให้เหมาะกับเครื่องเพื่อลดต้นทุนในการซื้ออาหารในท้องตลาด



บรรณานุกรม

1. บรรเลง ศรีนิล และ กิตติ นิงสานนท์, การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล, โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
2. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 10 บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2534.
3. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2535.
4. สุรเชษฐ์ รุ่งวัฒนพงษ์, กลศาสตร์ของแข็ง, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2536.
5. บรรเลง ศรีนิล และประเสริฐ กิ้วยสมบุรณ์, ตารางโลหะ, โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
6. วัชรชัย ภูมรินทร์, การออกแบบเครื่องจักรกล, ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต, โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.



ภาคผนวกที่ 1

แสดงตารางสำหรับการคำนวณและการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ

ตารางภาคผนวกที่ 1.1 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสั่นไหวหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลาหมุน :		
แรงสั่นไหวหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 ศ.ดร.วิฑูรย์ อึ้งภากรณ์, รศ.ชาญ ถนัดงาน บริษัท ซีเอ็ด
ยูเคชั่น จำกัด ; 2534

ตารางภาคผนวกที่ 1.2 เหล็กคาร์บอนที่ผ่านกรรมวิธีดิ่งเย็นและแต่งผิวให้เรียบร้อยสำหรับทำเพล

มาตรฐานและชนิด	สัญลักษณ์	กรรมวิธีชุบแข็ง	ความเค้นดึง (กก./มม. ²)
เหล็กคาร์บอน (JIS.G.4501)	S30C	อบอ่อนนอกเตา	48 หรือมากกว่า
	S35C	อบอ่อนนอกเตา	52 หรือมากกว่า
	S40C	อบอ่อนนอกเตา	55 หรือมากกว่า
	S45C	อบอ่อนนอกเตา	58 หรือมากกว่า
	S50C	อบอ่อนนอกเตา	62 หรือมากกว่า
	S55C	อบอ่อนนอกเตา	66 หรือมากกว่า
เหล็กคาร์บอน ดิ่งเย็น แต่งผิวเรียบ	S35C-D	-	53 หรือมากกว่า
	S45C-D	-	60 หรือมากกว่า
	S55C-D	-	72 หรือมากกว่า
	SNC2	-	85 หรือมากกว่า
เหล็กผสมนิเกิล โครเมียม (JIS.G.4102)	SNC3	-	95 หรือมากกว่า
	SNC21	การทำผิวแข็งเปลี่ยน ส่วนผสมทางเคมี	80 หรือมากกว่า
	SNC 22	-	100 หรือมากกว่า
	SNCM 1	-	85 หรือมากกว่า
เหล็กผสมนิเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม (JIS.G.4103)	SNCM 2	-	95 หรือมากกว่า
	SNCM 7	-	100 หรือมากกว่า
	SNCM 8	-	105 หรือมากกว่า
	SNCM 22	การทำผิวแข็งเปลี่ยน ส่วนผสมทางเคมี	90 หรือมากกว่า
	SNCM 23	-	100 หรือมากกว่า
	SNCM 25	-	120 หรือมากกว่า

ที่มา : การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สมยศ จันเกษม ชิโซคัสตี ซิงะ
สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ

ตารางภาคผนวกที่ 1.3 แสดงขนาดระบุของเพลามาตรฐาน ISO/R 775-1969

6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , รศ.ชาญ ถนัดงาน บริษัท ซีเอ็ดยู
เทชั่น จำกัด ; 2534

ตารางภาคผนวกที่ 1.4 ความเค้นคัดที่ขอมให้ σ_u ของวัสดุที่ใช้ทำเฟือง

ประเภทวัสดุ	สัญลักษณ์ ของวัสดุ	ความแข็งแรง ดึง σ_b (kg/mm ²)	ความแข็ง(บริเนล) H_b	ความเค้นคัดที่ขอม ให้ σ_u (kg/mm ²)
เหล็กหล่อ	FC 15	≥ 15	140-160	7
	FC 20	≥ 20	160-180	9
	FC 25	≥ 25	180-240	11
	FC 30	≥ 30	190-2400	13
เหล็กเหนียวหล่อ	SC 42	≥ 42	140	12
	SC 46	≥ 46	160	19
	SC 49	≥ 49	190	20
เหล็กเหนียวคาร์บอน	SC 25 C	≥ 45	123-183	21
สำหรับโครงสร้าง	SC 35 C	≥ 52	149-207	26
เครื่องจักร	SC 45 C	≥ 58	167-229	30
เหล็กผสมผ่าน	S 15 CK	≥ 50	ชุบน้ำมัน	30
กรรมวิธีที่ชุบให้แข็ง			อุณหภูมิ 400	
	SNC 21	≥ 80	ชุบน้ำอุณหภูมิ	35-40
	SNC 22	≥ 100	600	40-55
เหล็กผสม	SNC 1	≥ 75	212-255	35-40
นิเกิล-โครเมียม	SNC 2	≥ 85	248-302	40-60
	SNC 3	≥ 95	269-321	40-60
สัณฐาน	-	≥ 18	85	≥ 5
โลหะเคลือบ	-	35-60	-	10-20
สัณฐานผสม	-	19-30	70-100	5-7
ฟอสฟอรัส (หล่อ)				
สัณฐานผสมนิเกิล (หล่อ) -		64-90	180-260	20-30

ที่มา : การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สมยศ จันเกษม ชิโยคัสสี ชิงะ สมาคมส่งเสริมความรู้
ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ

ตารางภาคผนวกที่ 1.5 ตารางระบุขนาดของสลักเกลียว

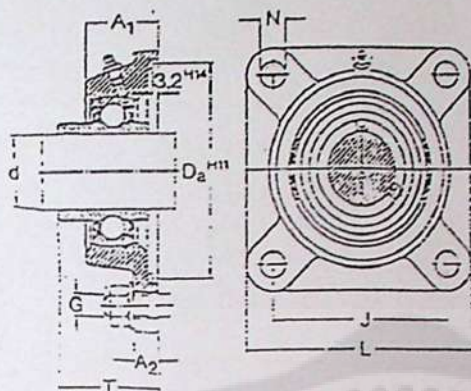
ขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง กลางระบุ	ระยะพิคซ์ P	ขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง กลางพิคซ์	ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลางน้อย		พื้นที่รับความเค้น $A_s \text{ mm}^2$
ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	d_2, D_2	d_1	D_1	
3.5	0.60	3.110	2.764	2.850	6.78
4	0.70	3.545	3.141	3.242	8.78
4.5	0.75	4.013	3.580	3.688	11.3
5	0.80	4.480	4.019	4.134	14.2
6	1	5.350	4.773	4.917	20.1
8	1.25	7.183	6.466	6.647	36.6
9	1.25	8.188	7.466	7.647	48.1
10	1.50	9.026	8.160	8.376	58.0
11	1.50	10.026	9.160	9.376	72.3
12	1.75	10.863	9.853	10.106	84.3
14	2	12.701	11.546	11.835	115
16	2	14.701	13.546	13.835	157
18	2.50	16.376	14.933	15.294	192
20	2.50	18.376	16.933	17.294	245
22	2.50	20.376	18.933	19.294	303
24	3	22.051	20.319	20.752	353
27	3	25.051	23.319	23.752	459
30	3.50	27.727	25.706	26.211	561
33	3.50	30.727	28.706	29.211	694
36	4	33.402	31.093	31.670	817
39	4	36.402	34.093	34.670	976
42	4.50	39.077	36.479	37.129	1120

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, รศ.ชาญ ถนัดงาน บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

ตารางภาคผนวกที่ 1.6 มาตรฐานคลัทช์ลูกปืน Y-Bearing

Y-bearing flanged units
with cast housing
d 12-100 mm

ชุดคลัทช์ลูกปืนวาย แบบหน้าแปลน
ชนิดตัวเสื้อเหล็กหล่อ
d 12-100 มม.



Dimensions										Mass	Designations	Housing	Y-bearing
d	A ₁	A ₂	D _a	J	L	N	G	T		Unit ¹⁾			
mm										kg	-		
12	26	11	55,6	52	76	11,5	10	39,1	0,48	FY 12 FM	FY 503 M	YET 203/12	
								32,9	0,47	FY 12 TF	FY 503 M	YAR 203/12-2F	
15	26	11	55,6	52	76	11,5	10	39,1	0,47	FY 15 FM	FY 503 M	YET 203/15	
								32,9	0,45	FY 15 TF	FY 503 M	YAR 203/15-2F	
17	26	11	55,6	54	76	11,5	10	39,1	0,46	FY 17 FM	FY 503 M	YET 203	
								40,4	0,48	FY 17 WM	FY 503 M	YEL 203	
								32,9	0,44	FY 17 TF	FY 503 M	YAR 203-2F	
20	29,5	11	68,3	63,5	86	11,5	10	42,5	0,62	FY 20 FM	FY 504 M	YET 204	
								45,6	0,65	FY 20 WM	FY 504 M	YEL 204	
								37,3	0,60	FY 20 TF	FY 504 M	YAR 204-2F	
								39,5	0,60	FY 20 KG	FY 504 M	362004 STN	
25	30	12	74,6	70	95	11,5	10	42,5	0,76	FY 25 FM	FY 505 M	YET 205	
								45,6	0,83	FY 25 WM	FY 505 M	YEL 205	
								36,8	0,77	FY 25 TF	FY 505 M	YAR 205-2F	
								39,5	0,77	FY 25 KG	FY 505 M	362005 STN	
30	32,5	13	93,7	82,5	105	11,5	10	46,7	1,10	FY 30 FM	FY 506 M	YET 206	
								50,1	1,20	FY 30 WM	FY 506 M	YEL 206	
								42,2	1,10	FY 30 TF	FY 506 M	YAR 206-2F	
								43	1,10	FY 30 KG	FY 506 M	362006 STN	
35	34,5	12	106,4	92	116	14	12	50,4	1,50	FY 35 FM	FY 507 M	YET 207	
								53,3	1,55	FY 35 WM	FY 507 M	YEL 207	
								46,2	1,40	FY 35 TF	FY 507 M	YAR 207-2F	
								45,5	1,45	FY 35 KG	FY 507 M	362007 S	
40	36,5	14	115,9	101,5	130	14	12	56,7	1,95	FY 40 FM	FY 508 M	YET 208	
								59,9	2,05	FY 40 WM	FY 508 M	YEL 208	
								54,2	1,90	FY 40 TF	FY 508 M	YAR 208-2F	
								51	1,90	FY 40 KG	FY 508 M	362008 S	

¹⁾ The units FY-WM are also available with flingers or locked flingers; they then carry the suffixes F or L, e.g. FY 17 WF or FY 17 WL.
The units FY-TF are also available with locked flingers or without flingers; they then carry the suffixes L or M, e.g. FY 12 TL or FY 12 TM.

SXF

ที่มา : คู่มือคลัทช์ลูกปืนบริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย) จำกัด , บริษัท นิวไวกเทค การพิมพ์

ตารางภาพผนวกที่ 1.6 มาตรฐานคลัตช์ลูกปืน Y-Bearing (ต่อ)

Series FY-FM

Series FY-WM

Series FY-TF, FYJ-TG

Series FY-KG

Dimensions

Mass

Designations
Unit¹⁾

Housing

Y-bearing

d A₁ A₂ D₁ J L N G T

mm

kg

45	39	14	119,1	105	137	15	14	56,7 58,9 54,2	2,15 2,25 2,10	FY 45 FM FY 45 WM FY 45 TF	FY 509 M FY 509 M FY 509 M	YET 209 YEL 209 YAR 209-2F
50	43	15	125,4	111	142	18	16	60,7 65,1 60,5	2,55 2,70 2,50	FY 50 FM FY 50 WM FY 50 TF	FY 510 M FY 510 M FY 510 M	YET 210 YEL 210 YAR 210-2F
55	47,5	16	130,8	130	162	18	16	67,4 74,6 64,4	3,60 3,85 3,60	FY 55 FM FY 55 WM FY 55 TF	FY 511 M FY 511 M FY 511 M	YET 211 YEL 211 YAR 211-2F
60	52	17	161,9	145	175	18	16	80,8 73,7	5,00 4,60	FY 60 WM FY 60 TF	FY 512 M FY 512 M	YEL 212 YAR 212-2F
65	52,5	17	161,9	149,5	187	18	16	73,7	5,30	FY 65 TF	FY 513 M	YAR 213-2F
70	51	22	161,9	152	193	19	16	76,1	6,00	FYJ 70 TG	FYJ 514	YAJ 214-2F
80	55,5	23	179,4	165	208	22	20	84,3	7,50	FYJ 80 TG	FYJ 515	YAJ 216-2F
90	65	25	193,7	167	235	22	20	97,9	11,5	FYJ 90 TG	FYJ 516	YAJ 216-2F
100	70	25	215,9	210	265	27	24	110,1	15,0	FYJ 100 TG	FYJ 520	YAJ 220-2F

¹⁾ The units FY-WM are also available with flingers or floored flingers: they then carry the suffixes F or L, e.g. FY 45 WF or FY 45 WL.

The units FY-TF and FYJ-TG are also available with floored flingers or without flingers: they then carry the suffixes L or M and P or J respectively, e.g. FY 45 TL or FY 45 TM and FYJ 70 TP or FYJ 70 TJ.

SKF

ที่มา : คู่มือคลัตช์ลูกปืนบริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท นิวไวกอล์ฟ การพิมพ์

ตารางภาคผนวกที่ 1.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลื่นหน้าตัด B ต่อเส้น P_R สำหรับสาย

พานยาว $L_p = 2282$ mm. และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	μ	ความเร็วรอบของล้อลาหนเ็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
112	1.00	1.23	1.36	1.55	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	1.27	1.41	1.60	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.36	1.50	1.71	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.39	3.49
	1.50	1.42	1.58	1.80	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≥ 3.00	1.47	1.63	1.85	1.94	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
125	1.00	1.56	1.73	1.98	2.05	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	1.60	1.78	2.03	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	1.69	1.87	2.14	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.75	1.95	2.23	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≥ 3.00	1.80	2.00	2.29	2.39	2.75	3.17	3.69	3.96	4.41	4.79	4.97
140	1.00	1.94	2.16	2.47	2.57	2.95	3.38	3.91	4.16	4.57	4.85	4.92
	1.05	1.98	2.20	2.52	2.63	3.02	3.47	4.01	4.28	4.71	5.02	5.11
	1.20	2.06	2.30	2.63	2.74	3.16	3.63	4.22	4.51	4.99	5.35	5.48
	1.50	2.13	2.37	2.72	2.83	3.27	3.77	4.39	4.70	5.21	5.61	5.78
	≥ 3.00	2.17	2.42	2.76	2.90	3.35	3.86	4.50	4.83	5.37	5.80	5.98
160	1.00	2.43	2.71	3.11	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.05	2.47	2.76	3.16	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.20	2.55	2.85	3.27	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	1.50	2.62	2.92	3.36	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	≥ 3.00	2.66	2.98	3.42	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.92	3.25	3.73	3.88	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.04	6.93
	1.05	2.96	3.30	3.79	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.20	3.04	3.39	3.90	4.06	4.66	5.39	6.23	6.65	7.22	7.54	7.49
	1.50	3.10	3.47	3.99	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	≥ 3.00	3.15	3.52	4.05	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.39	3.79	4.35	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.05	3.44	3.83	4.40	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.20	3.52	3.93	4.51	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.06
	1.50	3.58	4.00	4.60	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.58	8.36
	≥ 3.00	3.63	4.05	4.66	4.86	5.60	6.44	7.43	7.88	8.52	8.77	8.56
224	1.00	3.96	4.41	5.06	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.05	4.00	4.46	5.12	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.20	4.08	4.55	5.23	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	1.50	4.14	4.63	5.32	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.29		
	≥ 3.00	4.19	4.66	5.38	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		

สำหรับประกอบแก้ไขความยาวลาหน N_1

L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
N_1	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L_p	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
N_1	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ความยาวคดง $L_p = L_i + 43$ (mm)

L_i	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2650	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3550	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

ตารางภาคผนวกที่ 1.8 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลัด

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ

ชนิดของอุปกรณ์ขับ

ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ

มอเตอร์กระแสสลับ : Normal torque squirrel cage; synchronus and split phase.

มอเตอร์กระแสตรง : Shunt wound

เครื่องชนิดสันดาปภายใน : ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm

มอเตอร์กระแสสลับ : High torque , high slip, Repulsion induction, series wound and slip ring.

มอเตอร์กระแสตรง : Series wound and compound wound

เครื่องชนิดหนึ่งสูบ
เครื่องชนิดสันดาปภายใน : ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน กลัทซ์

ชั่วโมงการทำงานต่อวัน

ชั่วโมงการทำงานต่อวัน

< 10

10-16

> 16

< 10

10-16

> 16

งานเบา

เครื่องกวาดของเหลว,เครื่องเป่าลม,เครื่องอัดลมแบบหอยโข่ง พัดลมที่มีกำลังถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา

1.0

1.1

1.2

1.1

1.2

1.3

งานปานกลาง :

สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของชั้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลาเมน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses – shears, เครื่องพิมพ์, Positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า

1.1

1.2

1.3

1.2

1.3

1.4

ตารางภาคผนวกที่ 1.8 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม (ต่อ)

งานหนัก :

เครื่องทำอิฐ, bucket elevators,

exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลม

แบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, 1.2 1.3 1.4 1.4 1.5 1.6

hammer mills, paper mills beaters,

positive displacement blowers,

เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักร

กลงานไม้, เครื่องทอผ้า

งานหนักพิเศษ :

Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), mills

(Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber 1.3 1.4 1.5 1.5 1.6 1.8

calenders-extruders-mills

ตารางภาคผนวกที่ 1.9 แสดงค่าตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลื่น

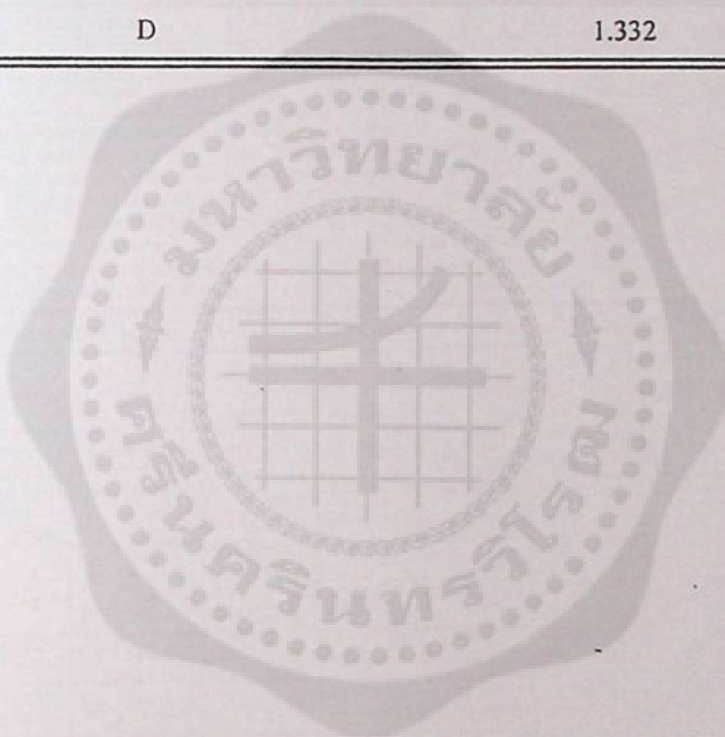
$\frac{D_P - d_P}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha \approx$	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

ตารางภาคผนวกที่ 1.10 แสดงค่าตัวประกอบใช้งาน

k_i	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 1.11 แสดงค่าตัวประกอบ k_2

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332



ตารางภาคผนวกที่ 1.12 แสดงการเลือกใช้เหล็กเหนียว

เหล็กเหนียว (Steel)

เหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป (Structural steel)

DIN 17100 (9. 66)

คุณสมบัติทั่วไป		คุณสมบัติสูง		คุณสมบัติพิเศษ		C	ทนแรงดึง	ความแข็งแรง	ความเหนียว	การกัดกร่อน	คุณสมบัติและการใช้งานของเหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไปตาม DIN 17100 โดยไม่มีการปรับปรุงคุณภาพความเหนียว
ชื่อย่อ	เลขที่วัสดุ	ชื่อย่อ	เลขที่วัสดุ	ชื่อย่อ	เลขที่วัสดุ	เป็น %	N/mm ²	N/mm ²	in %		
St 33-1	1.0033	St 33-2	1.0035	—	—	—	320...490	185	18		สำหรับชิ้นส่วนที่ไม่สำคัญ
U St 34-1	1.0055	U St 34-2	1.0028	—	—	0,17	330...410	205	28		สำหรับโครงสร้างธรรมดา งานค้ำยันรูป, เหล็ก, สลัก
U St 37-1	1.0065	U St 37-2	1.0036	St 37-3	1.0116	0,20	360...440	235	25		
U St 42-1	1.0075	U St 42-2	1.0042	St 42-3	1.0136	0,25	410...490	255	22		
—	—	R St 46-2	1.0477	St 46-3	1.0483	0,20	430...530	285	22		
—	—	—	—	St 52-3	1.0570	0,20	510...610	355	22		สำหรับความแข็งแรงสูง
St 50-1	1.0052	St 50-2	1.0050	—	—	0,25	490...590	295	20		เคื่อง, ฝา, สลักวาง
St 60-1	1.0062	St 60-2	1.0060	—	—	0,35	590...710	335	15		
—	—	St 70-2	1.0070	—	—	0,50	690...840	365	10		ชิ้นส่วนที่รับภาระมาก

ในตารางนี้เป็นรายชื่อเหล็กที่มีคุณสมบัติเหล็กใช้กันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งบางส่วนของเหล็กตาม DIN 17100 ความจริงคือ : เหล็กทั้งหมดของเหล็กกล้า 1 และ 2 ห่อแบบไม่กำจัดแก๊ส (un-killed) หรือกำจัดแก๊ส (killed) ซึ่งจะมีค่าดัชนี U หรือ R นำหน้าเช่น U St 37-2 หรือ R St 37-2 เหล็กตั้งแต่ St 42-3 ถึง St 70-2 จะห่อแบบกำจัดแก๊ส (killed) กลุ่มคุณภาพ 3 ห่อแบบกำจัดแก๊สพิเศษ Special Killed) ไม่ต้องเขียนตัวอักษรย่อกรรมวิธีห่อ ยกเว้นเหล็ก R St 46-2

สำหรับเหล็กกลุ่มคุณภาพ 2 และ 3 ผู้ใช้งานควรตรวจสอบกรรมวิธีห่อเหล็กกับบริษัทผู้ผลิตโดยต้องการ เช่น YRSt 37-2 (เหล็กเป่าออกซิเจน ห่อแบบกำจัดแก๊ส (killed))

ความหนาแน่นของเหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$

เหล็กแผ่นบาง (เหล็กแผ่นที่มีความหนาน้อยกว่า 3 มม.)

ลักษณะผิว

DIN 1623 T1 (11.72)

ชนิดของผิว					ลักษณะผิว					
สัญลักษณ์	ลักษณะผิว				สัญลักษณ์	ลักษณะผิว				
01	อบในกล่อง ผิวหยาบผิวผิวผิว Normalizing ผิวหยาบผิวผิวผิว ผิวไม่เรียบ ผิวหยาบผิว ผิวเรียบผิว ผิวเรียบผิว				m	ผิวเรียบ มันวาวเรียบ				
02						เป็นเส้น เส้นสม่ำเสมอ				
03						หยาบ ทำให้ผิวหยาบ				
04										
05										
คุณภาพ	ชื่อย่อ	เลขวัสดุ	C	ทนแรงดึง	ความแข็งแรง	ความเหนียว	การกัดกร่อน	ความเหนียว	การกัดกร่อน	ชนิดและลักษณะผิว
ทั่วไป	ชื่อย่อ	เลขวัสดุ	เป็น %	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	เป็น %	N/mm ²	เป็น %	
คุณภาพทั่วไป	TS10	1.0022.1	0,15	280...500	—	—	—	—	—	01 02 03
ในทางค้ำยัน	US12	1.0330.3	0,10	280...420	—	24	—	—	—	03 04 05
ในการขึ้นรูปด้วย	RS13	1.0333.5	0,10	280...400	270	27	—	—	—	03 04 05
ในการขึ้นรูปด้วยพิเศษ	RRS14	1.0336.6	0,10	280...380	240	30	—	—	—	04 05

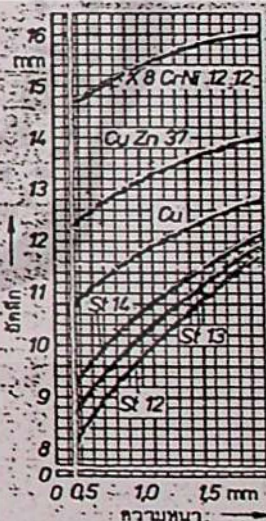
ค่าที่ได้อาจการทดสอบโดยการขึ้นรูปด้วย (Erichsen test)

ตัวอย่าง สัญลักษณ์ T St 10 02 หมายความว่า TS10 = คุณภาพเหล็กแผ่นบางทั่วไป จากเตาไหม้ 02 = ผิวผิวผิว Normalizing, RRS14 05 หมายความว่า RRS14 = เหล็กแผ่นบางสำหรับขึ้นรูปด้วยพิเศษที่ผ่านการหล่อโดยกำจัดแก๊ส (killed); 0,5 = ผิวเรียบผิว 0 = ผิวเป็นเส้น

เหล็กแผ่นบางจากเหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป

DIN 1623 T2 (1. 61)

จากเหล็กโครงสร้างทั่วไปตาม DIN 17100 St 37, St 37-2, St 42-2, St 50-2, St 52-2, St 52-3, St 60-2, St 70-2 ทั่ว ๆ ไป ผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นบาง สัญลักษณ์สำหรับเหล็กแผ่นบางใช้เช่นเดียวกับเหล็กแผ่นบาง ตาม DIN 1623/1 ส่วนมากผิวหยาบเป็นเส้น



ค่าที่ได้จากการทดสอบ โดยการใช้วิธี Brinell (Brinell test)

ตารางที่ 13. แสดงผลการทดลองแรงอัด

การทดลองที่	มวลที่ใช้กดอัด (kg)
1	51.0
2	50.4
3	48.0
4	51.8
5	49.5

ตารางที่ 14. แสดงผลการทดลองค่าแรงดึงของใบผสมอาหาร

รัศมี (m)	แรงดึง (kg)			แรงบิดเฉลี่ย (N.m)	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	
0.25	8.0	8.0	8.0	8.0	19.62
0.28	7.5	7.5	8.0	7.7	21.15
0.31	7.0	7.5	8.0	7.5	22.81





ภาพผนวกที่ 2.1 แสดงเครื่องผสมอาหารปลาสำเร็จรูป (รูปด้านข้าง)



ภาคผนวกที่ 2.2 แสดงรูปเครื่องผสมอาหารปลาสำเร็จรูป (รูปด้านหน้า)



ภาคผนวกที่ 2.3 แสดงชุดผสมอาหาร



ภาพผนวกที่ 2.4 แสดงชุดอัดเม็ดอาหารสำเร็จรูป



ภาคผนวกที่ 2.5 แสดงชุดผสมอาหารปลาสำเร็จรูป



ภาคผนวกที่ 2.6 แสดงผลการทดลองที่ผสมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์

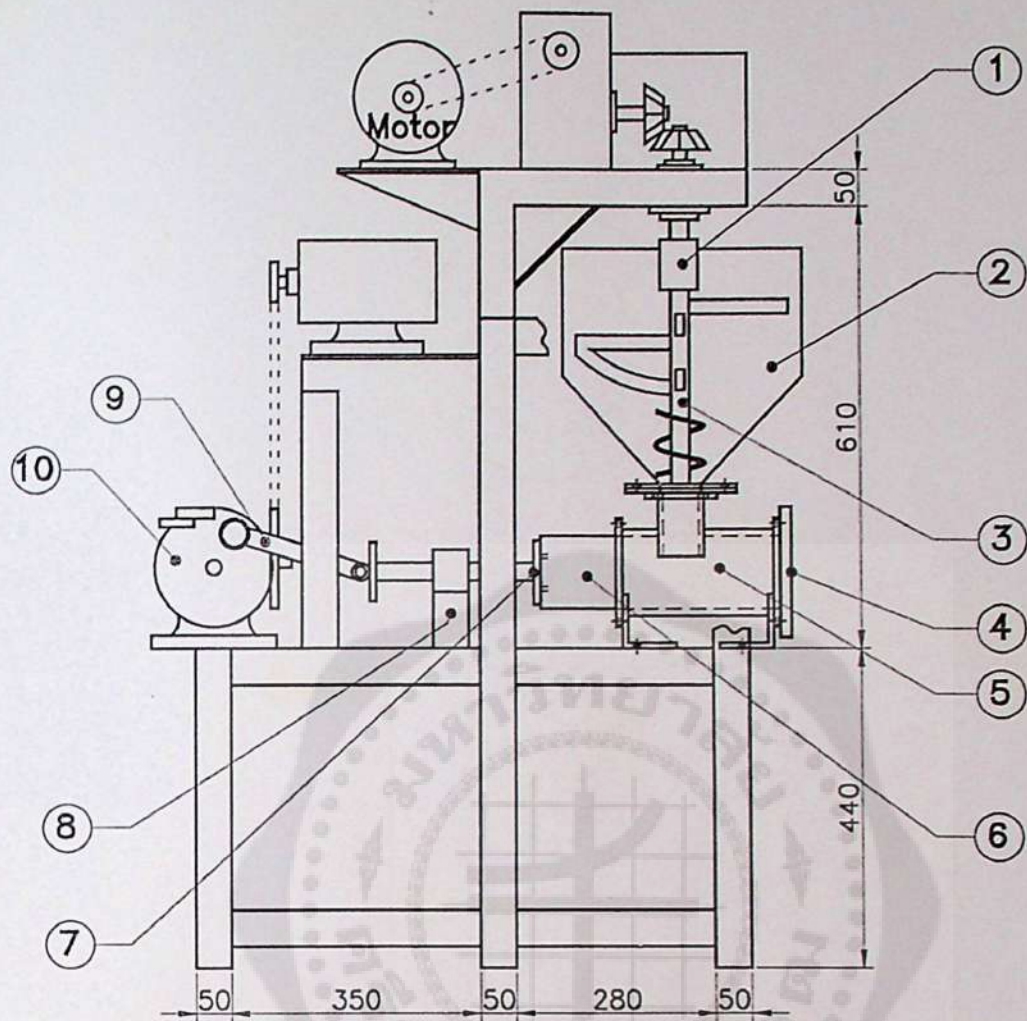


ภาคผนวกที่ 2.7 แสดงผลการทดลองที่ผสมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์

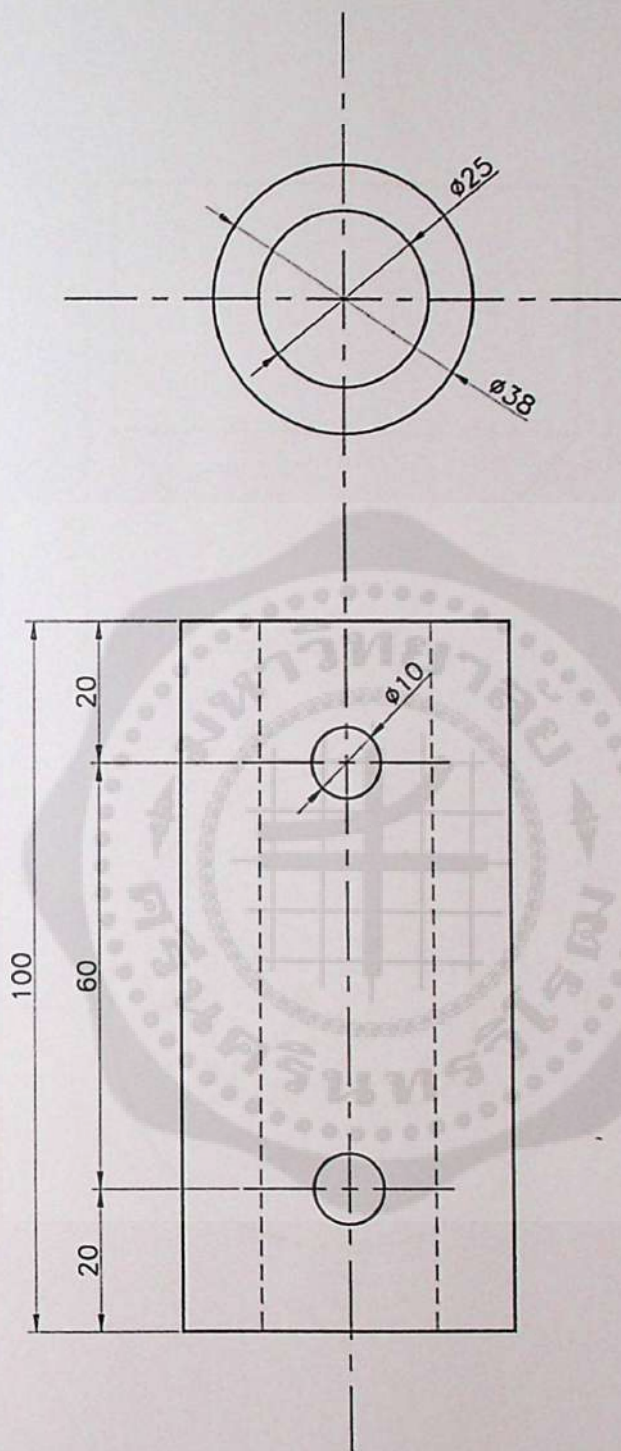


ภาคผนวกที่ 3

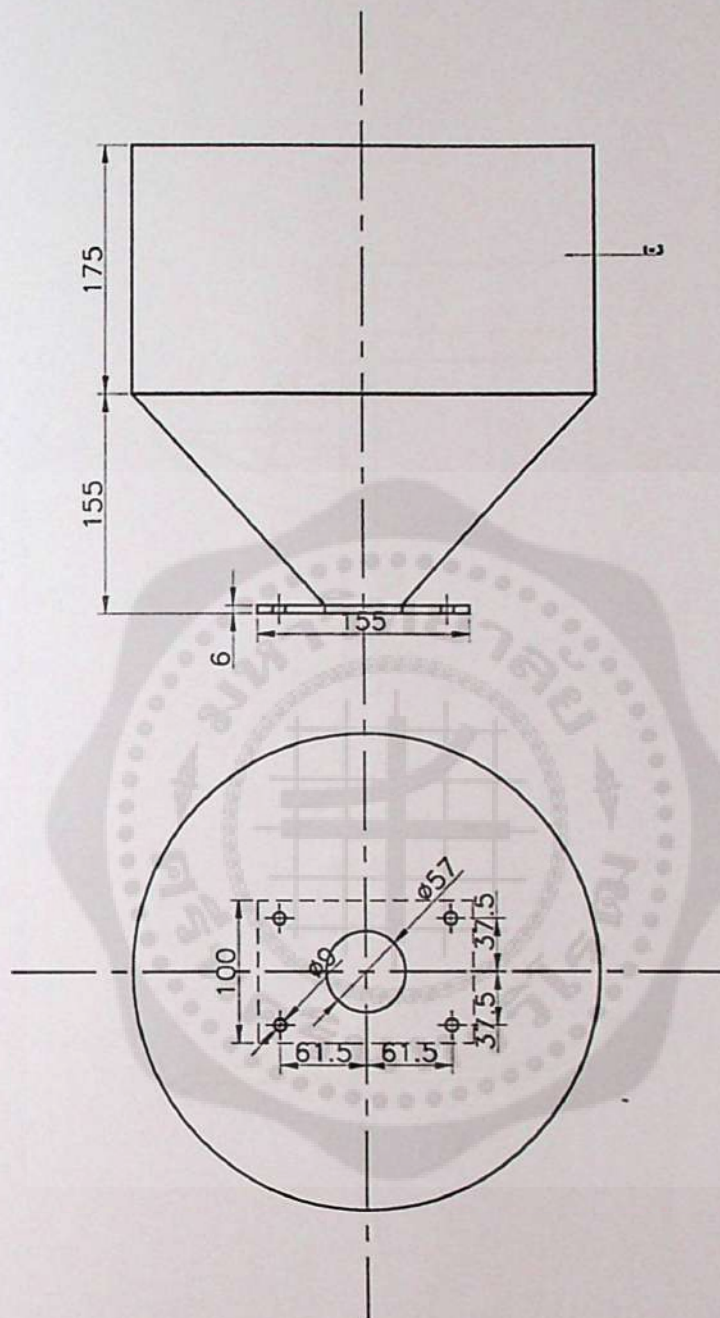
แสดงแบบเครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป



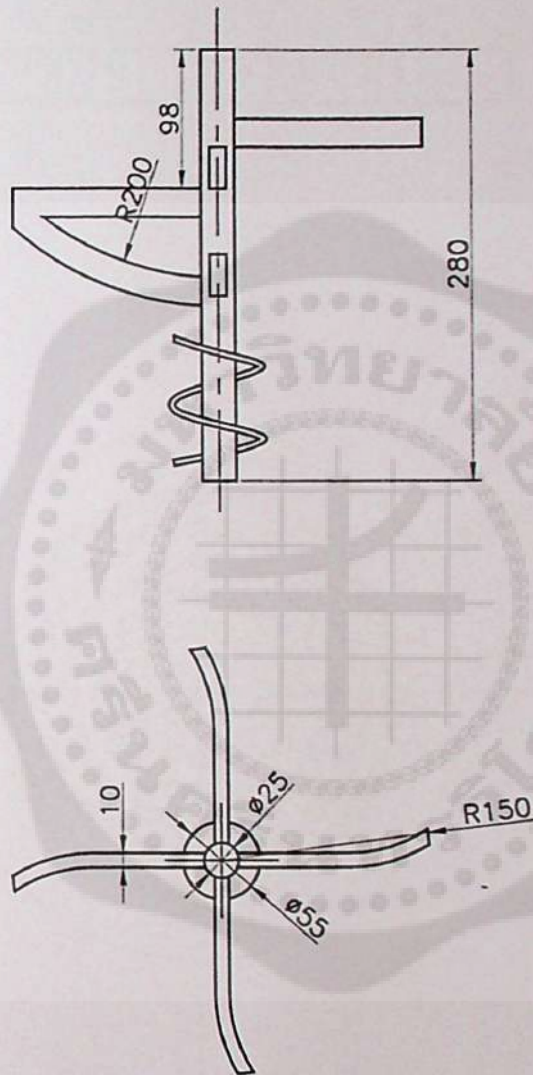
10.		ล้อขอเหวี่ยง	
9.		กานสับ	
8.		ปลอกกานสับ	
7.		แป้นยึดลูกสูบ	
6.		ลูกสูบ	
5.		กระบอกสูบ	
4.		แม่พิมพ์	
3.		เพลาลูกสูบ	
2.		ถังผสม	
1.		ปลอกยึดเพลาลูกสูบ	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด	
ผู้เขียน อติศร	ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแฟ้ม
			วันที่ DATE
			มาตราส่วน 1:10
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์		เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป	
		MT-001	แก้ไขครั้งที่ 1 แผ่นที่ 1/11



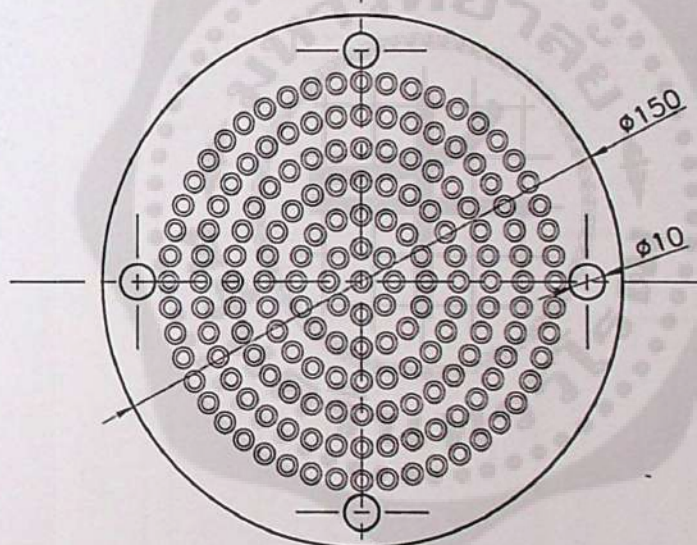
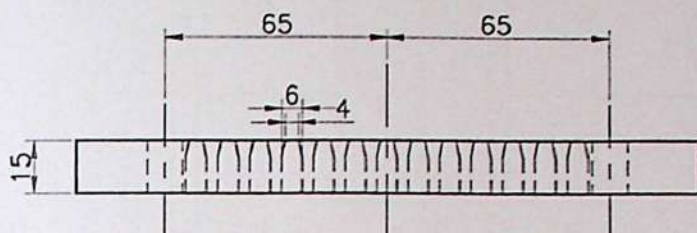
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด					
ผู้เขียน อดิสร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแฟ้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:1	
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป			
				MT-001-1	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 2/11	



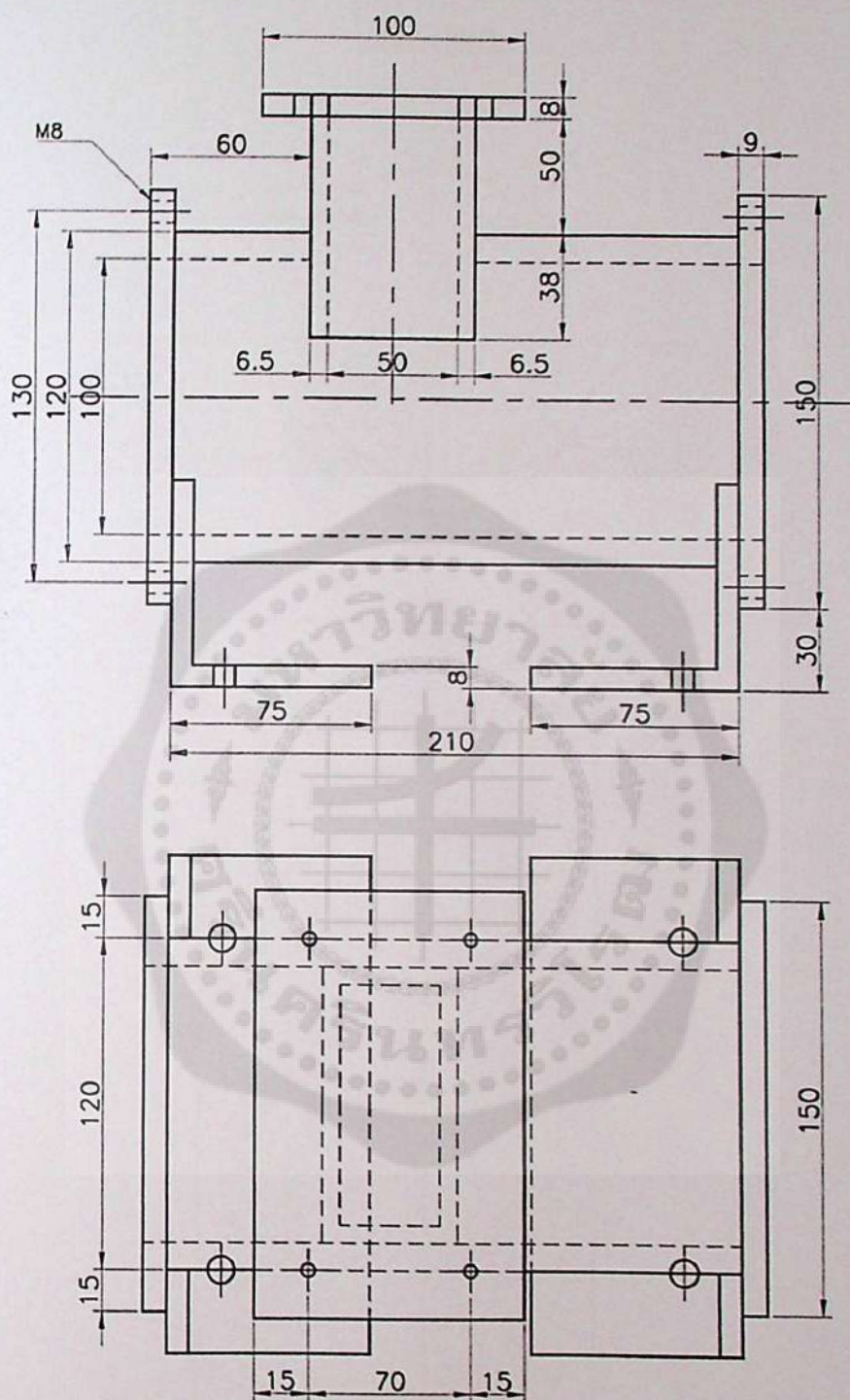
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด				
ผู้เขียน อติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแท้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:5
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-2	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 3/11



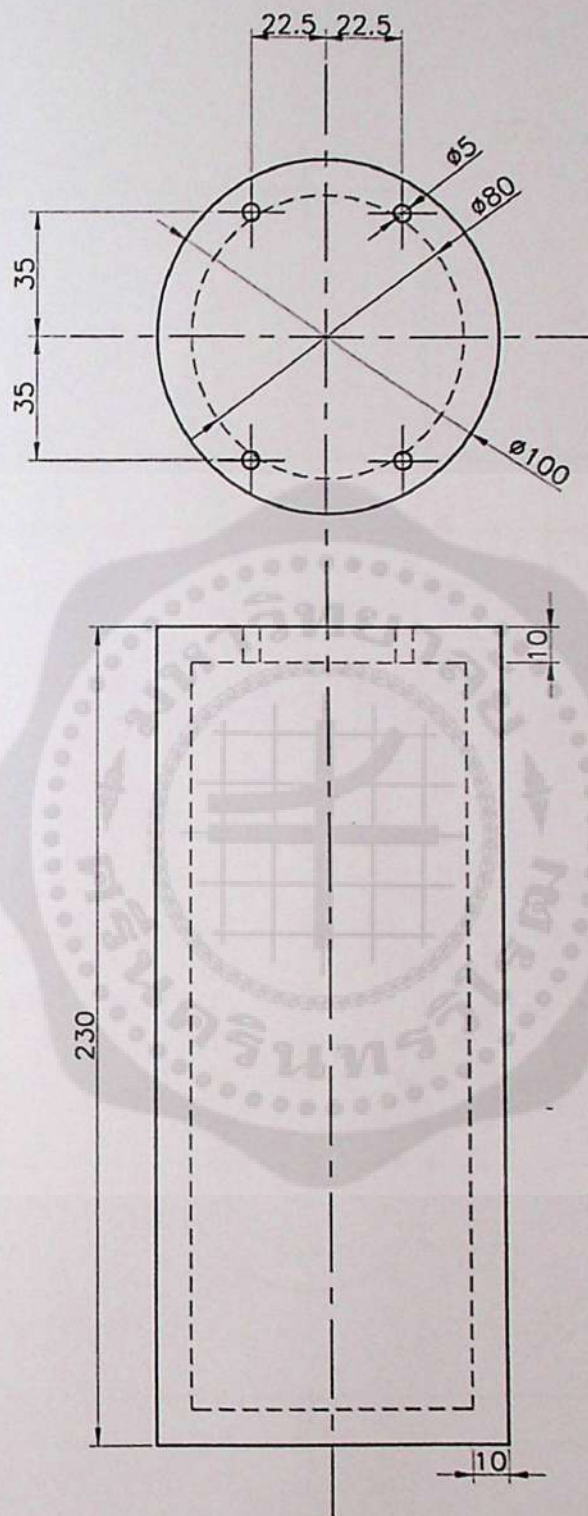
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน อติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแฟ้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:5
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-3	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 4/11



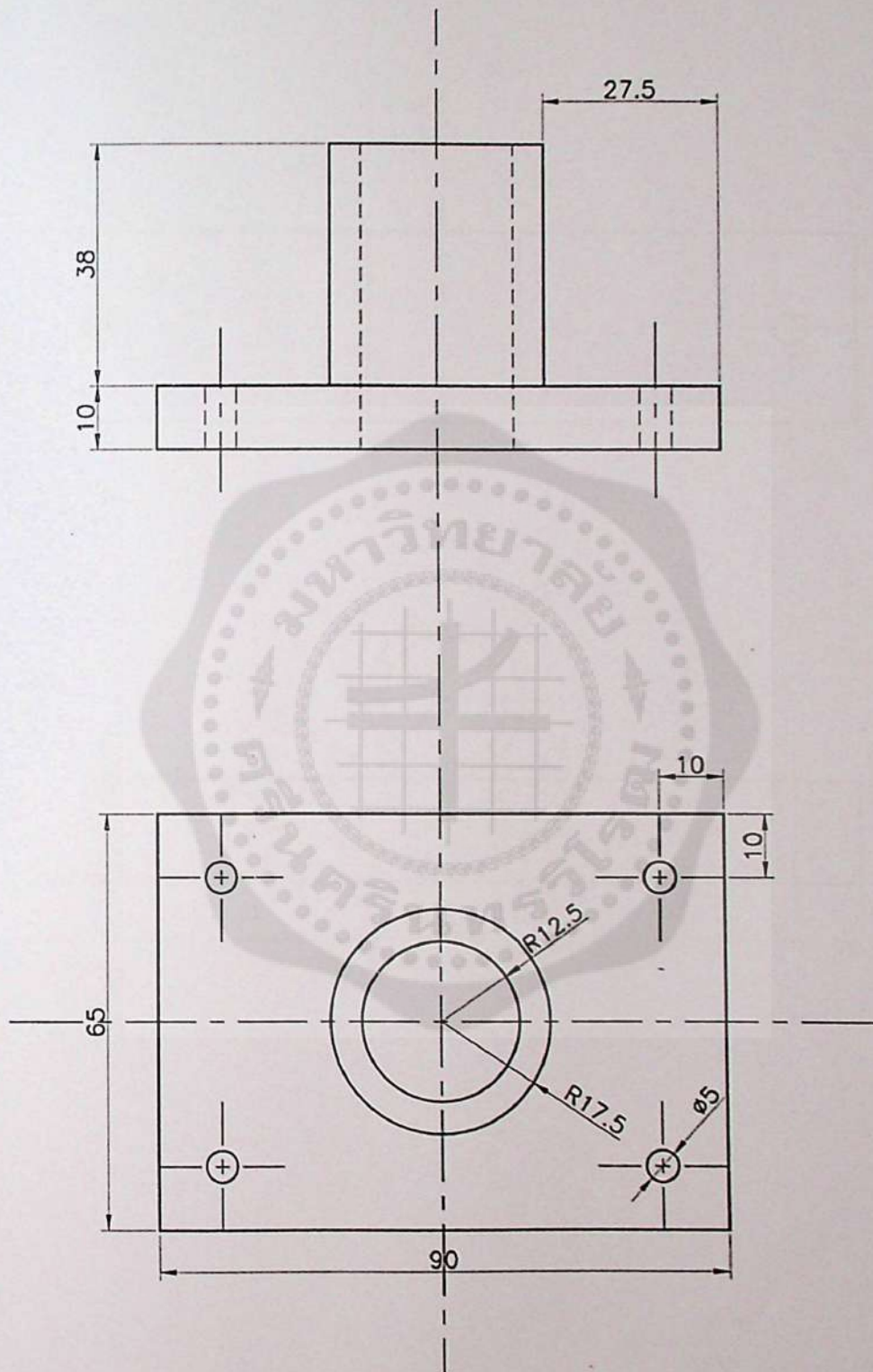
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน อดิสร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแท้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:2
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-4	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 5/11



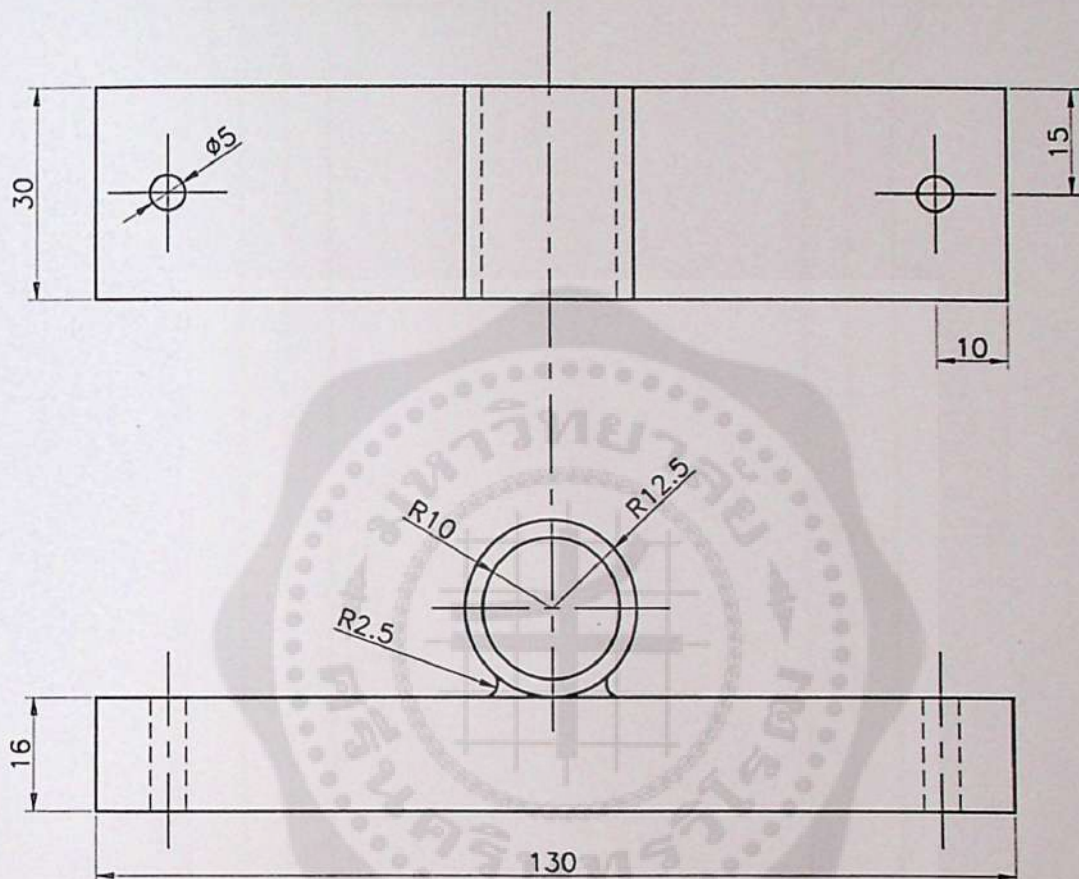
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน ยติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อเพิ่ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:2.5
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-5	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 6/11



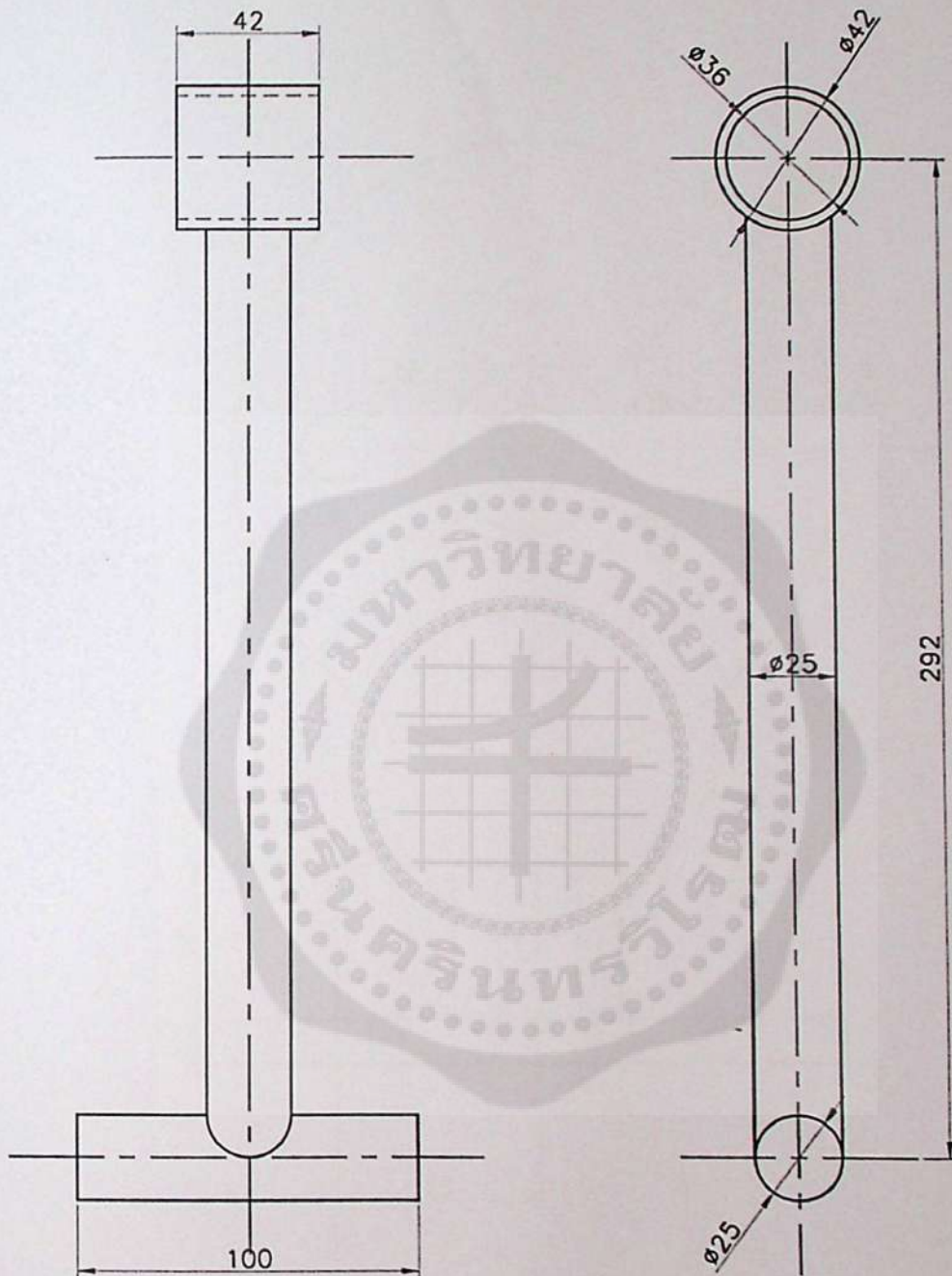
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน อดิสร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแพ้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:2
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-6	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 7/11



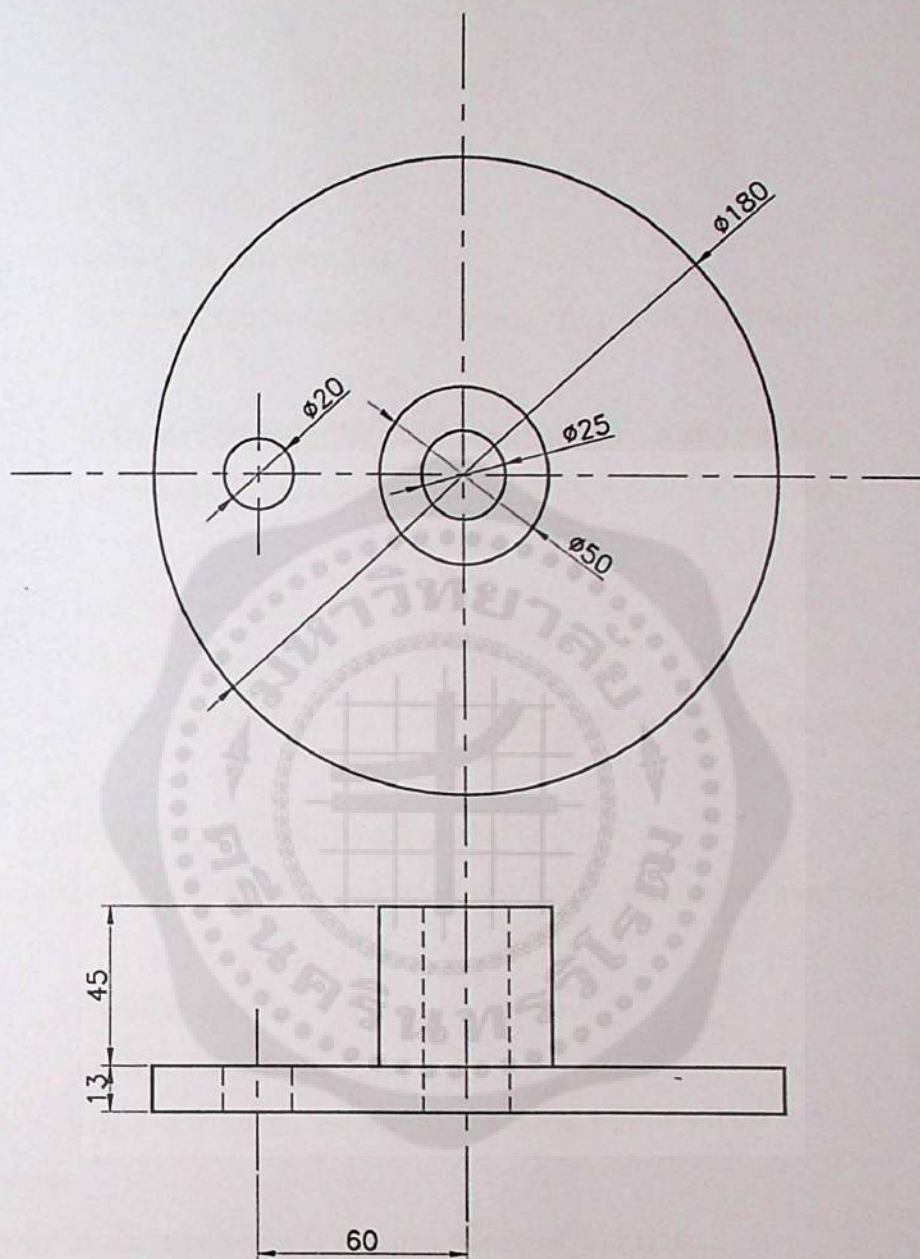
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด					
ผู้เขียน อติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแฟ้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:1	
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป			
				MT-001-7		แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 8/11



ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน อติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแฟ้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:1
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-8	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 9/11



ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด				
ผู้เขียน อติศร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อแท้ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:2
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป		
				MT-001-9	แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 10/11



ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด					
ผู้เขียน อดิสร		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ	ชื่อเพิ่ม	วันที่ DATE	มาตราส่วน 1:2	
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องผลิตอาหารปลาสำเร็จรูป			
				MT-001-10		แก้ไขครั้งที่ 1	แผ่นที่ 11/11

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นายวิฑูร รัตนโรม
ประวัติ เกิดวันที่ 29 มกราคม 2512
ที่อยู่ปัจจุบัน 1604/5 ซ.ประชาราษฎร์ 38 ถ.กรุงเทพ-นนท์ บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
ประวัติการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ.
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ.

ชื่อ นายสุทิน มาศทอง
ประวัติ เกิดวันที่ 4 เมษายน 2517
ที่อยู่ปัจจุบัน 51 ม.1 ต.บ้านลำนาว อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช 80360 โทร 075-371197
ประวัติการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ สงขลา

ชื่อ นายอดิสร ฤทธิชัย
ประวัติ เกิดวันที่ 16 มกราคม 2515
ที่อยู่ปัจจุบัน 1 ม.3 ต.สามตำบล อ.จุฬาภรณ์ จ.นครศรีธรรมราช 80130
ประวัติการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์