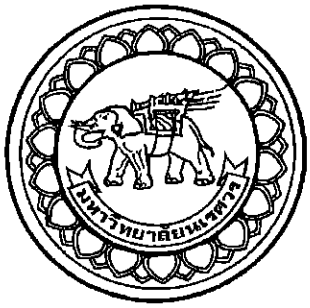


การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

DEVELOPMENT OF FIFTY-KILOGRAM FEED MIXER

นายกัมพล สุนันดา รหัสนิสิต 52360843

นายสรศักดิ์ ฉิมดอนทอง รหัสนิสิต 52361390

นายอาณัฐ สวัสดี รหัสนิสิต 52361574

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 2 ต.ค. 2556
เลขทะเบียน 1643041 9
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 1394

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม		
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายกัมพล	สุนันดา	รหัสนิสิต 52360843
	นายสรศักดิ์	ฉิมดอนทอง	รหัสนิสิต 52361390
	นายอาณัฐ	สวัสดี	รหัสนิสิต 52361574
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร		
ปีการศึกษา	: 2555		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

..... กรรมการ
(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

..... กรรมการ
(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม		
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายกัมพล	สุนันดา	รหัสนิสิต 52360843
	นายสรศักดิ์	ฉิมตอนทอง	รหัสนิสิต 52361390
	นายอาณัฐ	สวัสดี	รหัสนิสิต 52361574
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร		
ปีการศึกษา	: 2555		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 40-50 กิโลกรัม ศึกษาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม ของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่มีอยู่เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่าเป็นเครื่องผสมแบบถังแนวนอน ชุดใบสกรูแบบริบบอนเกลียวคู่หมุนด้วยความเร็วรอบ 23 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ศึกษาผลของปริมาณการผสมต่อประสิทธิภาพในการผสม โดยทำการทดลองที่ 3 ปริมาณการผสมคือ 1) ที่ 59 % โดยมวล (150 กิโลกรัม,ค่าแนะนำจากการศึกษาที่ผ่านมา), 2) เต็มใบสกรูชั้นใน คิดเป็น 82% (208 กิโลกรัม) และ 3) เต็มใบสกรูชั้นนอก คิดเป็น 100% (254 กิโลกรัม) เก็บตัวอย่างอาหารที่ทำการผสม 9 จุดด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างโดยแบ่งเป็น 3 ระดับความลึกคือ 1) ชั้นล่าง (0-35%), 2) ชั้นกลาง (35-65%) และ 3) ชั้นบน (65-100%) ของความสูงอาหารสัตว์ในถังผสม และที่ 3 ระดับความยาวของถังคือ 1) ด้านซ้าย, 2) ตรงกลาง และ 3) ด้านขวาของถังผสม เก็บตัวอย่างที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เกลือด้วยการไตเตรทคลอไรด์ และวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่า CV 10% พบว่ามีความสามารถในการผสม 600, 624 และ 609 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.005, 0.006, และ 0.007 บาทต่อกิโลกรัม และเปอร์เซนต์ความสูญเสีย 1.93%, 1.39% และ 1.14% ที่ปริมาณการผสม 59%, 82% และ 100% ตามลำดับ ดังนั้นการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องนี้คือ ผสมอาหารสัตว์ที่ 59% ใช้เวลาการผสม 15 นาที มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุด หรือที่ปริมาณการผสม 82% ใช้เวลาการผสม 20 นาที มีความสามารถในการผลิตสูง จากปัญหาการตกค้างของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม ได้ทำการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ให้มีระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู 5 มิลลิเมตร ฝาถังเปิดออกได้ เพื่อสะดวกในการทำความสะอาดและบำรุงรักษา จากการออกแบบได้สร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์โดยใช้สแตนเลส 304 ในชิ้นส่วนที่สัมผัสกับอาหารสัตว์โดยตรง ซึ่งประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ จะต้องมีการศึกษาต่อไป

Project Title	: Development of fifty-kilogram feed mixer		
Manipulator	: Mr. Kamphol	Sunanda	Student ID. 52360843
	Mr. Sorrasak	Chimdonthong	Student ID. 52361390
	Mr. Anut	Sawadee	Student ID. 52361574
Project Advisor	: Dr. Rattana Karoonboonyanan		
Department	: Mechanical Engineering		
Academic Year	: 2012		

Abstract

The objective of this project is to study, design and build the 50-kilogram feed mixer. The uniformity and capacity of the 200-kilogram mixer of Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment were studied as the basis for designing a new mixer. Powered by 3-horsepower motor, the horizontal type mixer with double ribbon screw was operated at the rotational speed of 23 rpm through a reduction gearbox. The uniformity of mixed feed was measured at three levels of filling, 1) 59% of the tank (150 kg, recommended by a previous study), 2) 82% (208 kg, filling the inner screw), and 3) 100% (250 kg, filling the outer screw), by taking 9 samples from 3 different positions, 1) left, 2) middle and 3) right, in the mixer at the mixing time of 5, 10, 15, 20, and 25 minutes. The probed sample from each position was divided into 3 portions representing 3 depths, 1) the lower layer (0 to 35% of mixed feed), 2) the middle layer (35 to 65%), and 3) the upper layer (65 to 100%). Uniformity was evaluated as the coefficient of variation (CV) of salt concentration, which was analyzed by chloride titration method. With the acceptable limit of CV of 10%, the capacity of mixer were 600, 624, and 609 kilogram per hour with the energy expense of 0.005, 0.006, and 0.007 baht per kilogram and the loss of 1.93%, 1.39%, and 1.14% at the 59%, 82%, and 100% filling, respectively. Therefore, the proper operational modes of this machine are mixing at 59% filling for 15 minutes, for highest energy efficiency, or at 82% filling for 20 minutes, for highest capacity. The results of the study were used to design a new 50-kilogram feed mixer with the clearance between screw and tank of 5 mm to minimize the remaining feed. The new mixer was made of stainless steel 304 where it was in contact with the feed, with the open top lid for cleaning and maintenance. The uniformity and capacity of the newly built feed mixer is to be studied in next study.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานนี้จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บิดา มารดา ที่ค่อยให้กำลังใจส่งเสียเลี้ยงดูและสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ที่คอยให้คำปรึกษาดูแลช่วยเหลือ รศ.ดร.วันดี ทาตระกูล อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงานนี้ และความช่วยเหลือทางด้านข้อมูล รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี และอาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะ คณะครูช่างที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ สมาชิกในกลุ่มและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้กลุ่มโครงงานของข้าพเจ้าขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ จงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

กัมพล สุนันดา
สรศักดิ์ ฉิมดอนทอง
อาณัฐ สวัสดี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญญาลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 รูปแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์หรือชนิดของเครื่องผสมอาหารสัตว์	5
2.2 ใบสกรู	7
2.3 เครื่องรีดใบสกรู	9
2.4 วิธีการทดสอบการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์	10
2.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficients of Variation, CV)	11
2.6 การหาค่า critical p-value (p)	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	13
3.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์	13
3.2 การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์	16
3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหารสัตว์	19
3.4 การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	26
3.5 การสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	35
4.1 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์	35
4.2 ผลของการหาประสิทธิภาพในการผสมอาหารสัตว์	35
4.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์	38
4.4 ผลการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์	38
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการทดสอบ	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก. เอกสารแนะนำสินค้า	46
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง	48
ภาคผนวก ค. ตารางบันทึกผลการทดลอง	68
ภาคผนวก ง. ข้อมูลอุปกรณ์เก็บข้อมูล	77
ภาคผนวก จ. แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	83
ประวัติผู้ทำโครงงาน	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
1.2 รายละเอียดงบประมาณ	4
3.1 ส่วนประกอบหลักและปริมาณของอาหารสัตว์	16
3.2 สัดส่วนและลำดับการใส่วัตถุดิบของอาหารสัตว์	20
3.3 แสดงค่าตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่ปริมาณการผสมต่างๆ	21
4.1 สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์	35
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแนวระดับของถังผสม	36
4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแนวระนาบของถังผสม	36
4.4 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์	37
4.5 ความสามารถในการทางานของเครื่องผสมอาหาร	38
4.6 เปรียบเทียบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่มีอยู่เดิมกับเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ออกแบบใหม่	39

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอนใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ	1
2.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวตั้งและการทำงาน	6
2.2 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอน	6
2.3 ลักษณะการวางของใบสกรู	7
2.4 ใบสกรูแบบใบพาย	8
2.5 ใบสกรูแบบริบบอนติดใบพาย	8
2.6 ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ	9
2.7 เครื่องรีดใบสกรู	9
3.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม	14
3.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม	14
3.3 การตกค้างของอาหารสัตว์ในถังผสม	15
3.4 ฝาถังผสมและช่องใส่อาหาร	15
3.5 เครื่องสั่น	17
3.6 ทรงกระบอกสำหรับหาปริมาตรอาหารสัตว์	18
3.7 ปริมาณอาหารที่ผสม	19
3.8 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง	21
3.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์	22
3.10 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์	22
3.11 ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์เกลือ	24
3.12 ขั้นตอนการหาค่าพลังงาน	25
3.13 อาหารสัตว์ที่ตกค้างภายในถังและหลังทำความสะอาด	26
3.14 ถังผสมอาหารสัตว์	27
3.15 ขนาดใบสกรู	28
3.16 ลักษณะเพลา	28
3.17 ลักษณะฝาถัง	29
3.18 ช่องทางออกของอาหารสัตว์	29
3.19 ระบบส่งกาลัง	30
3.20 แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	30
3.21 โครงเครื่องผสม	31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.22 ถังผสม	31
3.23 ฝาถังผสม	32
3.24 ใบสกรู	32
3.25 เพลา	33
3.26 การติดตั้งถังผสม	33
3.27 การติดตั้งเพลา	34
3.28 การผ่าใบสกรู	34
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV กับเวลาที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ 3 ปริมาณการผสม	37

สารบัญสัญญาลักษณ์

สัญญาลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
CV	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน	เปอร์เซ็นต์
m	มวล	กิโลกรัม
N	จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด	-
P	กำลังไฟฟ้า	กิโลวัตต์
V	ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร
V_1	ปริมาตรของ $AgNO_3$	มิลลิลิตร
V_2	ปริมาตรของ Ferric indicato r	มิลลิลิตร
W	น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์	กรัม
W_e	ปริมาณไฟฟ้า	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
W_d	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ	กรัม
W_t	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ	กรัม
MC	เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก	เปอร์เซ็นต์
t	เวลา	ชั่วโมง
x_i	เปอร์เซ็นต์เกลือ	เปอร์เซ็นต์
$\bar{x}$	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของเปอร์เซ็นต์เกลือ	เปอร์เซ็นต์
ρ	ความหนาแน่นมวลรวม	ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม
σ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันเกษตรกรไทยมีการเลี้ยงสัตว์กันเป็นจำนวนมากและจะพบปัญหาการขาดทุนเนื่องจากอาหารที่ใช้เลี้ยงมีปริมาณสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสัตว์แต่ละวัย จึงทำให้ต้องจ่ายค่าอาหารเพิ่มขึ้นและทำให้ต้นทุนสูงขึ้น คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอนใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ (รูปที่1.1) สามารถผสมได้ครั้งละ 200 กิโลกรัม ซึ่งเครื่องผสมอาหารสัตว์มีขนาดใหญ่และมีประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหารสัตว์ไม่ดีเท่าที่ควร จึงไม่เหมาะสมในการทำการทดลองและพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ ทางคณะเกษตรศาสตร์ฯ จึงได้ขอความร่วมมือในการสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ที่เหมาะสม เพื่อหาปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิด และสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์แต่ละชนิดและแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ในกรณีของเกษตรกรที่ต้องการผสมอาหารสัตว์จำนวนน้อย และต้องการผสมอาหารสัตว์ใช้เองสามารถนำเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ทำการออกแบบไปใช้ได้ จึงเป็นการลดต้นทุนของเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

รูปที่ 1.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอนใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่สามารถผสมได้ครั้งละ 40 - 50 กิโลกรัม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอนที่สามารถผสมได้ครั้งละ 40 - 50 กิโลกรัม

2) ได้เครื่องผสมอาหารสัตว์ที่สามารถใช้งานในระดับการทดลองได้

3) ได้สร้างความร่วมมือระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กับภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

ศึกษาความสามารถในการผสมอาหารสัตว์และประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีอยู่ อาหารที่ใช้ในการทดสอบคือ อาหารสุกรช่วงวัยอนุบาล เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์โดยใช้ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ สามารถผสมอาหารสัตว์แบบผงได้ครั้งละ 40 - 50 กิโลกรัม และทำการสร้างเครื่องต้นแบบ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาปัญหาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผสมอาหารสัตว์ ส่วนประกอบของอาหารสัตว์ สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ ความสามารถในการทำงานและปัญหาของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีอยู่เดิม

2) ทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ฯ มีอยู่แล้ว ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ 3 ปริมาณการผสมคือ

(1) เหนือจุดศูนย์กลางเพลา 9 เซนติเมตร (59%)

(2) ท่วมใบสกรูชั้นใน (82%)

(3) ท่วมใบสกรูชั้นนอก (100%)

เพื่อพิจารณาหาปริมาณของการผสมอาหารสัตว์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพและความสามารถในการผสม

3) การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

(1) การหาปริมาตรของถังผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

(2) การออกแบบช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู (clearance)

(3) การออกแบบใบสกรู

(4) การออกแบบเพลา

(5) การออกแบบฝาถัง

(6) ระบบส่งกำลัง

4) การสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์

(1) ใช้สแตนเลสเกรด 304 ในการสร้างถังผสม และใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ

(2) ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง

5) วิเคราะห์และสรุปผล

6) จัดทำรายงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2555								2556		
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค	ก.พ	มี.ค
ศึกษาปัญหาและเก็บข้อมูล	←	→									
ทดสอบเครื่องเดิม	←									→	
ออกแบบเครื่อง			←		→						
สร้างเครื่อง				←							→
วิเคราะห์และสรุปผล									←		→
จัดทำรายงาน										←	→

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

ตารางที่ 1.2 รายละเอียดงบประมาณ

ลำดับที่	รายการ	ราคา(บาท)
1	ค่าจ้างเหมาสร้างเครื่องต้นแบบ	60,000
2	ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรายงาน	2,000
3	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1,000
	รวม	63,000

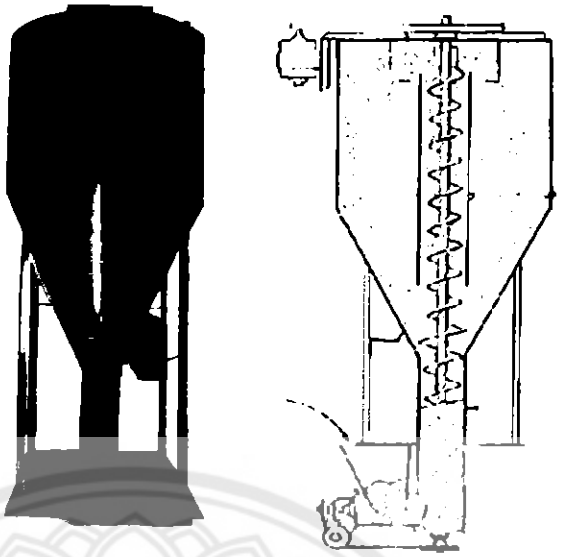
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 รูปแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์หรือชนิดของเครื่องผสมอาหารสัตว์ [1]

2.1.1 เครื่องผสมแบบแนวตั้ง(Vertical mixer)

เครื่องผสมแบบแนวตั้งนี้ (รูปที่ 2.1) ตัวถังและใบสกรูที่ตักอาหารได้ถูกออกแบบให้ตั้งขึ้นตรงศูนย์กลางของตัวถัง อาหารจะถูกป้อนเข้าตรงฐานด้านล่างสุดของตัวถังและใบสกรู และเมื่อใบสกรูหมุนจะทำการตักอาหารขึ้นสู่ส่วนบนสุดของถังแล้วเหวี่ยงออก ซึ่งจะเป็นจังหวะที่อาหารกระจายออกผสมปนเปกัน และเมื่ออาหารตกสู่ด้านล่างของถังซึ่งมีลักษณะปลายสอบเข้าหาส่วนศูนย์กลางฐานอาหารจะไหลกลับไปเข้าช่องที่ใบสกรูตักขึ้นสู่ด้านบนสุดของถังใหม่ แล้วเหวี่ยงกระจายออกไปตามเดิม ในเวลาเดียวกันอาจมีอาหารบางส่วนลื่นไหลลงสู่เบื้องล่างในขณะที่ใบสกรูตักอาหารขึ้นด้านบน เพราะยังมีช่องว่างระหว่างใบสกรูและปลอกหุ้มใบสกรูอยู่ ซึ่งช่องนี้ถ้าห่างเกินไปไม่ดี ลักษณะการทำงานแบบนี้เป็นการต้านแรงโน้มถ่วงของโลก วัตถุที่เบาจะถูกเหวี่ยงออกไปไกลติดข้างถัง ส่วนวัตถุที่หนักจะตกอยู่ใกล้ๆศูนย์กลางและย่อมตกลงถึงฐานล่างสุดของใบสกรูก่อนพวกที่อยู่รอบๆข้างถัง จึงทำให้อาหารแยกตัวเป็นชั้นๆ บริเวณใกล้กับฐานของถังผสม ใบสกรูสามารถจะดึงอาหารได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นขึ้นไปเหวี่ยงออกด้านบนสุดคือ ประมาณ 35 - 40% แต่อาหารทั้งหมดไม่ได้ถูกเหวี่ยงขึ้นไปพร้อมๆกันทีเดียว ดังนั้นปัญหาของเครื่องผสมแบบนี้ คือ ขนาดของวัตถุดิบ ความหนาแน่นของวัตถุดิบ (Bulk density) ความเคลื่อนตัวของวัตถุดิบ (ขึ้นอยู่กับความชื้นของวัตถุดิบเอง) ความเร็วของใบสกรูที่หมุน และองศาที่ลาดเทของถัง

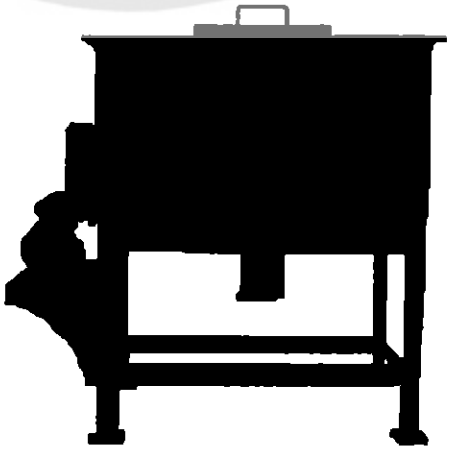


รูปที่ 2.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวตั้งและการทำงาน [2]

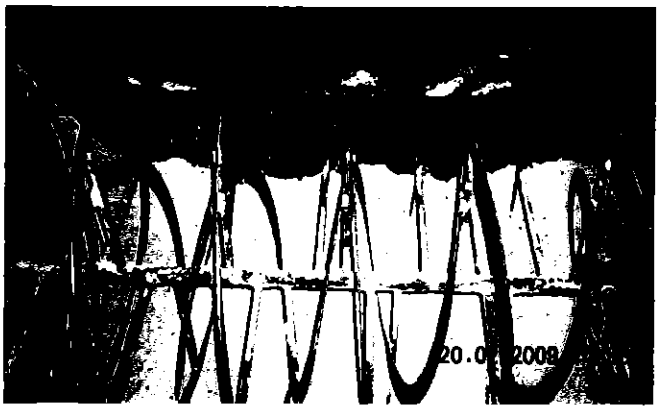
2.1.2 เครื่องผสมแบบแนวนอน (Horizontal mixers)

เครื่องผสมแบบแนวนอน (รูปที่ 2.2) เป็นการดึงอาหารให้มีการเคลื่อนไหวแบบหมุนเวียนในแนวนอน ใบสกรูผสมอาหารมีลักษณะเป็นเส้นแถบเหล็กขดเป็นเกลียวใหญ่ การกวนอาหารของใบสกรูจะดึงอาหารให้เคลื่อนที่ โดยใบสกรูจะยึดติดกับแกนกลางอันเดียว เมื่อแกนกลางหมุนจึงเกิดแนวของทิศทางการเคลื่อนตัวของอาหาร

เครื่องผสมแบบแนวนอนอาจมีใบสกรูหลายใบ (รูปที่ 2.3) ทำหน้าที่คอยกวนอาหารให้เคลื่อนที่ไปทางทิศใดทิศหนึ่งของเครื่องด้วยอัตราความเร็วที่เท่ากันหรือต่างกัน โดยการเคลื่อนที่ของอาหารสัตว์ที่ถูกใบสกรูกวนภายในถังจะมีทิศสวนทางกัน



รูปที่ 2.2 เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอน [3]



รูปที่ 2.3 ลักษณะการวางของใบสกรู [4]

จากการศึกษารูปแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์หรือชนิดของเครื่องผสมอาหารสัตว์ จึงเลือกออกแบบเครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน เนื่องจากเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ทำการออกแบบมีขนาด 50 กิโลกรัม ซึ่งเป็นเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาดเล็ก และเป็นรูปแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ทางคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต้องการ

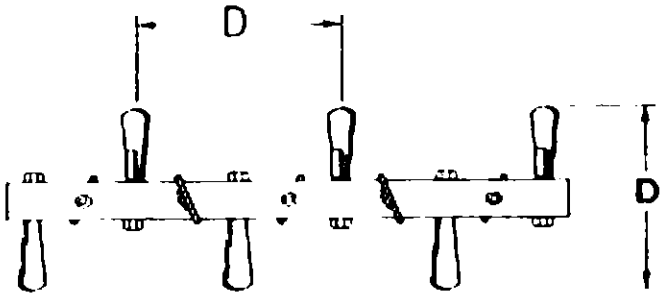
2.2 ใบสกรู (Screw Flights)[5]

ใบสกรูนั้นถือว่าเป็นชิ้นส่วนประกอบหลักที่สำคัญที่สุดของชุดสกรูลำเลียง ลักษณะของใบสกรูจะเป็นตัวบอกว่าจะนำไปใช้งานประเภทใด หรือเหมาะกับการขนวัสดุชนิดใด การพิจารณาออกแบบเลือกใบสกรูเพื่อนำไปใช้งานอย่างเหมาะสมนั้น จะต้องศึกษาชนิด ลักษณะรูปร่างของใบสกรูและส่วนประกอบต่างๆ ใบสกรูที่สามารถนำมาใช้ในการผสมอาหาร แบ่งตามลักษณะรูปร่างแบบต่างๆ ได้ดังนี้

1) ใบสกรูแบบใบพาย (Van paddle conveyor)
2) ใบสกรูแบบริบบอนติดใบพาย (Ribbon flight with paddles)
3) ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ (Multiple ribbon flight conveyor screws)

2.2.1 ใบสกรูแบบใบพาย (Van paddle conveyor)

ใบพายจะทำจากเหล็กติดกับก้านที่สอดทะลุเพลาแล้วยึดด้วยนอต (รูปที่ 2.4) ใบพายนี้จะสามารถปรับมุมเอียงได้เพื่อควบคุมทิศทางการไหล เหมาะในการใช้กับงานผสม ใช้ได้ทั้งวัสดุแห้งหรือเหลว



รูปที่ 2.4 ใบสกรูแบบใบพาย [5]

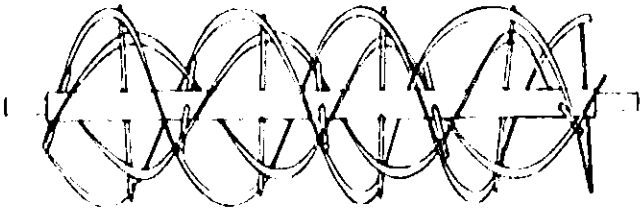
2.2.2 ใบสกรูแบบริบบอนติดใบพาย (Ribbon flight with paddles)

ใบสกรูแบบริบบอนติดใบพายนี้ (รูปที่ 2.5) เป็นการนำใบพายมาติดระหว่างระยะพิตของใบสกรู จะติดเป็นแนวเกลียวสวนการเคลื่อนที่ของวัสดุ ใบพายจะใช้วิธีเชื่อมติดกับเพลา ใบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการใช้ในงานผสมวัสดุขณะขนถ่าย ใช้ลำเลียงวัสดุแข็งมีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง หรือวัสดุละเอียดเป็นเม็ดหรือเกล็ด

รูปที่ 2.5 ใบสกรูแบบริบบอนติดใบพาย [5]

2.2.3 ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ (Multiple ribbon flight conveyor screws)

ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ (รูปที่ 2.6) จะมีใบสกรูริบบอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกใบสกรูที่แตกต่างกันออกไป มายึดติดตั้งอยู่บนแกนเพลา การพาวัสดุของใบสกรูจะมีทิศทางตรงกันข้าม ใบหนึ่งจะพาวัสดุไปข้างหน้าอีกใบจะพาวัสดุกลับ วัสดุจะคลุกเคล้ากันได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะกับการผสมอาหารผง



รูปที่ 2.6 ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ [5]

จากการศึกษารูปแบบของใบสกรู จึงเลือกใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ ใบสกรูจะทำให้อาหารสัตว์เคลื่อนที่สวนทางกัน โดยใบหนึ่งจะพาวัสดุไปข้างหน้าอีกใบจะพาวัสดุกลับ วัสดุจะคลุกเคล้ากันได้เป็นอย่างดีเหมาะกับการที่จะนำมาใช้ในเครื่องผสมอาหารสัตว์

2.3 เครื่องรีดใบสกรู [6]

เครื่องรีดใบสกรูจะมีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง 2 ชุด ชุดหนึ่งมี 3 ลูก สำหรับดัดชิ้นงานในแนวรัศมี และลูกกลิ้ง ชุดที่สองมี 2 ลูก สำหรับดัดชิ้นงานในแนวแกน ลูกกลิ้งวางเรียงตำแหน่งกันดังรูปที่ 2.7 โดยใช้ระบบไฮดรอลิกของลูกกลิ้งชุดที่หนึ่งในการบีบอัดชิ้นงานพร้อมกับการหมุนเพื่อป้อนชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง และลูกกลิ้งชุดที่สองจะทำหน้าที่เป็นตัวประคองชิ้นงาน การทำงานของเครื่องรีดใบสกรูจะเป็นการดัดชิ้นงานให้โค้งงอเป็นวงกลม ซึ่งจะสามารถสร้างชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในคือ 40 เซนติเมตร และความกว้างของชิ้นงานไม่เกิน 7.35 เซนติเมตร เมื่อได้ชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นวงกลมแล้วจึงค่อยยืดออกให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะตามต้องการ เครื่องรีดใบสกรูชนิดนี้สามารถใช้กับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวทุกประเภทโดยเปลี่ยนลูกกลิ้งชุดที่หนึ่งให้เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละประเภท

รูปที่ 2.7 เครื่องรีดใบสกรู [6]

2.4 วิธีการทดสอบการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ [7]

หลักการผสมอาหารคือ ต้องการให้อาหารเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าเครื่องผสมอาหารดี ผสมได้ทั่วถึง ความเข้มข้นของสารอาหารทุกๆ ส่วนต้องเท่ากัน ด้วยหลักการนี้จึงทำการเติม marker หรือ tracer ลงไปในเครื่องผสมอาหารพร้อมๆกับเติมวัตถุดิบอาหารสัตว์ลงไปพร้อมกับการผสมอาหารสัตว์ให้เข้ากัน แล้วนำตัวอย่างอาหารมาตรวจสอบหา marker หรือ tracer ซึ่งถ้าเครื่องผสมอาหารดี ความเข้มข้นของ marker หรือ tracer ต้องใกล้เคียงกันทุกๆตัวอย่าง เนื่องจากอาหารสัตว์ที่ทำการผสมมีวัตถุดิบที่ต่างชนิดกันปะปนกันอยู่หลายชนิดประกอบกันอยู่ จึงมีความหนาแน่น และรูปทรงแตกต่างกันออกไป ดังนั้นสาร marker หรือ tracer ที่จะเติมลงไปจึงควรตรวจสอบหาง่าย ไม่ถูกทำลายง่ายและความหนาแน่นใกล้เคียงกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ และหากเป็นสารเคมีควรเป็นสารที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่น้อยที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้เกลือเป็น tracer เพราะเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ที่มีปริมาณน้อยที่สุด

ชนิดของ marker หรือ tracer แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) กลุ่ม marker ที่เติมลงไปแล้วสามารถแยกออกจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ชัดเจน และมีขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจน ไม่ถูกทำลายขณะผสมอาหาร เช่น เมล็ดธัญพืช เม็ดสีพลาสติก graphite เคลือบสี ผงเหล็กทาสี

1.1) การเคลือบ graphite ด้วยสีผสมอาหารเป็น tracer ซึ่งจะดูง่ายขึ้น โดยใช้ graphite ชนิดละเอียด โดยหนัก 1 กรัม จะมี 60,000 ชิ้น ทำการผสม เมื่อผสมเสร็จ แล้วจะได้ความเข้มข้นของ graphite ในอัตราส่วน 30 ชิ้น ต่ออาหาร 1 ออนซ์ (28.4 กรัม) โดยการนับใช้ค่าโดยประมาณ หรือการแบ่งอาหารออกเป็นกองเล็กๆ น้ำหนักเท่าๆ กัน แล้วนับเพียง 1 หรือ 2 กอง แล้วเทียบน้ำหนักของตัวอย่างที่เก็บมา

1.2) การใช้ผงเหล็กเคลือบสี เป็น tracer ทำเช่นเดียวกับแบบการเคลือบ graphite ด้วยสีผสมอาหารทุกอย่าง ยกเว้นการแยกผงเหล็กออกโดยใช้แม่เหล็กเป็นตัวดูดแล้วทำการนับผงเหล็ก

2) การใช้ tracer ในรูปแบบสารเคมี ได้แก่ เกลือ กรดอะมิโนสังเคราะห์

การใช้เกลือเป็น tracer นั้น จะอาศัยวิธีการวัดหาปริมาณของเกลือแกง (NaCl) โดยการตกตะกอนโซเดียมคลอไรด์ด้วยสารละลาย $AgNO_3$ ที่มีปริมาณมากเกินพอในสภาพที่เป็นกรดจากนั้นไตเตรท $AgNO_3$ ที่เหลือด้วยสาร KSCN หรือ NH_4SCN

ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการเลือกการใช้ tracer ในรูปแบบสารเคมี โดยใช้เกลือเป็น tracer เพราะเป็นวิธีที่สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งมีอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการทำการทดลองอยู่แล้ว และเป็นวิธีที่ทำการทดลองแล้วได้ผลการทดลองได้ทันที ประหยัดและสะดวก

2.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficients of Variation, CV) [7]

เป็นการวัดความแปรปรวนของค่า marker หรือ tracer ที่หาได้จากตัวอย่าง ถ้าผสมกันได้ดี ค่า CV ของ marker หรือ tracer ที่หามาได้ต้องมีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่ากันในตัวอย่างที่เก็บมา แต่ถ้าการผสมไม่ดี ค่า CV จะต่างกันมาก เครื่องผสมอาหารที่ดีจะต้องมีค่า CV ไม่เกิน 10% [7]

การคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงดังสมการที่ 2.1

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\bar{x} - x_i)}{N-1}} \qquad \text{.....(2.1)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบสัมพัทธ์ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน แสดงดังสมการที่ 2.2

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \qquad \text{.....(2.2)}$$

โดยที่

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

CV คือ สัมประสิทธิ์การแปรผัน

x_i คือ เปอร์เซ็นต์เกลือ (เปอร์เซ็นต์)

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของเปอร์เซ็นต์เกลือ (เปอร์เซ็นต์)

N คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

2.6 การหาค่า critical p-value (p)[8]

p-value คือความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากเงื่อนไขเริ่มต้นของสมมติฐานแห่งความไม่แตกต่าง (null hypothesis) ซึ่งได้จากการสังเกต หากค่า p-value ที่คำนวณได้มีค่าน้อยอาจหมายความว่าสมมติฐานแห่งความไม่แตกต่างนั้นเป็นเท็จ หรือได้มีเหตุการณ์ที่ไม่น่าจะเกิดขึ้นได้เกิดขึ้นแล้ว การที่ผลการศึกษามีนัยสำคัญทางสถิตินั้น เป็นคนละประเด็นกับผลที่ออกมานั้นมีนัยสำคัญในความเข้า ใจทั่วไปหรือไม่ นักวิจัยหลายท่านยืนยันว่าการทดสอบหานัยสำคัญนั้นจะต้องมีการประเมินทางสถิติของขนาดผลลัพธ์ (effect-size statistics) ด้วยเสมอ ซึ่งจะเป็นการประมาณขนาดของความสำคัญของความแตกต่างที่สังเกตได้ซึ่งเป็นความหมายที่ใช้ทั่วไปของความสำคัญหรือนัยสำคัญ

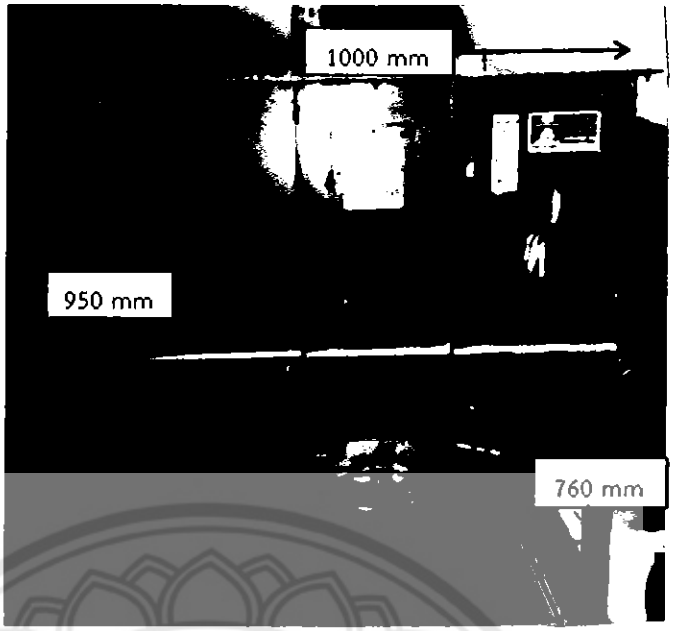
บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานการพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์
2) การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์
3) การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหารสัตว์
4) การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม
5) การสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

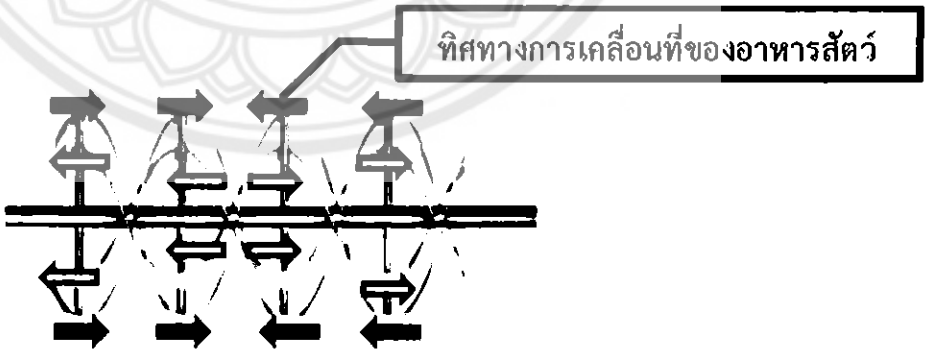
3.1 การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์

จากการศึกษาเครื่องผสมอาหารสัตว์ ที่ทางคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีอยู่เป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน (horizontal mixer) ซึ่งใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่ (double ribbon blender) อยู่บนแกนเพลาเดียวกัน ต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสขนาด 3 แรงม้า ด้วยระบบโซ่ส่งกำลัง ทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ใบสกรูหมุนด้วยความเร็วรอบ 23 รอบต่อนาที ถังผสม กว้าง 760 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร และสูง 950 มิลลิเมตร ขนาดของใบสกรูมี 2 ขนาด คือ ใบสกรูนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 740 มิลลิเมตร และใบสกรูในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 673 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.1) สามารถผสมอาหารสัตว์ได้ครั้งละประมาณ 200 กิโลกรัม



รูปที่ 3.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม

เนื่องจากใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่และวางตัวในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้อาหารสัตว์ในเครื่องผสม มีลักษณะการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.2 คือ ใบสกรูนอกจะลำเลียงอาหารจากด้านซ้ายและด้านขวาเข้าสู่ระยะกึ่งกลางของถังผสม ส่วนใบสกรูในจะลำเลียงกลับกันคือนำอาหารจากระยะกึ่งกลางถังไปสู่ด้านซ้ายและด้านขวาของถังผสม เมื่อเครื่องผสมอาหารสัตว์ทำงานเสร็จจะลำเลียงอาหารออกทางด้านล่างที่ตำแหน่งกึ่งกลางของถังผสม



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม[9]

จากการทดสอบเครื่องผสมต้นแบบในเบื้องต้น พบว่าใบสกรูไม่สามารถลำเลียงอาหารออกมาได้หมด เนื่องมาจากมีช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรูประมาณ 10 มิลลิเมตร ทำให้เกิดปัญหาการ

ตกค้างของอาหารสัตว์ในถังผสม (รูปที่ 3.3) และไม่สะดวกในการกวาดเอาอาหารสัตว์ที่ตกค้างออก เนื่องจากไม่สามารถเปิดฝาถังผสมได้ ช่องสำหรับใส่อาหารมีขนาดเล็กจึงใช้เวลานานในการใส่อาหารเข้าในเครื่องผสม (รูปที่ 3.4)

ก) ช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู ข) การตกค้างของอาหารสัตว์

รูปที่ 3.3 การตกค้างของอาหารสัตว์ในถังผสม

รูปที่ 3.4 ฝาถังผสมและช่องใส่อาหาร

3.2 การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

อาหารสัตว์ที่ทำการศึกษาเป็นอาหารสุกรช่วงวัยอนุบาล สูตรของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ที่ทำการศึกษาคือ ขนาดอนุภาค ความหนาแน่นมวลรวมและเปอร์เซ็นต์ความชื้น ส่วนประกอบหลักและสัดส่วนของอาหารสัตว์แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักและปริมาณของอาหารสัตว์

วัตถุดิบ	ปริมาณ(%)
ข้าวโพด	60.00
กากถั่วเหลือง	27.40
รำ	10.00
Di-Calcium	1.00
หินปูน	1.00
เกลือ	0.35
Premix	0.25
รวม	100

3.2.1 การหาขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์

การศึกษาหาขนาดของวัตถุดิบเพื่อใช้ในการพิจารณาหาช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู (clearance) น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างถังกับใบสกรู วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารสัตว์ที่ทำการศึกษาหาขนาดได้แก่ ข้าวโพดบด กากถั่วเหลืองและรำ การหาขนาดของอาหารสัตว์มีขั้นตอนการหาดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์

- ตะแกรงเบอร์ 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 270 และถาดรองรับ
- เครื่องชั่ง ยี่ห้อ WANT รุ่น WT3003 N
- เครื่องสั่น
- กระป๋องบรรจุวัตถุดิบ
- แปรงปัด
- นาฬิกาจับเวลา

2) ชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ละใบและถาด บันทึกน้ำหนัก

3) นำตะแกรงมาวางบนถาดรองรับและเรียงซ้อนกันจากเบอร์มากอยู่ข้างล่างสุดและเรียงลำดับขึ้นไปหาเบอร์น้อยสุด (รูปที่ 3.5)

4) ทำการชั่งอาหารสัตว์ 100 กรัม และนำอาหารสัตว์ที่ชั่งไปใส่ในตะแกรงชั้นบนสุด

5) นำตะแกรงร่อนไปเข้าเครื่องสั่นจับเวลาในการสั่น 10 นาที

6) นำตะแกรงออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง จากนั้นใช้แปรงทำความสะอาดตะแกรงแล้วทำการทดลองซ้ำอีก 2 ซ้ำ หาค่าน้ำหนักอาหารสัตว์เฉลี่ยที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้น

รูปที่ 3.5 เครื่องสั่น

3.2.2 การหาความหนาแน่นมวลรวม (Bulk density) ของอาหารสัตว์

การหาความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์ เพื่อนำค่าความหนาแน่นมวลรวมที่ได้ไปออกแบบหาขนาดของถังผสมอาหารสัตว์ การหาความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์

- ภาชนะทรงกระบอก
- ไม้บรรทัด
- เครื่องชั่ง

2) เก็บอาหารสัตว์ที่ผสมแล้วมาใส่ภาชนะทรงกระบอกที่ทราบปริมาตร ในการทดลองนี้ภาชนะทรงกระบอกมีปริมาตรเท่ากับ 104.23×10^{-6} ลูกบาศก์เมตร (รูปที่ 3.6) ปาดให้เรียบ

3) ชั่งน้ำหนักอาหารสัตว์ที่อยู่ในภาชนะทรงกระบอก

4) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์จากสมการที่ 3.1

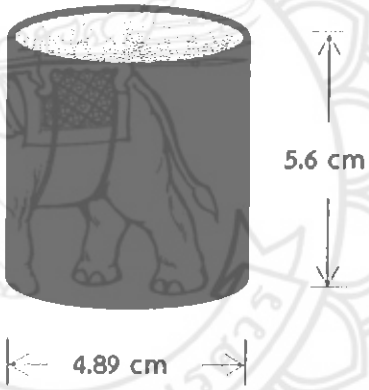
$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \text{.....(3.1)}$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นมวลรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

V คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)

5) ทำการทดลอง 5 ซ้ำและหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.6 ทรงกระบอกสำหรับหาปริมาตรอาหารสัตว์

3.2.3 ศึกษาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัตถุดิบ

การหาความชื้นโดยวิธีการอบแห้ง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์

- กระป๋องอลูมิเนียม
- ตู้อบ
- เครื่องชั่ง
- วัตถุดิบอาหารสัตว์

2) ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม บันทึกผล

3) ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ 100 กรัมใส่ลงในกระป๋องอลูมิเนียม

4) นำกระป๋องอลูมิเนียมเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง

5) นำกระป๋องอลูมิเนียมออกจากตู้อบแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

6) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสมการที่ 3.2

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น } (MC) = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100 \qquad \text{.....(3.2)}$$

โดยที่ MC คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก

W_t คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_d คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหารสัตว์

เพื่อเป็นการศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีอยู่ จึงได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 40-50 กิโลกรัม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

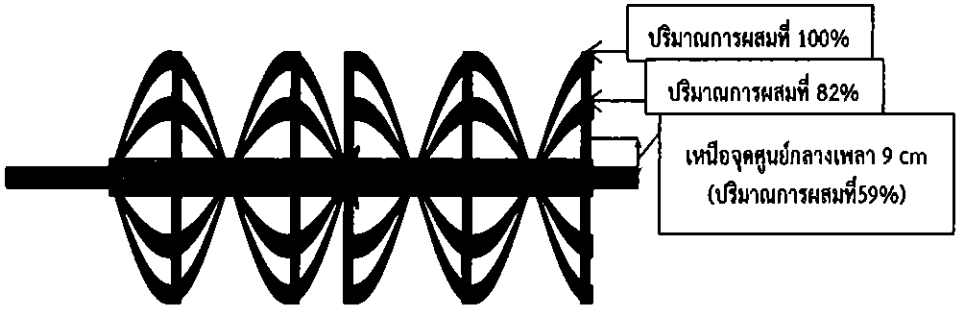
3.3.1 การหาปริมาณของอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสม

ในการศึกษานี้จะทำการผสมอาหารที่ 3 ระดับ โดยพิจารณาจากระดับของใบสกรู คือ

1) เหนือจุดศูนย์กลางเพลาคิดเป็น 59% โดยมวล

2) เต็มใบสกรูชั้นใน คิดเป็น 82% โดยมวล และ

3) เต็มใบสกรูชั้นนอก คิดเป็น 100% โดยมวล (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 ปริมาณอาหารที่ผสม

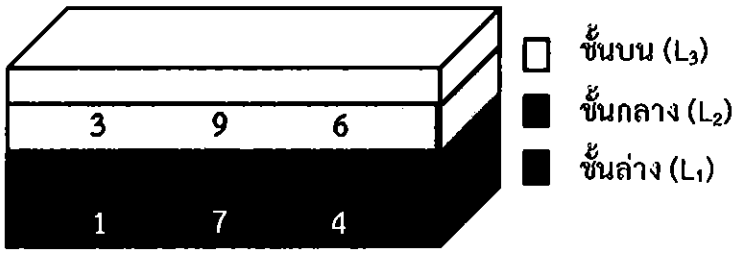
สูตรอาหารสัตว์ที่ใช้ทำการทดลองคือสูตรอาหารสัตว์สำหรับลูกสุกรช่วงวัยอนุบาล ปริมาณวัตถุดิบของอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสมแสดงดังตารางที่ 3.2 การใส่ส่วนผสมอาหารสัตว์จะใส่เรียงลำดับวัตถุดิบที่มีปริมาณมากไปหาน้อยตามลำดับ เมื่อใส่วัตถุดิบครบแล้วจึงเดินเครื่องผสม

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนและลำดับการใส่วัตถุดิบของอาหารสัตว์

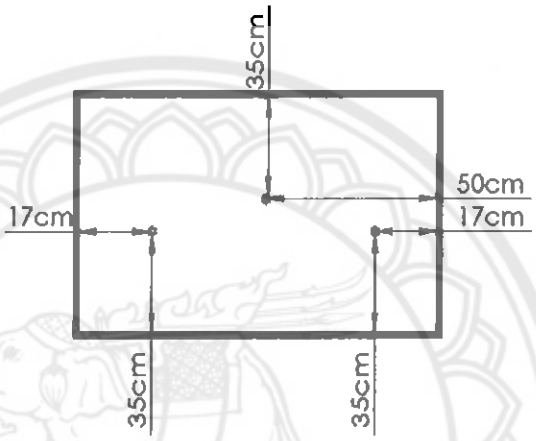
ลำดับที่	ส่วนผสมอาหารสัตว์	สัดส่วนผสมในแต่ละปริมาณการผสม (kg)		
		59%	82%	100%
1	ข้าวโพดบด	90.0	124.8	152.4
2	กากถั่วเหลือง	41.1	57.0	69.6
3	รำ	15.0	20.8	25.4
4	Di-calcium	1.5	2.0	2.5
5	หินปูน	1.5	2.0	2.5
6	เกลือ	0.5	0.7	0.9
7	Premix	0.4	0.5	0.6
	รวม	150.0	208.0	254.0

3.3.2 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ทำการผสมในช่วงเวลาต่างๆ จะทำการเก็บ ทั้งหมด 9 จุด ทั่วทั้งถังผสม โดยมีการแบ่งบริเวณการเก็บที่ 3 ระดับความลึก คือ ที่ความลึกในช่วง 0-35%, 35-65% และ 65-100% ของความสูงของอาหารในถังผสม และ 3 ระดับความยาวของถัง คือ ด้านซ้าย กลาง และด้านขวาของถังผสมอาหาร (รูปที่ 3.8ก) เนื่องจากมีแกนเพลาของใบสกรูอยู่กึ่งกลางถังผสมทำให้ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างจะต้องหลบแกนเพลา (รูปที่ 3.8ข) ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่ระดับชั้นการผสมต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.3



ก) มุมมองด้านข้าง



ข) มุมมองด้านบน

รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

ตาราง 3.3 แสดงค่าตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่ปริมาณการผสมต่างๆ

ปริมาณการผสมอาหาร	L_1 (cm)	L_2 (cm)	L_3 (cm)
59%	0-16	16-24	32-48
82%	0-21	21-42	42-64
100%	0-24	24-48	48-72

ทำการเก็บตัวอย่างอาหารทุกๆ 5 นาที ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ (รูปที่3.9) และนำตัวอย่างมาตรวจสอบหาปริมาณเกลือและประเมินคุณภาพการผสม

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

ในการเก็บตัวอย่าง ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 35 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร ผ่าเข้าไปครึ่งหนึ่งของท่อทุกๆ 5 เซนติเมตร เพื่อใส่แผ่นกั้นสำหรับแยกชั้นอาหาร

วิธีใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหาร

1) นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (รูปที่ 3.9) เสียบเข้าไปในถังผสมที่ผสมเสร็จแล้ว

2) ดึงเชือกเพื่อปิดส่วนปลายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

3) ดึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างขึ้นมาจากถังผสมอาหารสัตว์

4) เสียบแผ่นคั่นอีกแผ่นไว้เหนือช่วงที่ต้องการเก็บตัวอย่าง

5) นำภาชนะมารองตัวอย่างอาหารสัตว์พร้อมดึงแผ่นคั่นด้านล่างออก (รูปที่ 3.10)

รูปที่ 3.10 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

3.3.3 การหาเปอร์เซ็นต์เกลือ

การหาเปอร์เซ็นต์เกลือคือการหาส่วนผสมที่มีอยู่ในอาหารที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย วิธีที่นิยมใช้กัน คือการตกตะกอนโซเดียมคลอไรด์ด้วยสารละลาย $AgNO_3$ ที่มีปริมาณมากเกินพอในสภาพที่เป็นกรด จากนั้นไตเตรท $AgNO_3$ ที่เหลือด้วยสาร KSCN หรือ NH_4SCN ในโครงงานนี้ใช้ NH_4SCN

1) เตรียมอุปกรณ์

- เออเลนเมเยอร์ฟลาส (ถ้วยชมพู่) ขนาด 500 ซีซี
- ไตเตรท
- บิวเรต
- Hot plate
- HNO_3 Conc
- STD $AgNO_3$ 0.1 N (1 ml $AgNO_3$ = 0.058%)
- NH_4SCN 0.1 N
- Ferric indicator (saturated, $FeNH_4(SO_4)_2$ $12H_2O$)

2) ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ประมาณ 1-2 กรัม (ต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในเออเลนเมเยอร์ฟลาสเติมน้ำกลั่น 2 ครั้ง 50-100 ml (รูปที่ 3.11ก)

3) ใส่ HNO_3 Conc จำนวน 15-100 ml (รูปที่ 3.11ข)

4) ไตเตรท 0.1 N $AgNO_3$ ประมาณ 25 ml (รู้ปริมาตรแน่นอน) หรือใส่ $AgNO_3$ ที่รู้ปริมาตรให้มากเกินพอที่จะตกตะกอนคลอไรด์

5) นำไปต้มให้เดือดบน Hot plate (รูปที่3.11ค) จนเกลือละลายใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที นับตั้งแต่เดือดหรือสังเกตจนหมดควันสีเหลือง (ข้อควรระวังจะต้องต้มในตู้ดูดควัน) นำมาทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 50 ซีซี

6) หยด Ferric indicator ลงไป 5-10 หยดแล้วไตเตรทด้วย NH_4SCN 0.1 N จนสารละลายมีสีน้ำตาลออกส้ม(รูปที่ 3.11ง) บันทึกปริมาตรของ NH_4SCN ที่ใช้แล้วนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ NaCl จากสมการที่ 3.3

$$\text{เปอร์เซ็นต์เกลือ (\%NaCl)} = \frac{(v_1 - v_2) \times 0.1 \times 5.844}{W} \quad \text{.....(3.3)}$$

โดยที่

v_1 คือ ปริมาตรของ $AgNO_3$ (มิลลิลิตร)

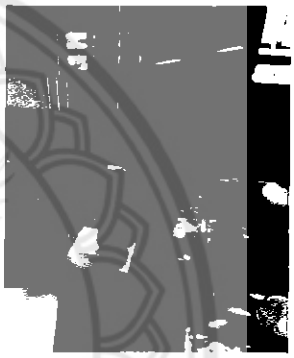
v_2 คือ ปริมาตรของ Ferric indicator (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์ (กรัม)

ก) การชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์

ข) การเติมสาร

ค) การต้มสาร



ง) การไตเตรท

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์เกลือ

3.3.4 การหาค่าพลังงานไฟฟ้า

ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์จะทำการเก็บค่าพลังงาน**ไฟฟ้าที่ใช้ในทุกๆ** 30 วินาที เพื่อนำข้อมูลไปหาค่าเฉลี่ยและนำไปคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เวลา**การผสม** 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ

1) เตรียมอุปกรณ์

- **มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล ยี่ห้อ** Kyoritsu **รุ่น** 6300
- **นาฬิกาจับเวลา**

2) ต่อสายไฟเข้ากับมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลดังรูปที่ 3.12 ก

3) ติดตั้งชุดมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลเข้ากับเครื่องผสมอาหารสัตว์ดังรูปที่ 3.12 ข

4) เปิดการทำงานของเครื่องผสมอาหาร

5) จับเวลาและบันทึกค่าทางไฟฟ้า

การคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ แสดงดังสมการที่ 3.4

$$W_e = P \times t \qquad \text{.....(3.4)}$$

โดยที่

W_e **คือ ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)**

P **คือ กำลังทางไฟฟ้า (กิโลวัตต์)**

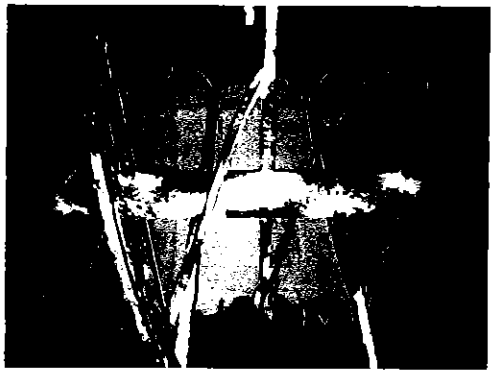
t **คือ เวลา (ชั่วโมง)**

ก) มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล ข) ติดตั้งชุดมิเตอร์วัดกำ**ลังไฟฟ้า**

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการหาค่าพลังงาน

3.3.5 การหาเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย

หลังจากการผสมอาหารสัตว์เสร็จ เปิดช่องทางออกของถังผสมและเดินเ**ครื่องผสมเพื่อช่วยใน**การนำอาหารสัตว์ที่ผสมแล้วออกบริเวณช่องทางออก จนกระทั่งเครื่องไม่สามา**รถนำอาหารสัตว์ออก**จากถังผสมได้อีกให้หยุดการเดินเครื่องแล้วใช้แปรงไม้กวาด กวาดเอาอาหารสัตว์**ที่ตกค้างออกจนหมด ถังแล้วทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่ตกค้าง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของการผสมอาหารสัตว์แต่ละครั้งโดยคำนวณได้จากปริมาณอาหารสัตว์ที่ตกค้างอยู่ในเครื่องผสมต่อปริมาณอาหารสัตว์ทั้งหมด**



ก) อาหารสัตว์ที่ตกค้าง

ข) หลังจากกวาดอาหารสัตว์ออก

รูปที่ 3.13 อาหารสัตว์ที่ตกค้างภายในถังและหลังทำความสะอาด

3.4 การออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

จากการศึกษาหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ รูปแบบเครื่องผสมและใบสกรู ช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรูที่เหมาะสม[10] กำลังของมอเตอร์ที่ใช้ ซึ่งข้อมูลบางส่วนนำมาจากเอกสารแนะนำสินค้าของผู้ผลิตเครื่องผสมอาหารสัตว์ในท้องตลาด[11] เพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่ใช้ออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 การหาปริมาตรของถังผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

ในการออกแบบถังผสม หาได้จากความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์ที่ได้จากการหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ (ตารางที่ 4.1) และน้ำหนักของอาหารสัตว์ที่ต้องการผสม โดยใช้สมการที่ 3.1

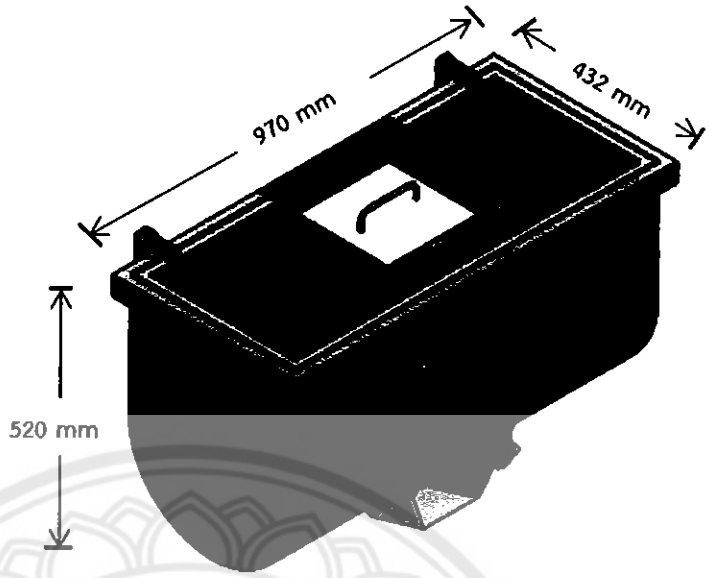
จากความหนาแน่นของอาหารสัตว์ (ρ) = 513.3 kg/m^3

ต้องการน้ำหนักอาหารสัตว์ (m) = 50 kg

ดังนั้นปริมาตรของอาหารที่ต้องการผสมคือ $V = \frac{50}{513.3}$ m^3

$= 0.0974$ m^3

จากการคำนวณพบว่าปริมาตรของอาหารที่ต้องการผสมคือ 0.0974 m^3 จากการศึกษาข้อมูลรูปแบบของถังผสม พบว่า ปริมาตรของถังผสมที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลเอกสารแนะนำสินค้าของผู้ผลิตเครื่องผสมอาหารสัตว์ในท้องตลาด[11] (ภาคผนวก ก) ทำให้สามารถออกแบบขนาดของถังผสมดังแสดงในรูปที่ 3.14 และกำหนดขนาดของมอเตอร์ได้ คือ 2 แรงม้า



รูปที่ 3.14 ถังผสมอาหารสัตว์

3.4.2 การหาช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู (clearance)

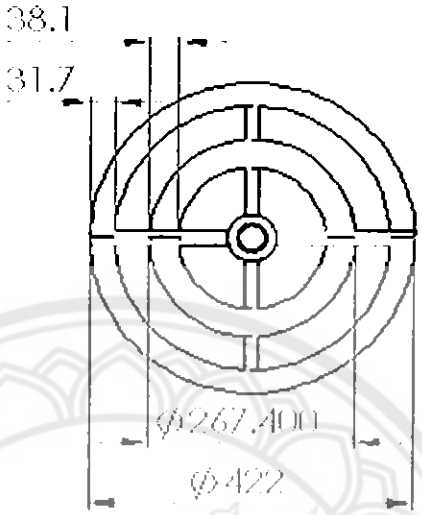
ช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู ที่เหมาะสม ของเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอน ที่มีลักษณะของผสมเป็นแบบผง จากการศึกษาพบว่ามีค่าที่กำหนดให้ใช้อยู่ที่ 3 – 6 มิลลิเมตร[12] และจากผลของการหาขนาดของอาหารสัตว์ (ตาราง 4.1) พบว่าขนาดอนุภาคใหญ่ใหญ่สุดคือ ข้าวโพดส่วนใหญ่มีขนาด 0.6 – 3.35 มิลลิเมตร จึงกำหนดช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรูไว้ที่ 5 มิลลิเมตร เพื่อไม่ทำให้อนุภาคของอาหารสัตว์เกิดการเสียดสีกับตัวถังผสมและสามารถสร้างชิ้นงานได้ง่าย

3.4.3 ใบสกรู

จากการศึกษาเครื่องผสมที่มีอยู่พบว่าแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์เป็นแบบแนวนอน และใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่ ซึ่งเป็นการพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่มีอยู่ (ตาราง 4.6) มาปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ความหนาและความกว้างของใบสกรูให้เหมาะสม (รูปที่ 3.14) ซึ่งจะได้ขนาดใบสกรูออกมา (รูปที่ 3.15) มีสองชั้นคือ

1) ใบสกรูชั้นใน มีใบสกรู 4 ใบ แบ่งข้างละ 2 ใบ ทำหน้าที่ดึงอาหารจากกลางถังผสมอาหารออกด้านข้างถังผสม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 267.4 มิลลิเมตร กว้าง 38.1 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร

2) ใบสกรูชั้นนอก มีใบสกรู 4 ใบ แบ่งข้างละ 2 ใบ ทำหน้าที่ดึงอาหารจากด้านข้างถังผสมเข้ากึ่งกลางถังผสม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 422 มิลลิเมตร กว้าง 31.7 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร



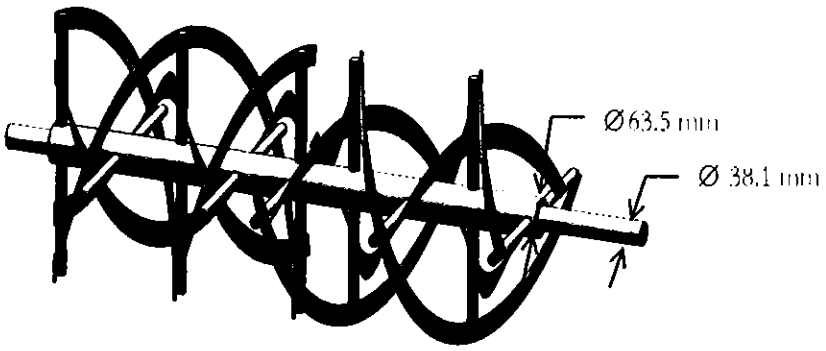
รูปที่ 3.15 ขนาดใบสกรู

3.4.4 เพลา

เพลาได้ออกแบบเป็น 2 ชั้นคือชั้นนอกกับชั้นใน (รูปที่3.16) เพื่อให้สามารถถอดประกอบได้ง่ายเวลาล้างทำความสะอาดและการบำรุงรักษา เพลามีลักษณะดังนี้

1) เพลาชั้นนอก เป็นเพลาสแตนเลสกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ยาว 960 มิลลิเมตร ซึ่งทำหน้าที่ยึดใบสกรู

2) เพลาชั้นใน เป็นเพลาสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.1 มิลลิเมตรยาว 1,256 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ยึดเพลานอกให้ติดกับถังและส่งกำลังมาจากมู่เล่ ผ่านสายพานไปยังใบสกรู

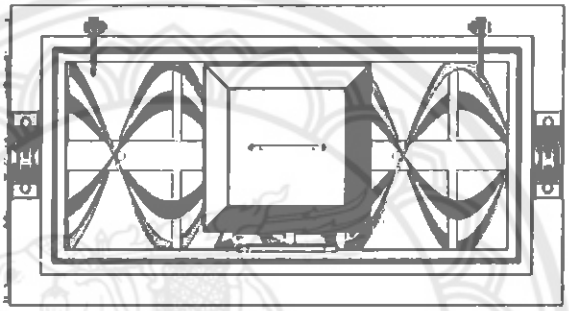


รูปที่ 3.16 ลักษณะเพลา

3.4.5 ฝาถัง

ฝาถังออกแบบให้สามารถเปิดได้ทั้งหมดสำหรับทำความสะอาด และเปิดได้บางส่วนสำหรับการใส่ส่วนผสมของอาหาร บริเวณขอบฝาถังได้ติดแถบยางสำหรับการป้องกันฝุ่นไม่ให้ฟุ้งกระจายออกมาด้านนอกเวลาทำการผสม

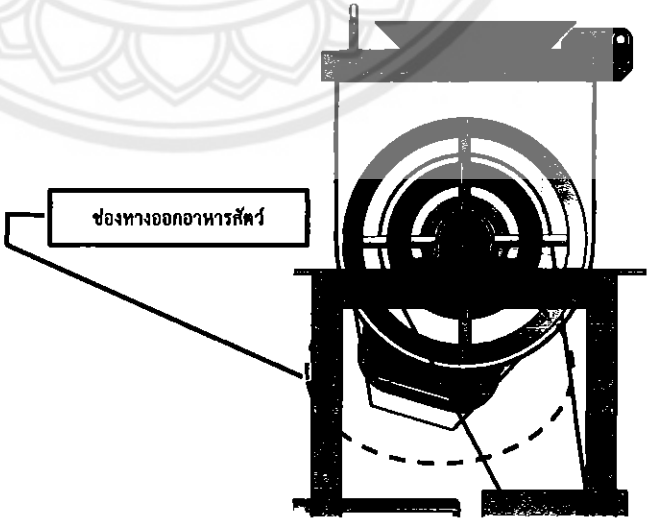
ลักษณะฝาถัง (รูปที่ 3.17) ทำจากสแตนเลส ขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 1,030 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร พร้อมตัดช่องใส่อาหารตรงกลางขนาดกว้างยาวด้านละ 240 มิลลิเมตร ที่กว้างพอสำหรับใส่อาหารได้สะดวก



รูปที่ 3.17 ลักษณะฝาถัง

3.4.6 ช่องทางออก

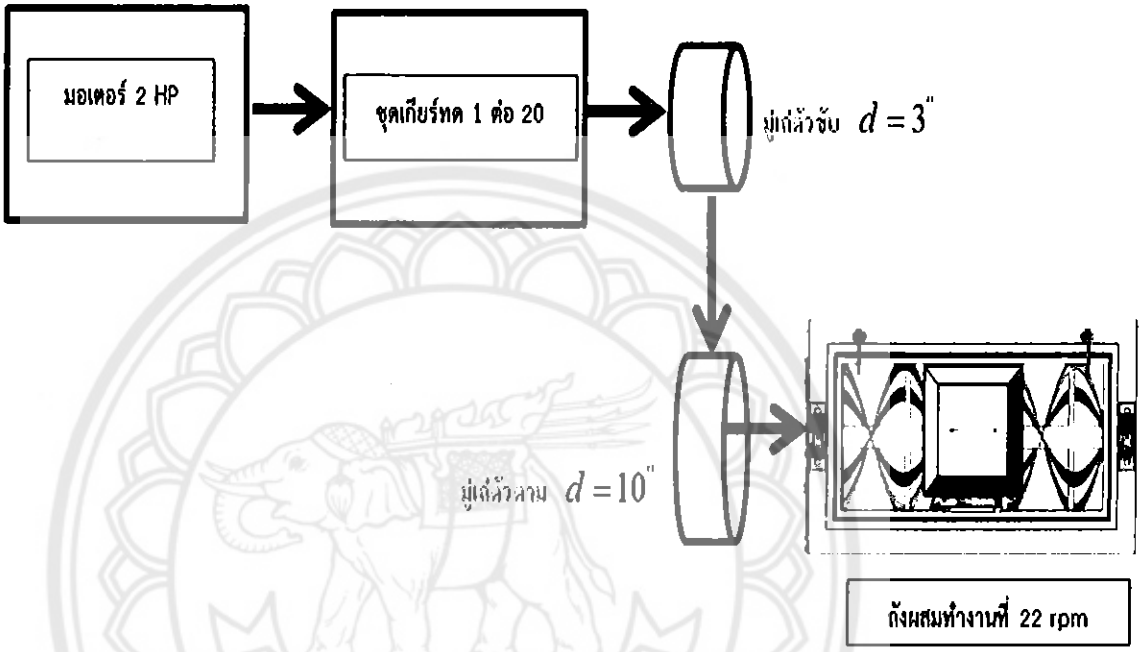
การออกแบบสำหรับช่องทางออกของอาหารสัตว์ ได้ทำการปรับตำแหน่งการปล่อยอาหาร โดยกำหนดให้ออกทางด้านข้างเพื่อสะดวกในการนำภาชนะมารอง (รูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.18 ช่องทางออกของอาหารสัตว์

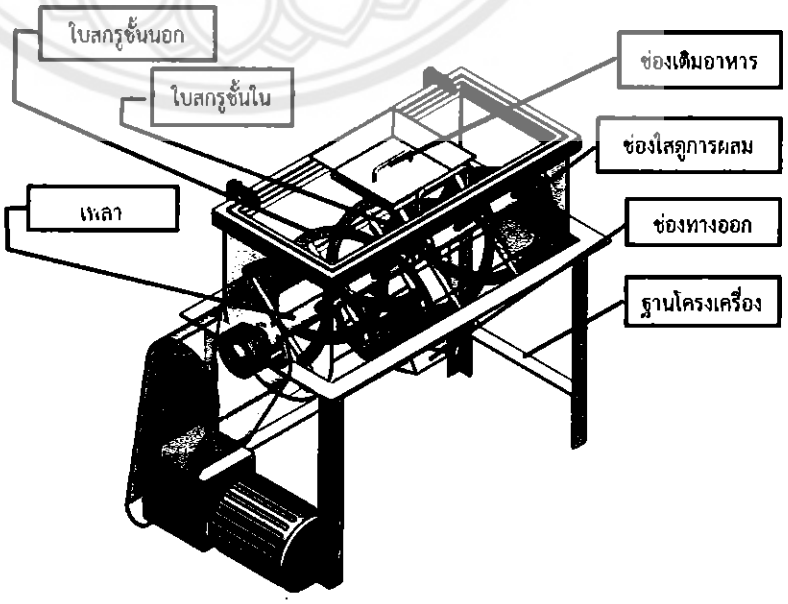
3.4.7 ระบบส่งกำลัง

ใช้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 2 แรงม้า 1,450 รอบต่อนาที ต่อเข้ากับเกียร์ทดขนาด 1 ต่อ 20 รอบ จะได้ความเร็วรอบที่ 72.5 รอบต่อนาที จากนั้นต่อมู่เล่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วที่เกียร์ทด ส่งกำลังผ่านสายพานต่อเข้ากับมู่เล่ กับเพลาของถังผสมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว จะได้ความเร็วที่เพลาประมาณ 22 รอบต่อนาที (รูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 ระบบส่งกำลัง

ผลจากการออกแบบทำให้ได้เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมแสดงดังรูปที่ 3.20



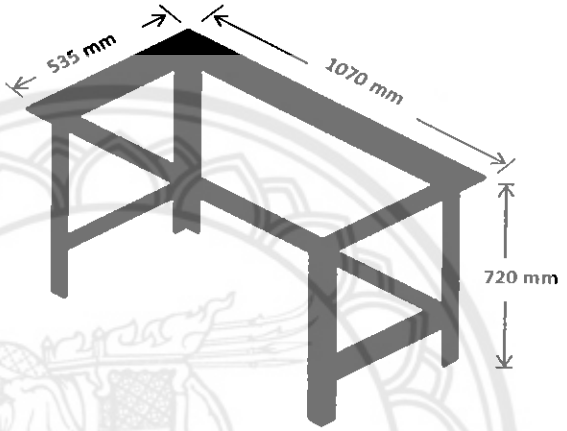
รูป 3.20 แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

3.5 การสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

จากผลของการออกแบบได้ทำการสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.1 ฐานโครงเครื่องผสม

ทำด้วยเหล็กฉากขนาด 2 นิ้วหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 535 มิลลิเมตร ยาว 1,070 มิลลิเมตร สูง 720 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 โครงเครื่องผสม

3.5.2 ถังผสม

ใช้สแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 432 มิลลิเมตรยาว 970 มิลลิเมตร และสูง 520 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ถังผสม

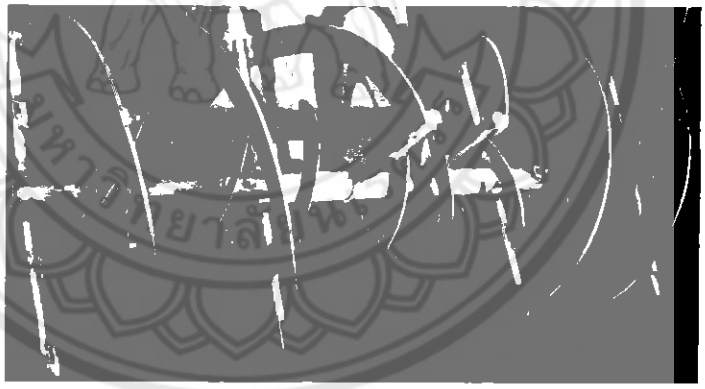
3.5.3 ฝาถัง

ใช้สแตนเลส หนา 3 มิลลิเมตร ตัดช่องสำหรับใส่อาหารสัตว์ขนาดยาวด้านละ 240 มิลลิเมตร พร้อมทั้งเพิ่มแผ่นกั้นบริเวณขอบที่ใส่อาหารสัตว์ ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ฝาถังผสม

3.5.4 ใบสกรู

ใช้สแตนเลสดัดขึ้นรูปเป็นใบสกรู ใบชั้นนอกขนาดกว้าง 31.7 มิลลิเมตร **หนา 5 มิลลิเมตร** และใบสกรูชั้นในขนาดกว้าง 38.1 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.24

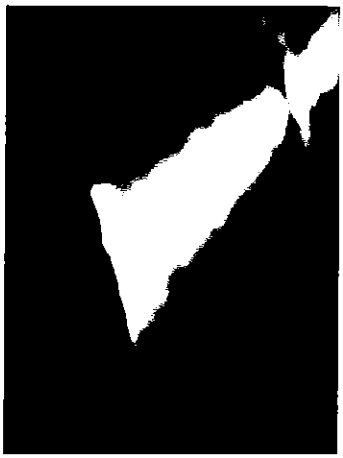


รูปที่ 3.24 ใบสกรู

3.5.5 เพลา

เพลาได้ออกแบบเป็น 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นเพลาสแตนเลสกลวง (รูปที่3.25ก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตรหนา 5 มิลลิเมตร ยาว 965 มิลลิเมตร ซึ่งทำหน้าที่ยึดใบสกรู ส่วนเพลาชั้นใน (รูปที่3.25ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.1 มิลลิเมตรยาว 1,256 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ยึดเพลานอกให้ติดกับถัง

ก) เพลานอก



ข) เพลาใน

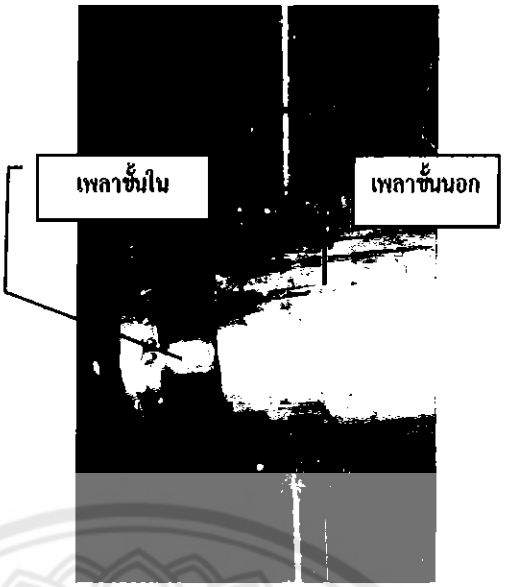
รูปที่ 3.25 เพลา

3.5.6 การติดตั้ง

1) ติดตั้งถังเข้ากับโครงเครื่องผสมดังรูปที่ 3.26

รูป 3.26 การติดตั้งถังผสม

2) นำชุดเพลานอกที่ติดใบสกรูเสร็จแล้วประกอบลงในถัง จากนั้นใส่เพลาในเข้ากับตัวถังดัง รูปที่ 3.27

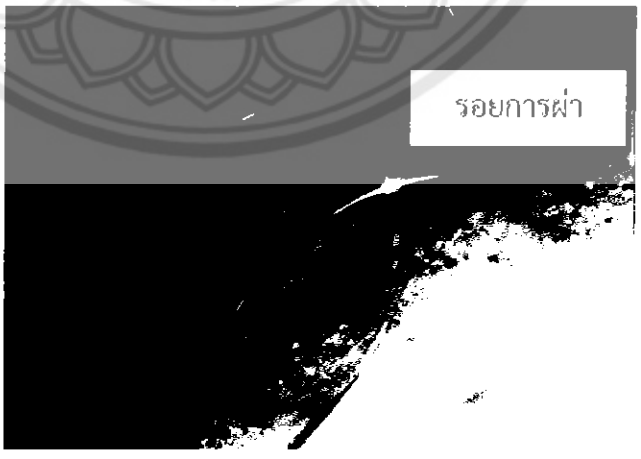


รูปที่ 3.27 การติดตั้งเพลา

3) ติดตั้งชุดมอเตอร์ เกียร์ทด มู่เล่ และสายพาน พร้อมทดสอบเดินเครื่อง

3.5.7 ปัญหาที่พบในการสร้างเครื่อง

จากการสร้างเครื่องพบปัญหาในการทำใบสกรู คือ ไม่สามารถสร้างใบสกรูชั้นในตามขนาดที่กำหนดได้เพราะเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กเกินกว่าความสามารถที่เครื่องรีดใบสกรู (รูปที่ 2.26) จะสามารถทำได้ วิธีแก้ปัญหาคือใช้วิธีการผ่าด้านในของใบสกรูชั้นใน แล้วใช้ค้อนตีโค้งเข้าให้ได้ตามแบบแล้วเชื่อมกลับตามเดิม



รูปที่ 3.28 การผ่าใบสกรู

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

จากการทดลองหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสุกรช่วงวัยอนุบาลได้ปริมาณความชื้นความหนาแน่นมวลรวมและ ขนาดของส่วนประกอบของอาหารสัตว์ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

สมบัติทางกายภาพ	ข้าวโพด	กากถั่วเหลือง	รำ	อาหารสัตว์ที่ผสมแล้ว
ช่วงขนาดของอาหารสัตว์				
D>3.35 mm	0.19%	0%	0%	-
0.6 mm <D< 3.35 mm	53.26%	80.63%	9.41%	-
0.212 mm <D< 0.6 mm	35.74%	16.34%	71.47%	-
D < 0.212 mm	10.81%	3.03%	19.12%	
ความหนาแน่นมวลรวม (kg/m^3)	-	-	-	513.3
ความชื้นเฉลี่ย (%wb)	12.53	11.86	9.26	10.65

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่ของข้าวโพดและกากถั่วเหลืองมีขนาด 0.6–3.35 มิลลิเมตร ดังนั้นในการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ สำหรับโครงงานนี้กำหนดช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรูเท่ากับ 5 มิลลิเมตร

4.2 ผลของการหาประสิทธิภาพในการผสมอาหารสัตว์

4.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

โครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Science)ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตาราง 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแนวระดับของถังผสม

ปริมาณการผสม	เวลา (นาที)				
	5	10	15	20	25
150 กิโลกรัม (59%)	0.486	0.946	0.061	0.392	
208 กิโลกรัม (82%)	0.029*	0.076	0.016*	0.83	
254 กิโลกรัม (100%)	0.486	0.241	0.016*	0.685	0.101

*** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)**

ตาราง 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแนวระนาบของถังผสม

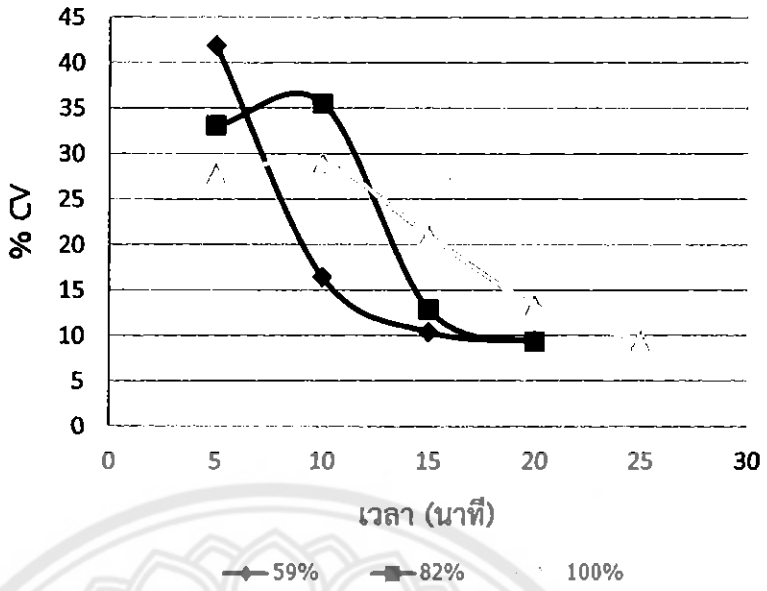
ปริมาณการผสม	เวลา (นาที)				
	5	10	15	20	25
150 กิโลกรัม (59%)	0.133	0.237	0.301	0.408	
208 กิโลกรัม (82%)	0.497	0.274	0.724	0.652	
254 กิโลกรัม (100%)	0.632	0.987	0.727	0.028*	0.954

*** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)**

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 พบว่า ค่า p ที่ปริมาณการผสม 59% ไม่มีผลกระทบของความแปรปรวนทั้งแนวระนาบและแนวระดับ ถือว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ทุกเวลาการผสมซึ่งหมายความว่าค่า CV ของการผสมสามารถเชื่อถือได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทุกๆเวลาการผสม ส่วนที่ปริมาณการผสม 82% จะสังเกตเห็นว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามแนวระดับที่ 15 นาทีแรก ส่วนในแนวระนาบไม่พบ และที่ 100% จะสังเกตเห็นว่าที่แนวระดับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามแนวระดับที่ 15 นาที และแนวระนาบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 20 นาที สรุปค่า CV ที่สามารถนำไปใช้งานได้ของ 59% คือตั้งแต่ 15 นาทีเป็นต้นไป ที่ 82% ค่า CV ที่สามารถนำไปใช้งานได้ที่ 20 นาที เป็นต้นไปและที่ 100% ค่า CV ที่สามารถนำไปใช้งานได้อยู่ที่ 25 นาที

4.2.2 ผลของปริมาณการผสมกับเวลาที่ใช้

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV กับเวลาที่ใช้ในการผสม แสดงในรูปที่ 4.1 การหาค่า CV ที่เหมาะสมกับการผสมอาหารโดยได้จากการวิเคราะห์ค่าเกลือที่ได้จากการทดลองส่วนค่า CV ที่สามารถยอม รับได้ในการผสมอาหารอยู่ที่ 10%



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV กับเวลาที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ 3 ปริมาณการผสม

จากรูปที่ 4.1 พบว่าค่า CV ที่สามารถยอมรับได้ในการผสมอาหารสัตว์ของแต่ปริมาณการผสม คือ 59%, 82%, 100% จะใช้เวลาในการผสมที่แตกต่างกันออกไปคือ 15, 20, 25 นาที ตามลำดับ

4.2.3 ผลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากเวลาที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสมอาหารสัตว์สามารถคำนวณหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าดังแสดงผลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์

ระดับการผสมอาหารสัตว์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์)	เวลาในการผสม (นาที)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัม)
ไม่มีอาหารสัตว์ (0%)	0.589	-	-
150 กิโลกรัม (59%)	1.333	15	0.005
208 กิโลกรัม (82%)	1.473	20	0.006
254 กิโลกรัม (100%)	1.651	25	0.007

*ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.506 บาท

จากตารางที่ 4.3 การผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 150 กิโลกรัม (59%) มีค่าใช้จ่ายในการผสมอาหารต่อปริมาณอาหารสัตว์ที่ทำการผสมน้อยที่สุดคือ 0.005 บาทต่อกิโลกรัม จึงเหมาะสมที่จะผสมที่ปริมาณการผสมนี้มากที่สุดเมื่อพิจารณาในด้านของค่าพลังงานไฟฟ้า

4.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์

เมื่อพิจารณาเวลาการผสมที่เหมาะสมกับปริมาณการผสมต่างๆ สามารถคำนวณหาความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหาร

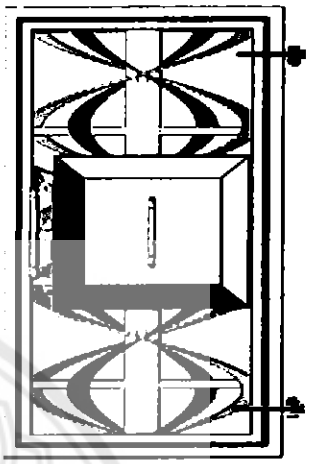
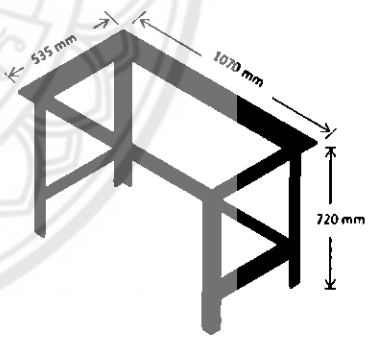
การผสมอาหารสัตว์	เวลาในการผสม (นาที)	ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	การสูญเสีย (เปอร์เซ็นต์)
150 กิโลกรัม (59%)	15	600.0	1.93
208 กิโลกรัม (82%)	20	624.0	1.39
254 กิโลกรัม (100%)	25	609.6	1.14

จากตารางที่ 4.5 พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสูงสุดอยู่ที่ปริมาณการผสมอาหารสัตว์ 82% คือ 624 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

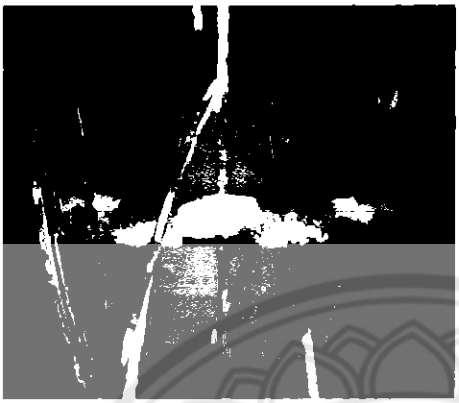
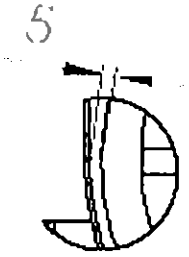
4.4 ผลการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์

จากการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ผลการออกแบบและเปรียบเทียบกับเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัมที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีอยู่ แสดงในตารางที่ 4.6

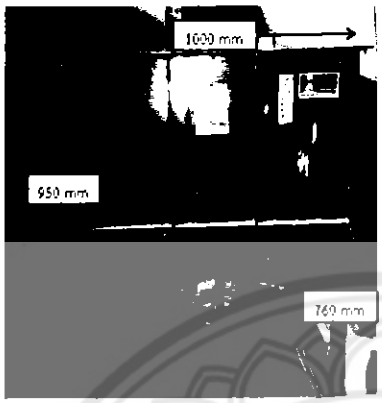
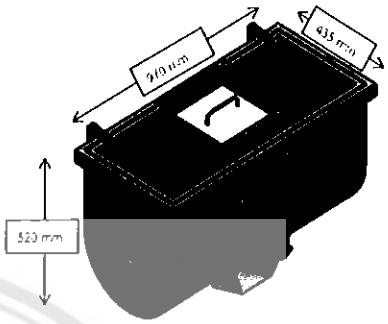
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่มีอยู่เดิมกับเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ออกแบบใหม่

เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม	เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่ออกแบบ
ฝาถังเครื่องผสม ช่องเติมวัตถุดิบกว้าง 300 mm ช่องเติมวัตถุดิบยาว 350 mm	ฝาถังเครื่องผสม  ช่องเติมวัตถุดิบกว้าง 240 mm ช่องเติมวัตถุดิบยาว 240 mm
ฐานโครงเครื่องผสม โครงฐานเหล็กยาว 1100 mm โครงฐานเหล็กสูง 550 mm โครงฐานเหล็กกว้าง 810 mm	ฐานโครงเครื่องผสม  โครงฐานเหล็กยาว 1070 mm โครงฐานเหล็กสูง 720 mm โครงฐานเหล็กกว้าง 535 mm

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่มีอยู่เดิมกับเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ออกแบบใหม่ (ต่อ)

เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม	เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่ออกแบบ
ใบสกรู  ใบสกรูชั้นใน เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 673 mm ความกว้าง 28 mm ความหนา 8 mm ใบสกรูชั้นนอก เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 740 mm ความกว้าง 28 mm ความหนา 8 mm	ใบสกรู ใบสกรูชั้นใน เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 267.4 mm ความกว้าง 38.1 mm ความหนา 3.0 mm ใบสกรูชั้นนอก เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 422.0 mm ความกว้าง 31.7 mm ความหนา 3.0 mm
ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู **ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู** 10 mm	ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู  **ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู** 5 mm

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่มีอยู่เดิมกับเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ออกแบบใหม่ (ต่อ)

เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม	เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่ออกแบบ
ถังผสม	**ถังผสม**
	
รัศมีของถังตัวยู 380 mm ความกว้างของถัง 760 mm ความสูงของถัง 950 mm ความยาวของถัง 1000 mm	รัศมีของถังตัวยู 216 mm ความกว้างของถัง 435 mm ความสูงของถัง 520 mm ความยาวของถัง 970 mm

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัมที่มีอยู่เดิมของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยทำการทดลองกับการผสมอาหารสุกรช่วงวัยอนุบาลที่ปริมาณการผสม 59%(150 กิโลกรัม), 82%(208 กิโลกรัม) และ 100%(254 กิโลกรัม) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่า CV 10% พบว่า ที่ปริมาณการผสม 59%, 82% และ 100% ใช้เวลาในการผสม 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ

2) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดคือ 0.005 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อทำการผสมที่ปริมาณการผสม 59% และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผสมที่เพิ่มขึ้น

3) ค่าเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจะแปรผกผันกับปริมาณอาหารสัตว์ที่ผสม

4) เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมและประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุด แนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ 59% ใช้เวลาในการผสม 15 นาที มีความสามารถในการผลิต 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5) เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมและความสามารถในการผลิตสูงสุด แนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ 82% ใช้เวลาในการผสม 20 นาที มีความสามารถในการผลิต 624 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

6) เครื่องที่ทำการออกแบบเป็นเครื่องผสมแบบถังแนวนอน ใช้ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ ถังผสมรูปทรงตัวยูขนาดรัศมีภายในถัง 216 มิลลิเมตร ความยาวของถังผสม 970 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู 5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรูชั้นนอก 422 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรูชั้นใน 267 มิลลิเมตร ชุดใบสกรูทำงานบนแกนเพลาเดียวกันด้วยความเร็ว 23 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ใช้ระบบส่งถ่ายกำลังแบบสายพาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาหาประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่ได้ทำการออกแบบและสร้าง

2) ในการออกแบบขนาดของใบสกรูควรคำนึงถึงขีดความสามารถในการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้รีดใบสกรูมีความสามารถในการรีดใบสกรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในต่ำสุดอยู่ที่ 40 เซนติเมตร

3) ในขั้นตอนการสร้าง ควรสร้างใบสกรูก่อนแล้วจึงสร้างถังผสมตามขนาดของใบสกรู เพื่อความแม่นยำในการกำหนดค่าระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู

4) เพื่อประสิทธิภาพของอาหารสัตว์ที่ดีไม่ควรผสมอาหารสัตว์เกินปริมาณที่ใช้งานจริง เพราะการเก็บอาหารสัตว์ที่ผสมแล้วจะมีปัญหาในเรื่องของการเสื่อมคุณภาพ

บรรณานุกรม

[1] ณัฐชนก อมรเทวภัทร, การผลิตอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2553.

[2] www.readyplanet5.com (เข้าถึงข้อมลูวันที่ 13/03/56)

[3] www.p-pasusat.com/index. (เข้าถึงข้อมลูวันที่ 10/03/56)

[4] www.be2hand.com/upload/200905 (เข้าถึงข้อมลูวันที่ 13/03/56)

[5] www.thailandindustry.com/guru/ (เข้าถึงข้อมลูวันที่ 13/03/56)

[6] ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็ม.อี.ดี.วิศวกรรม (เข้าถึงข้อมลูวันที่12/03/56)

[7] พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, การผลิตอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ 2539

[8] www.guru.google.co.th/guru/thread?tid (เข้าถึงข้อมูลวันที่22/03/56)

[9] www.jikoshaengg.com/ribbon_blender.html (เข้าถึงข้อมูลวันที่20/01/55)

[10] Muzzio J.,Llusa M.,Goodridge L.,Duong N.,Shen E. Evaluating the mixing performance of a ribbon blender. Powder Technology 186 (2008) 247–254

[11] www.equipnet.com/mp_data/media/20098271628_215667_5.pdf (เข้าถึงข้อมลูวันที่ 23/06/55)

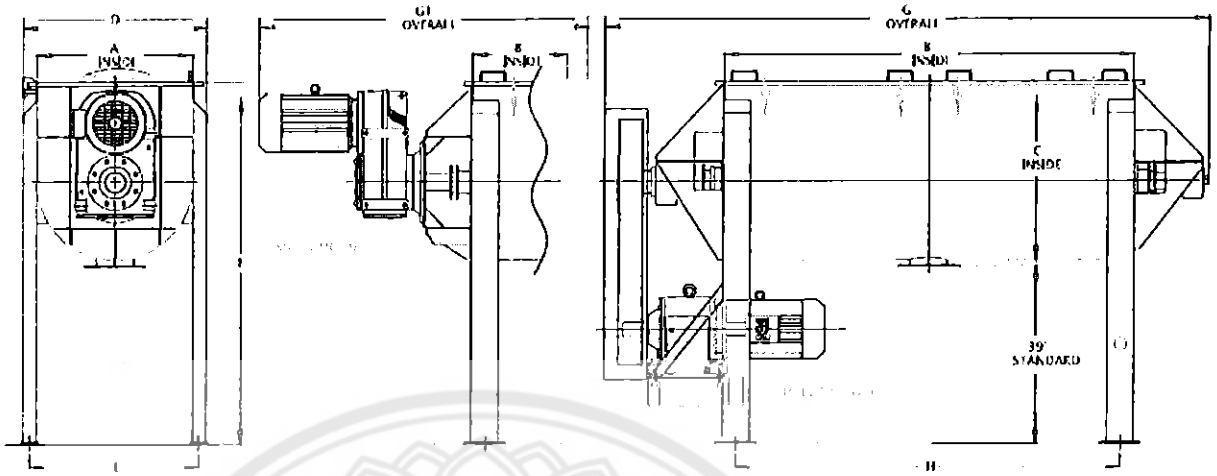
[12] Edward L. Paul,Victor A. Atiemo-Obeng,Suzanne ,M. Kresta Handbook of Industrial Mixing, published by john Wiley & sons, Inc.,Hoboken, New jersey.(2004)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารแนะนำสินค้า

ตารางที่ ก.1 เอกสารแนะนำสินค้า [10]



MODEL	WORKING GAP.			HORSEPOWER			APPROXIMATE DIMENSIONS (INCHES)								
	ft^3	Gallons	Liters	Standard Duty	Heavy Duty	Extra Heavy Duty	A	B	C	D	E	F	G	G1	H
DRB-5	5	37	142	$1\frac{1}{2}$	3	5	17	38	20	21	19	62	69	83	34
DRB-11	11	82	311	3	5	$7\frac{1}{2}$	21	48	26	25	23	68	79	93	44
DRB-20	20	150	566	5	$7\frac{1}{2}$	10	26	60	30	30	28	72	91	110	56
DRB-24	24	180	679	$7\frac{1}{2}$	10	15	26	66	30	30	28	72	97	117	62
DRB-30	30	224	849	10	15	20	30	72	34	34	32	76	103	128	68
DRB-36	36	269	1019	15	15	25	30	78	34	36	33	76	126	138	74
DRB-40	40	299	1132	15	20	25	32	78	36	38	35	78	126	138	72
DRB-55	55	411	1557	20	30	40	34	90	39	40	37	81	138	155	84
DRB-66	66	494	1868	20	30	40	37	96	41	43	40	83	144	162	90
DRB-80	80	598	2254	25	40	60	40	96	48	46	43	90	144	165	90
DRB-100	100	748	2830	30	50	75	45	96	54	51	48	96	144	nja	112

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนประกอบของอาหารสัตว์

วัตถุดิบ	ความชื้นเฉลี่ย (%)
ข้าวโพด	12.53
กากถั่วเหลือง	11.86
รำ	9.26
อาหารสัตว์ที่ผสมแล้ว	10.65

ตารางที่ ข.2 การทดลองครั้งที่ 1 หาขนาดของกากถั่วเหลือง

น้ำหนักของกากถั่วเหลืองที่ทำการทดลอง 100.08 g				% Retain	% Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	408.15	6.15	6.15	93.85
850 µm	384.00	438.31	54.31	54.31	39.54
600 µm	360.00	379.43	19.43	19.43	20.11
435 µm	346.00	355.83	9.83	9.83	10.28
300 µm	334.00	338.13	4.13	4.13	6.15
212 µm	328.00	330.49	2.49	2.49	3.66
150 µm	310.00	311.39	1.39	1.39	2.27
106 µm	310.00	310.77	0.77	0.77	1.50
75 µm	304.00	304.53	0.53	0.53	0.97
53 µm	300.00	300.41	0.41	0.41	0.56
ถาด			0.00	0.00	0.56
รวม			99.44	99.44	

ตารางที่ ข.3 การทดลองครั้งที่ 2 หาขนาดของกากถั่วเหลือง

น้ำหนักของกากถั่วเหลืองที่ทำการทดลอง 100.07 g				% Retain	% Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	408.10	6.10	6.10	93.90
850 µm	384.00	438.62	54.62	54.62	39.28
600 µm	360.00	380.06	20.06	20.06	19.22
435 µm	346.00	355.53	9.53	9.53	9.69
300 µm	334.00	338.08	4.08	4.08	5.61
212 µm	328.00	330.32	2.32	2.32	3.29
150 µm	310.00	311.22	1.22	1.22	2.07
106 µm	310.00	310.81	0.81	0.81	1.26
75 µm	304.00	304.58	0.58	0.58	0.68
53 µm	300.00	300.44	0.44	0.44	0.24
ถาด			0	0	0.24
รวม			99.76	99.76	

ตารางที่ ข.4 การทดลองครั้งที่ 3 หาขนาดของกากถั่วเหลือง

น้ำหนักของกากถั่วเหลืองที่ทำการทดลอง 100.04 g				% Retain	% Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	407.95	5.95	5.95	94.05
850 µm	384.00	439.08	55.08	55.08	38.97
600 µm	360.00	379.23	19.23	19.23	19.74
435 µm	346.00	356.04	10.04	10.04	9.70
300 µm	334.00	338.18	4.18	4.18	5.52
212 µm	328.00	330.20	2.20	2.20	3.32
150 µm	310.00	311.19	1.19	1.19	2.13
106 µm	310.00	310.83	0.83	0.83	1.3
75 µm	304.00	304.53	0.53	0.53	0.77
53 µm	300.00	300.39	0.39	0.39	0.38
ถาด			0.00	0.00	0.38
รวม			99.62	99.62	

ตารางที่ ข.5 ค่าเฉลี่ยของการทดลองการหาขนาดของกากถั่วเหลือง

ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)	สัดส่วนมวล (%)	% Retain	% Passing
3.35 mm	0.00	0.00	0	100.00
1.7 mm	6.07	6.09	6.09	93.91
850 µm	54.67	54.89	54.89	39.02
600 µm	19.57	19.65	19.65	19.37
435 µm	9.80	9.84	9.84	9.53
300 µm	4.13	4.15	4.15	5.38
212 µm	2.34	2.35	2.35	3.03
150 µm	1.27	1.27	1.27	1.76
106 µm	0.80	0.81	0.81	0.95
75 µm	0.55	0.55	0.55	0.41
53 µm	0.41	0.41	0.41	0
รวม	99.61	100.00	100.00	

ตารางที่ ข.6 การทดลองครั้งที่ 1 หาขนาดของข้าวโพด

น้ำหนักของข้าวโพดที่ทำการทดลอง 100.07 g				% Retain	% Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.19	0.19	0.19	99.81
1.7 mm	402.00	409.71	7.71	7.71	92.1
850 µm	384.00	413.21	29.21	29.21	62.89
600 µm	360.00	376.49	16.30	16.30	46.59
435 µm	346.00	357.08	11.08	11.08	35.51
300 µm	334.00	349.43	15.33	15.33	20.18
212 µm	328.00	337.29	9.29	9.29	10.89
150 µm	310.00	316.95	6.95	6.95	3.94
106 µm	310.00	313.33	3.33	3.33	0.61
75 µm	304.00	304.47	0.47	0.47	0.14
53 µm	300.00	300.01	0.10	0.10	0.04
ถาด			0.00	0.00	0.04
รวม			99.96	99.96	

ตารางที่ ข.7 การทดลองครั้งที่ 2 หาขนาดของข้าวโพด

น้ำหนักของข้าวโพดที่ทำการทดลอง 100.08 g				%Retain	%Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.17	0.17	0.17	99.83
1.7 mm	402.00	409.79	7.79	7.79	92.04
850 µm	384.00	413.03	29.03	29.03	63.01
600 µm	360.00	376.45	16.45	16.45	46.56
435 µm	346.00	357.15	11.15	11.15	35.41
300 µm	334.00	349.20	15.20	15.20	20.21
212 µm	328.00	337.34	9.34	9.34	10.87
150 µm	310.00	316.82	6.82	6.82	4.05
106 µm	310.00	313.41	3.41	3.41	0.64
75 µm	304.00	304.39	0.39	0.39	0.25
53 µm	300.00	300.13	0.13	0.13	0.12
ถาด			0.00	0.00	0.12
รวม			99.88	99.88	

ตารางที่ ข.8 การทดลองครั้งที่ 3 หาขนาดของข้าวโพด

น้ำหนักของข้าวโพดที่ทำการทดลอง 100.03 g				% Retain	% Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.21	0.21	0.21	99.79
1.7 mm	402.00	409.66	7.66	7.66	92.13
850 µm	384.00	412.93	28.93	28.93	63.20
600 µm	360.00	376.52	16.52	16.52	46.68
435 µm	346.00	356.98	10.98	10.98	35.70
300 µm	334.00	349.33	15.33	15.33	20.37
212 µm	328.00	337.41	9.41	9.41	10.96
150 µm	310.00	316.93	6.93	6.93	4.03
106 µm	310.00	313.34	3.34	3.34	0.69
75 µm	304.00	304.43	0.43	0.43	0.26
53 µm	300.00	300.09	0.09	0.09	0.17
ถาด			0.00	0.00	0.17
รวม			99.83	99.83	

ตารางที่ ข.9 ค่าเฉลี่ยของการทดลองการหาขนาดของข้าวโพด

ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)	สัดส่วนมวล (%)	% Retain	% Passing
3.35 mm	0.19	0.19	0.19	99.81
1.7 mm	7.72	7.73	7.73	92.08
850 µm	29.06	29.09	29.09	62.99
600 µm	16.42	16.44	16.44	46.55
435 µm	11.07	11.08	11.08	35.47
300 µm	15.29	15.30	15.30	20.17
212 µm	9.35	9.36	9.36	10.81
150 µm	6.90	6.91	6.91	3.90
106 µm	3.36	3.36	3.36	0.54
75 µm	0.43	0.43	0.43	0.11
53 µm	0.11	0.11	0.11	0.00
รวม	99.89	100.00	100.00	

ตารางที่ ข.10 การทดลองครั้งที่ 1 หาขนาดของรำ

น้ำหนักของรำที่ทำการทดลอง 100.05 g				%Retain	%Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	402.00	0.00	0.00	100.00
850 µm	384.00	385.21	1.21	1.21	98.79
600 µm	360.00	368.13	8.13	8.13	90.66
435 µm	346.00	373.07	27.07	27.07	63.59
300 µm	334.00	362.77	28.77	28.77	34.82
212 µm	328.00	342.45	14.45	14.45	20.37
150 µm	310.00	316.99	6.99	6.99	13.38
106 µm	310.00	313.25	3.25	3.25	10.13
75 µm	304.00	305.58	1.58	1.58	8.55
53 µm	300.00	301.77	1.77	1.77	6.78
ถาด			5.77	5.77	1.01
รวม			98.99	98.99	

ตารางที่ ข.11 การทดลองครั้งที่ 2 หาขนาดของรำ

น้ำหนักของรำที่ทำการทดลอง 100.04 g				%Retain	%Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	402.00	0.00	0.00	100.00
850 µm	384.00	385.00	1.18	1.18	98.82
600 µm	360.00	368.00	8.23	8.23	90.59
435 µm	346.00	373.00	27.18	27.18	63.41
300 µm	334.00	363.00	28.59	28.59	34.82
212 µm	328.00	343.00	14.65	14.65	20.17
150 µm	310.00	317.00	6.54	6.54	13.63
106 µm	310.00	313.00	3.33	3.33	10.3
75 µm	304.00	305.00	1.44	1.44	8.86
53 µm	300.00	302.00	1.82	1.82	7.04
ถาด			5.68	5.68	1.36
รวม			98.64	98.64	

ตารางที่ ข.12 การทดลองครั้งที่ 3 หาขนาดของรำ

น้ำหนักของรำที่ทำการทดลอง 100.01 g				%Retain	%Passing
ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักปิ่นโตเปล่า (g)	น้ำหนักปิ่นโตหลังเขย่า (g)	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)		
3.35 mm	450.00	450.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	402.00	402.00	0.00	0.00	100.00
850 µm	384.00	385.00	0.98	0.98	99.02
600 µm	360.00	368.00	8.11	8.11	90.91
435 µm	346.00	373.00	26.97	26.97	63.94
300 µm	334.00	363.00	29.03	29.03	34.91
212 µm	328.00	343.00	14.75	14.75	20.16
150 µm	310.00	317.00	6.51	6.51	13.65
106 µm	310.00	313.00	3.07	3.07	10.58
75 µm	304.00	305.00	1.33	1.33	9.25
53 µm	300.00	302.00	1.64	1.64	7.61
ถาด			5.88	5.88	1.73
รวม			98.27	98.27	

ตารางที่ ข.13 ค่าเฉลี่ยของการทดลองการหาขนาดของรำ

ขนาดช่องเปิด	น้ำหนักวัตถุดิบ (g)	สัดส่วนมวล (%)	% Retain	% Passing
3.35 mm	0.00	0.00	0.00	100.00
1.7 mm	0.00	0.00	0.00	100.00
850 µm	1.12	1.14	1.14	98.86
600 µm	8.16	8.27	8.27	90.59
435 µm	27.07	27.45	27.45	63.14
300 µm	28.80	29.20	29.20	33.94
212 µm	14.62	14.82	14.82	19.12
150 µm	6.68	6.77	6.77	12.35
106 µm	3.22	3.26	3.26	9.09
75 µm	1.45	1.47	1.47	7.62
53 µm	1.74	1.77	1.77	5.85
ถาด	5.78	5.86	5.86	0.00
รวม	98.63	100.00	100.00	

ตารางที่ ข.14 ผลของการหาค่าเกลือที่ปริมาณการผสม 59 % ของเครื่องผสมอาหารสัตว์

เวลา	จุดตรวจ	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	น้ำหนักสาร (g)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	เกลือ (%)
5 นาที	1	20	1.493	19.4	0.196
	2	20	1.500	18.4	0.584
	3	20	1.504	18.4	0.583
	4	20	1.495	19.4	0.195
	5	20	1.594	18.9	0.384
	6	20	1.509	18.9	0.387
	7	20	1.523	18.1	0.690
	8	20	1.535	18.6	0.490
	9	20	1.578	17.9	0.740
10 นาที	1	25	1.546	23.9	0.415
	2	25	1.530	24.1	0.343
	3	25	1.506	23.7	0.504
	4	25	1.533	23.7	0.495
	5	25	1.548	23.5	0.566
	6	25	1.540	23.8	0.455
	7	25	1.518	23.9	0.423
	8	25	1.516	23.8	0.462
	9	25	1.525	24.1	0.344
15 นาที	1	25	1.519	24.0	0.384
	2	25	1.526	24.2	0.306
	3	25	1.506	23.6	0.387
	4	25	1.501	24.0	0.389
	5	25	1.522	24.1	0.345
	6	25	1.508	23.9	0.426
	7	25	1.522	23.9	0.422
	8	25	1.514	24.0	0.385
	9	25	1.493	23.9	0.430
	1	25	1.502	23.9	0.384
	2	25	1.493	24.0	0.365
	3	25	1.500	23.9	0.371
	4	25	1.512	23.9	0.373
	5	25	1.503	23.9	0.379
	6	25	1.489	24.0	0.383
	7	25	1.511	23.8	0.382
	8	25	1.514	24.1	0.372
	9	25	1.502	23.7	0.450

ตารางที่ ข.15 ผลของการหาค่าเกลือที่ปริมาณการผสม 82 % ของเครื่องผสมอาหารสัตว์

เวลา	จุดตรวจ	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	น้ำหนักสาร (g)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	เกลือ (%)
5 นาที	1	25	1.510	23.8	0.464
	2	25	1.513	24.2	0.308
	3	25	1.499	24.3	0.273
	4	25	1.516	23.4	0.617
	5	25	1.518	24.2	0.308
	6	25	1.501	23.8	0.467
	7	25	1.515	23.2	0.694
	8	25	1.502	24.0	0.388
	9	25	1.500	24.0	0.389
10 นาที	1	20	1.506	18.5	0.582
	2	20	1.500	18.0	0.778
	3	20	1.507	18.8	0.465
	4	20	1.521	19.0	0.384
	5	20	1.516	17.9	0.809
	6	20	1.500	19.4	0.234
	7	20	1.507	19.5	0.194
	8	20	1.518	18.0	0.769
	9	20	1.501	18.9	0.428
15นาที	1	20	1.505	18.2	0.698
	2	20	1.498	18.8	0.546
	3	20	1.504	18.0	0.777
	4	20	1.503	18.2	0.699
	5	20	1.511	18.4	0.618
	6	20	1.500	17.8	0.857
	7	20	1.505	18.1	0.737
	8	20	1.504	18.2	0.698
	9	20	1.501	18.0	0.778
20 นาที	1	20	1.501	18.1	0.739
	2	20	1.504	18.0	0.777
	3	20	1.501	18.3	0.66
	4	20	1.500	18.2	0.701
	5	20	1.504	18.4	0.621
	6	20	1.498	18.2	0.702
	7	20	1.502	18.5	0.584
	8	20	1.517	18.2	0.693
	9	20	1.515	18.0	0.771

ตารางที่ ข.16 ผลของการหาค่าเกลือที่ปริมาณการผสม 100 % ของเครื่องผสมอาหารสัตว์

เวลา	จุดตรวจ	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	น้ำหนักสาร (g)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	เกลือ (%)
5 นาที	1	25	1.511	23.7	0.503
	2	25	1.499	23.9	0.428
	3	25	1.500	24.2	0.351
	4	25	1.506	23.6	0.543
	5	25	1.514	24.1	0.347
	6	25	1.513	23.8	0.463
	7	25	1.517	23.9	0.424
	8	25	1.507	23.9	0.407
	9	25	1.505	23.0	0.776
10 นาที	1	25	1.500	23.7	0.506
	2	25	1.499	23.4	0.623
	3	25	1.511	24.1	0.348
	4	25	1.508	22.7	0.891
	5	25	1.508	24.0	0.387
	6	25	1.507	23.9	0.427
	7	25	1.509	23.9	0.426
	8	25	1.503	22.3	1.051
	9	25	1.500	24.0	0.389
15 นาที	1	25	1.502	22.8	0.857
	2	25	1.506	23.0	0.776
	3	25	1.508	23.6	0.542
	4	25	1.501	23.1	0.739
	5	25	1.506	23.1	0.737
	6	25	1.506	24.4	0.233
	7	25	1.501	23.1	0.739
	8	25	1.505	23.4	0.621
	9	25	1.500	23.5	0.584
20 นาที	1	25	1.517	23.2	0.693
	2	25	1.516	23.7	0.501
	3	25	1.509	23.3	0.655
	4	25	1.504	23.0	0.777
	5	25	1.508	23.0	0.775
	6	25	1.508	23.1	0.736
	7	25	1.501	22.9	0.817
	8	25	1.498	23.0	0.780
	9	25	1.505	23.0	0.773

ตารางที่ ข.16 ผลของการหาค่าเกลือที่ปริมาณการผสม 100 % ของเครื่องผสมอาหารสัตว์ (ต่อ)

25นาที	1	25	1.504	23.5	0.544
	2	25	1.516	23.1	0.687
	3	25	1.534	23.0	0.703
	4	25	1.533	23.4	0.574
	5	25	1.504	23.3	0.632
	6	25	1.492	23.1	0.679
	7	25	1.500	23.2	0.624
	8	25	1.532	23.0	0.710
	9	25	1.504	23.3	0.591

ตารางที่ ข.17 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.067	2	.033	.815	.486
Within Groups	.245	6	.041		
Total	.312	8			

ตารางที่ ข.18 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.153	2	.076	2.883	.133
Within Groups	.159	6	.027		
Total	.312	8			

ตารางที่ ข.19 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.000	.056	.946
Within Groups	.042	6	.007		
Total	.043	8			

ตารางที่ ข.20 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.016	2	.008	1.849	.237
Within Groups	.026	6	.004		
Total	.043	8			

ตารางที่ ข.21 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.008	2	.004	4.602	.061
Within Groups	.005	6	.001		
Total	.013	8			

ตารางที่ ข.22 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.004	2	.002	1.479	.301
Within Groups	.009	6	.001		
Total	.013	8			

ตารางที่ ข.23 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.001	1.099	.392
Within Groups	.004	6	.001		
Total	.005	8			

ตารางที่ ข.24 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 59% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.001	1.045	.408
Within Groups	.004	6	.001		
Total	.005	8			

ตารางที่ ข.25 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.114	2	.057	6.750	.029
Within Groups	.051	6	.008		
Total	.165	8			

ตารางที่ ข.26 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.034	2	.017	.786	.497
Within Groups	.131	6	.022		
Total	.165	8			

ตารางที่ ข.27 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.148	2	.074	4.078	.076
Within Groups	.109	6	.018		
Total	.257	8			

ตารางที่ ข.28 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.090	2	.045	1.616	.274
Within Groups	.167	6	.028		
Total	.257	8			

ตารางที่ ข.29 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.050	2	.025	9.022	.016
Within Groups	.017	6	.003		
Total	.067	8			

ตารางที่ ข.30 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.007	2	.003	.341	.724
Within Groups	.060	6	.010		
Total	.067	8			

ตารางที่ ข.31 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	2	.001	.192	.830
Within Groups	.032	6	.005		
Total	.034	8			

ตารางที่ ข.32 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 82% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.004	2	.002	.459	.652
Within Groups	.029	6	.005		
Total	.034	8			

ตารางที่ ข.33 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.029	2	.015	.815	.486
Within Groups	.108	6	.018		
Total	.137	8			

ตารางที่ ข.34 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 5 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.019	2	.010	.496	.632
Within Groups	.118	6	.020		
Total	.137	8			

ตารางที่ ข.35 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.061	2	.031	1.823	.241
Within Groups	.101	6	.017		
Total	.162	8			

ตารางที่ ข.36 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 10 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.000	.013	.987
Within Groups	.162	6	.027		
Total	.162	8			

ตารางที่ ข.37 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.114	2	.057	8.979	.016
Within Groups	.038	6	.006		
Total	.152	8			

ตารางที่ ข.38 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 15 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	2	.008	.336	.727
Within Groups	.137	6	.023		
Total	.152	8			

ตารางที่ ข.39 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.009	2	.004	.403	.685
Within Groups	.066	6	.011		
Total	.075	8			

ตารางที่ ข.40 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 20 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.052	2	.026	6.827	.028
Within Groups	.023	6	.004		
Total	.075	8			

ตารางที่ ข.41 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระดับที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 25 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	2	.008	3.446	.101
Within Groups	.013	6	.002		
Total	.029	8			

ตารางที่ ข.42 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวระนาบที่ปริมาณการผสมที่ 100% ณ เวลาการผสม 25 นาที ด้วยวิธี ANOVA (ที่นัยสำคัญ 0.05)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.048	.954
Within Groups	.028	6	.005		
Total	.029	8			

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 59%, 82% และ 100%

เวลา (นาที)	ค่า CV ที่ปริมาณการผสม		
	59%	82%	100%
5	0.41	0.33	0.27
10	0.16	0.35	0.29
15	0.10	0.12	0.20
20	0.09	0.09	0.13
25			0.09

ตารางที่ ค.2 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 59% ของตำแหน่งของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ที่ตำแหน่ง		
	ซ้ายของถัง	กลางของถัง	ขวาของถัง
5	0.49	0.20	0.34
10	0.19	0.14	0.11
15	0.12	0.05	0.10
20	0.026	0.10	0.01

ตารางที่ ค.3 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 82% ของตำแหน่งของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ที่ตำแหน่ง		
	ซ้ายของถัง	กลางของถัง	ขวาของถัง
5	0.29	0.35	0.33
10	0.25	0.38	0.34
15	0.17	0.05	0.16
20	0.08	0.13	0.06

ตารางที่ ค.4 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 100% ของตำแหน่งของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ที่ตำแหน่ง		
	ซ้ายของถัง	กลางของถัง	ขวาของถัง
5	0.17	0.38	0.21
10	0.28	0.35	0.33
15	0.22	0.12	0.29
20	0.16	0.02	0.14
25	0.13	0.09	0.08

ตารางที่ ค.5 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 59% ของแต่ละชั้นของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ชั้น		
	บนของถัง	กลางของถัง	ล่างของถัง
5	0.31	0.20	0.28
10	0.18	0.24	0.04
15	0.05	0.11	0.02
20	0.10	0.01	0.005

ตารางที่ ค.6 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 82% ของแต่ละชั้นของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ชั้น		
	บนของถัง	กลางของถัง	ล่างของถัง
5	0.25	0.13	0.16
10	0.33	0.24	0.29
15	0.05	0.12	0.03
20	0.07	0.11	0.11

ตารางที่ ค.7 การหาค่า CV ที่ปริมาณการผสม 100% ของแต่ละชั้นของอาหารสัตว์ในถังผสม

เวลา (นาที)	ค่า CV ชั้น		
	บนของถัง	กลางของถัง	ล่างของถัง
5	0.41	0.10	0.12
10	0.10	0.30	0.25
15	0.17	0.11	0.08
20	0.08	0.23	0.08
25	0.08	0.05	0.06

ตารางที่ ค.8 ค่า CV ที่ได้ในจากการทดลองเครื่องผสมอาหารสัตว์

ที่ปริมาณการผสม	จุดที่ทำการตรวจ	เวลา (นาที)				
		5	10	15	20	25
59%	ตำแหน่งซ้ายของถัง	0.49	0.19	0.12	0.02	
	ตำแหน่งกลางของถัง	0.20	0.14	0.05	0.10	
	ตำแหน่งขวาของถัง	0.34	0.11	0.10	0.01	
	ชั้นบนของถัง	0.31	0.18	0.05	0.10	
	ชั้นกลางของถัง	0.20	0.24	0.11	0.01	
	ชั้นล่างของถัง	0.28	0.04	0.02	0.00	
82%	ตำแหน่งซ้ายของถัง	0.29	0.25	0.17	0.08	
	ตำแหน่งกลางของถัง	0.35	0.38	0.05	0.13	
	ตำแหน่งขวาของถัง	0.33	0.34	0.16	0.06	
	ชั้นบนของถัง	0.25	0.330	0.05	0.07	
	ชั้นกลางของถัง	0.13	0.24	0.12	0.11	
	ชั้นล่างของถัง	0.16	0.29	0.03	0.11	
100%	ตำแหน่งซ้ายของถัง	0.17	0.28	0.22	0.16	0.13
	ตำแหน่งกลางของถัง	0.38	0.35	0.12	0.02	0.09
	ตำแหน่งขวาของถัง	0.21	0.33	0.29	0.14	0.08
	ชั้นบนของถัง	0.41	0.10	0.17	0.08	0.08
	ชั้นกลางของถัง	0.10	0.30	0.11	0.23	0.05
	ชั้นล่างของถัง	0.12	0.25	0.08	0.08	0.06

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์

$$\text{จำนวนหน่วย(ยูนิต)ใน 1 ครั้ง} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า(วัตต์)} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}}{1000} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 ครั้ง}$$

ตารางที่ ค.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 0% (ไม่ใส่อาหาร)

เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
0.3	230.4	6.90	0.62
1.0	230.4	6.90	0.61
1.3	230.6	7.01	0.60
2.0	230.6	7.01	0.60
2.3	230.3	7.00	0.59
3.0	230.2	6.81	0.59
3.3	230.3	6.98	0.59
4.0	230.1	7.02	0.59
4.3	230.6	7.07	0.59
5.0	230.5	6.81	0.58
5.3	230.6	6.87	0.58
6.0	230.8	6.98	0.58
6.3	230.7	7.10	0.58
7.0	230.7	6.86	0.58
7.3	230.6	6.87	0.59
8.0	230.4	6.88	0.59
8.3	230.3	6.85	0.59
9.0	230.3	6.81	0.59
9.3	230.1	6.81	0.58
10.0	230.4	6.84	0.58
10.3	230.6	6.92	0.60
11.0	230.6	6.93	0.60
11.3	230.3	6.97	0.59
12.0	230.8	6.81	0.59
12.3	230.5	6.83	0.59
13.0	230.5	6.84	0.59
13.3	230.4	6.88	0.58
14.0	230.7	6.97	0.58
14.3	230.7	7.00	0.58
15.0	230.0	6.97	0.58

ตารางที่ ค.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 0% (ไม่ใส่อาหาร) (ต่อ)

15.3	230.4	6.93	0.58
16.0	230.1	6.85	0.58
16.3	230.4	6.86	0.59
17.0	230.8	9.40	0.59
17.3	230.8	9.32	0.59
18.0	230.7	8.66	0.59
18.3	230.4	8.63	0.59
19.0	230.1	8.68	0.58
19.3	230.1	8.65	0.58
20.0	230.7	8.69	0.59
		P เฉลี่ย	0.589

ตารางที่ ค.10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 59%

เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
0.3	231.0	7.93	1.11
1.0	231.1	8.44	1.26
1.3	230.4	7.95	1.13
2.0	230.7	7.83	1.10
2.3	231.0	7.78	1.13
3.0	230.7	7.89	1.06
3.3	231.2	7.91	1.17
4.0	231.2	8.35	1.17
4.3	231.6	7.87	1.11
5.0	230.1	7.78	1.11
5.3	231.0	7.84	1.06
6.0	230.8	7.90	1.15
6.3	231.1	7.72	1.08
7.0	230.5	7.95	1.13
7.3	230.6	7.72	1.18
8.0	231.7	7.79	1.20
8.3	230.7	7.69	1.12
9.0	231.2	8.10	1.08
9.3	231.5	7.80	1.14
10.0	231.7	7.90	1.13
10.3	231.1	7.88	1.16
11.0	231.4	7.98	1.13
11.3	230.1	8.00	1.14
12.0	230.6	7.81	1.09

ตารางที่ ค.10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 59% (ต่อ)

12.3	231.2	7.78	1.12
13.0	230.7	8.07	1.15
13.3	231.3	7.90	1.12
14.0	231.3	7.78	1.14
14.3	231.7	7.84	1.14
15.0	230.9	7.91	1.18
		P เฉลี่ย	1.33

ตารางที่ ค.11 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 82%

เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
0.3	229.2	9.54	1.57
1.0	228.0	9.00	1.57
1.3	228.5	8.86	1.53
2.0	228.8	9.48	1.64
2.3	228.5	8.88	1.54
3.0	229.1	8.44	1.38
3.3	229.8	8.69	1.37
4.0	229.7	9.02	1.43
4.3	227.6	8.96	1.61
5.0	228.2	9.25	1.65
5.3	229.6	8.48	1.36
6.0	229.0	8.54	1.47
6.3	229.4	8.35	1.40
7.0	229.9	8.47	1.37
7.3	229.1	8.48	1.40
8.0	229.2	8.65	1.49
8.3	229.0	8.92	1.52
9.0	228.2	8.88	1.60
9.3	228.9	8.62	1.47
10.0	229.0	8.47	1.40
10.3	229.8	8.50	1.33
11.0	229.8	8.66	1.36
11.3	229.3	8.34	1.37
12.0	229.1	9.37	1.60
12.3	228.4	9.13	1.63
13.0	227.5	8.95	1.63
13.3	228.9	8.62	1.62
14.0	229.8	8.57	1.47
14.3	229.9	9.14	1.33

ตารางที่ ค.11 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 82% (ต่อ)

15.0	228.0	8.89	1.42
15.3	228.3	8.91	1.59
16.0	229.2	8.26	1.53
16.3	229.7	8.34	1.53
17.0	229.0	9.29	1.36
17.3	230.0	9.07	1.31
18.0	229.8	8.50	1.59
18.3	230.0	9.06	1.40
19.0	229.5	9.01	1.31
19.3	229.8	8.77	1.37
20.0	229.3	8.85	1.41
		P เฉลี่ย	1.47

ตารางที่ ค.12 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 100%

เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
0.3	222.2	9.37	1.78
1.0	223.6	9.73	1.85
1.3	223.5	9.69	1.68
2.0	223.5	10.13	1.75
2.3	224.1	8.96	1.58
3.0	223.9	9.00	1.57
3.3	224.2	9.85	1.75
4.0	223.9	9.14	1.56
4.3	223.7	8.87	1.60
5.0	223.9	9.15	1.55
5.3	223.7	8.86	1.59
6.0	223.8	8.77	1.64
6.3	224.2	8.92	1.60
7.0	223.7	8.89	1.65
7.3	223.2	9.12	1.63
8.0	223.1	9.02	1.8
8.3	222	9.37	1.81
9.0	222.8	9.25	1.76

ตารางที่ ค.12 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 100% (ต่อ)

9.3	223.8	9.23	1.59
10.0	223.9	8.95	1.16
10.3	224.3	8.92	1.53
11.0	224.3	8.90	1.58
11.3	224.5	8.82	1.56
12.0	223.9	8.79	1.59
12.3	223.8	9.45	1.72
13.0	224.7	9.62	1.64
13.3	224.2	10.03	1.73
14.0	224.2	8.95	1.53
14.3	224.8	8.92	1.52
15.0	223.3	8.96	1.65
16.0	223.4	8.90	1.59
16.3	223.6	9.11	1.60
17.0	221.8	8.91	1.79
17.3	224.3	9.18	1.52
18.0	224.5	9.96	1.55
18.3	223.4	9.48	1.87
19.0	224.5	9.72	1.60
19.3	223.8	9.66	1.78
20.0	224.0	9.00	1.61
20.3	224.2	8.78	1.74
21.0	223.7	8.98	1.78
21.3	224.2	9.54	1.78
22.0	224.4	9.62	1.67
22.3	224.4	9.75	1.63
23.0	223.8	9.96	1.61
23.3	223.4	8.78	1.71
24.0	224.8	8.54	1.73
24.3	224.5	9.21	1.66
25.0	224.6	9.58	1.74
		P เฉลี่ย	1.65

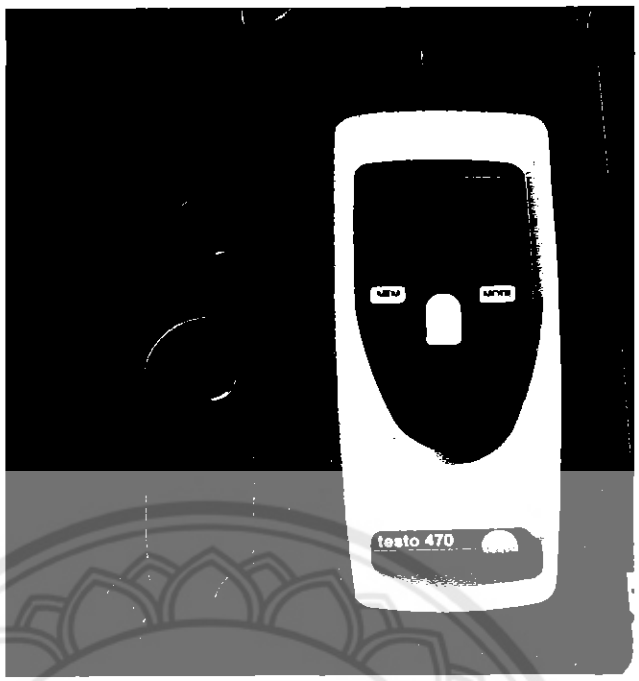
ภาคผนวก ง

อุปกรณ์เก็บข้อมูล

รูปที่ ง.1 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Digital Power Meter) รุ่น 6300 [12]

คุณสมบัติ

1. มีระบบการวัดที่จำเป็นให้เลือกใช้หลากหลาย : V, A, W, VA,Var, Wh,Vah, Varh, cos theta , In, Hz
2. ใช้ไฟ AC หรือแบตเตอรี่อัลคาไลน์ (อายุการใช้งานประมาณ 7 ชม.)
3. วัดค่าแรงดันไฟและกระแสไฟแบบ RMS
4. ระบบการบันทึกที่ตั้งเวลา เลือกได้ตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 1 ชั่วโมง
5. มีหน่วยความจำภายในที่ไม่ใช้ไฟเลี้ยง ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องได้ถึง 10 วัน
6. ใช้กับหน่วยความจำแบบ Compact flash ได้สูงถึง 128 MB ที่บันทึกได้อย่างต่อเนื่อง 5 ปี
7. ทำการต่อสายใช้งานได้ 3 แบบ คือ 3 เฟส 4 สาย, 3 เฟส 3 สาย, 1 เฟส 2 สาย
8. มีซอร์ฟแวร์สำหรับโหลดข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ท USB ได้
9. จอแสดงผลขนาดใหญ่ แสดงค่าพร้อมกันได้หลากหลาย พร้อมไฟ Back like
10. มีระบบ Demand โดยส่งเสียงบัซเซอร์ และไฟ Back like กระพริบเตือนเมื่อทำการวัดเกินค่าที่ปรับตั้งไว้ จึงช่วยประหยัดพลังงานในการวัด
11. ออกแบบตามมาตรฐานความปลอดภัย IEC 61010-1 CAT.III 600V



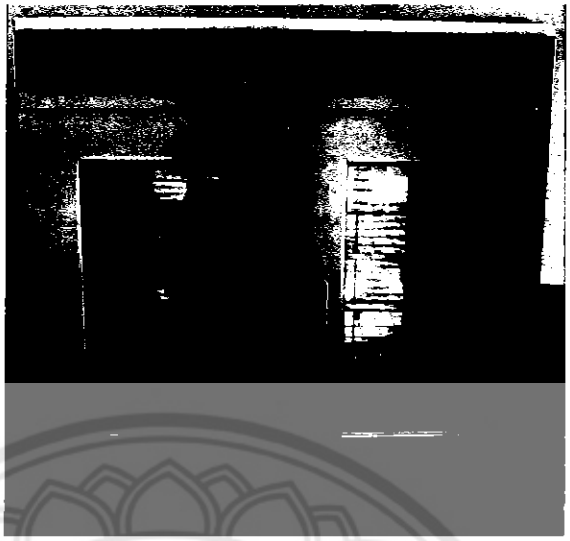
รูปที่ ง.2 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Testo 470) [13]

รายละเอียด: เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) รุ่น Testo 470

1. เป็นเครื่องวัดความเร็วรอบที่สามารถวัดได้ทั้งแบบสัมผัสและไม่สัมผัสชิ้นงานในชุดเดียว ทำให้ครอบคลุมการใช้งาน อีกทั้งยังสามารถวัดระยะทางได้โดยตรง ไม่เสียเวลาคำนวณ
2. เครื่องวัดความเร็วรอบแบบ Optical และ Mechanical ในเครื่องเดียวกัน สามารถทำการวัดได้ทั้งแบบไม่สัมผัสชิ้นงาน (Optical) และแบบสัมผัสชิ้นงาน (Mechanical) โดยการเปลี่ยนหัววัด
3. สามารถวัดได้ทั้งความเร็วรอบ (rpm) ความเร็ว (m/min) และระยะทาง (m) ช่วงการวัด
4. ความเร็วรอบ 1 ถึง 99,999 rpm (แบบ Optical) และ 1 ถึง 19,999 rpm (แบบ Mechanical)
5. ความละเอียด 0.01 rpm (+1 ถึง +99.99 rpm)
6. ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน + 0.02% ของค่าที่วัดได้
7. มีระบบปิดเครื่องอัตโนมัติภายใน 30 วินาที โดยที่ค่าเฉลี่ย, ค่าสูงสุด และค่าสุดท้ายที่วัดได้จะถูกบันทึกไว้
8. ขนาด 175 x 60 x 28 มิลลิเมตร
9. น้ำหนัก 190 กรัม

รูปที่ ง.3 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม

เป็นเครื่องผสมชนิดรูปแบบถังแนวนอน (horizontal mixer) ของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่ (double ribbon blender) มีลักษณะทำงานบนแกนเพลาเดียวกัน มีต้นกำลังจากมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสขนาด 3 แรงม้า ทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ได้ความเร็วรอบที่ 23 รอบต่อนาที ขนาดใบสกรู กว้าง 28 มิลลิเมตร หนา 8 มิลลิเมตร ใบสกรูนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 740 มิลลิเมตร และใบสกรูในมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 673 มิลลิเมตร ถังผสม กว้าง 760 มิลลิเมตร ยาว 1000 มิลลิเมตร และสูง 950 มิลลิเมตร

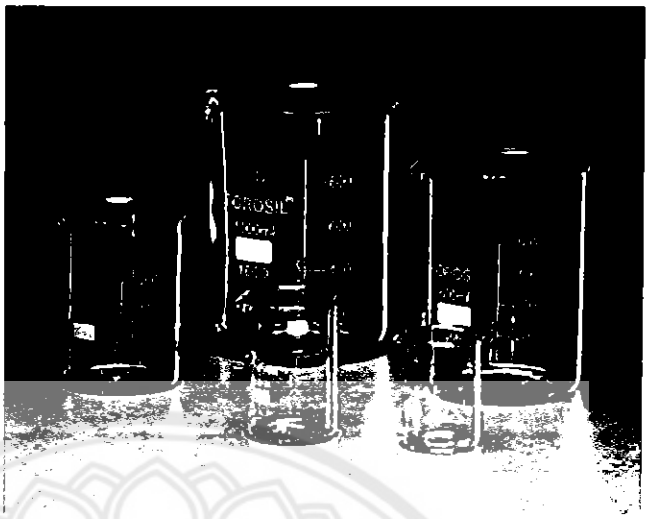


รูปที่ ง.4 เครื่องอบแห้ง

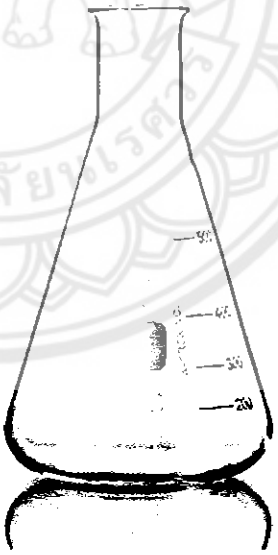
หลักการ คือให้อากาศไหลผ่านขดลวดความร้อนภายในตู้เพื่อลดความชื้น

รูปที่ ง.5 แผ่นร้อน (hot plate) [14]

หลักการ คือการใช้กระแสไฟฟ้าให้ความร้อนโดยการนำความร้อน



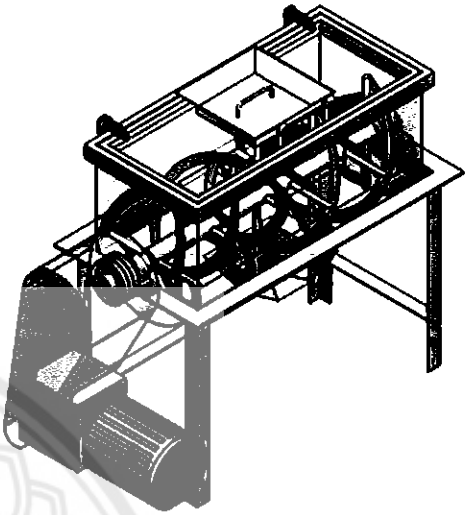
รูปที่ ง.6 บิกเกอร์ [14]

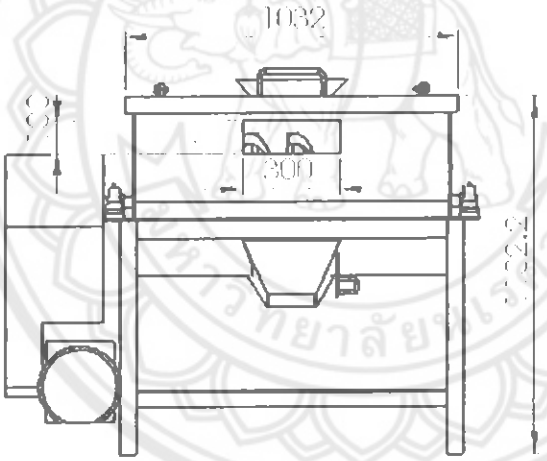


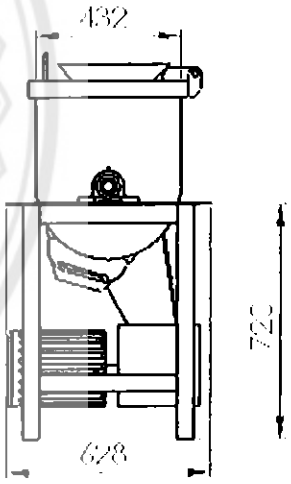
รูปที่ ง.7 ถ้วยชมพู่ [14]

ภาคผนวก จ

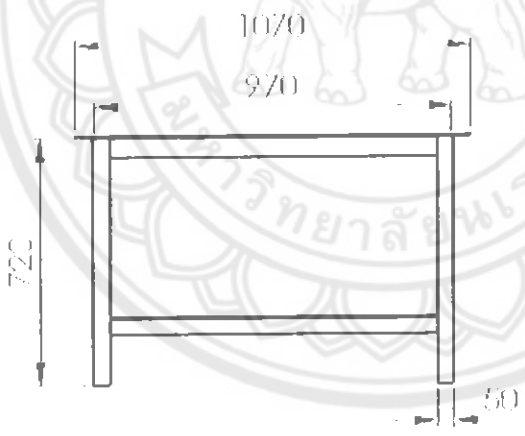
แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

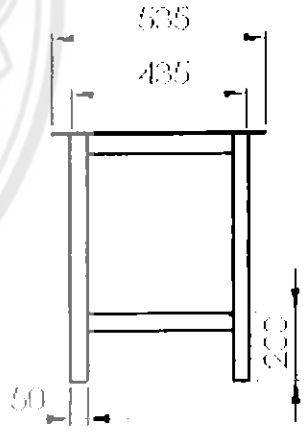




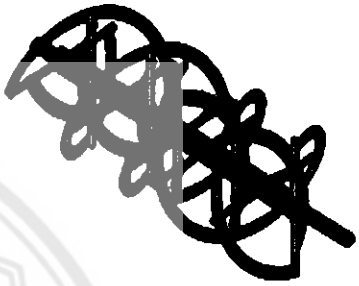


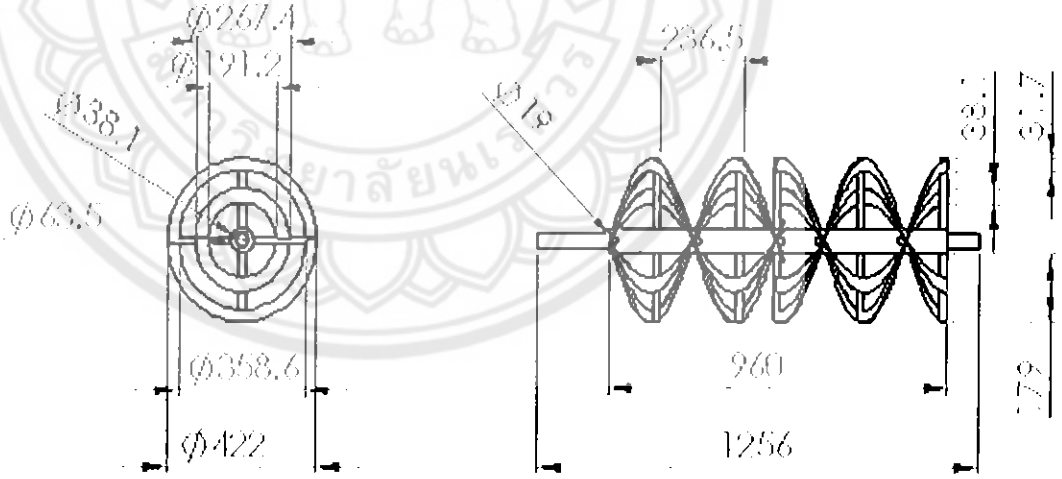
เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม		
เครื่องผสมอาหารสัตว์		A4
Scagala 1:20	มิลลิเมตร	



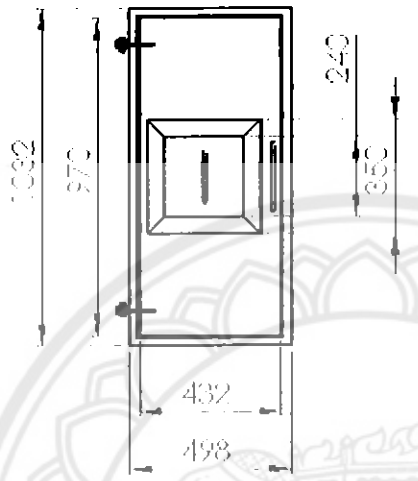


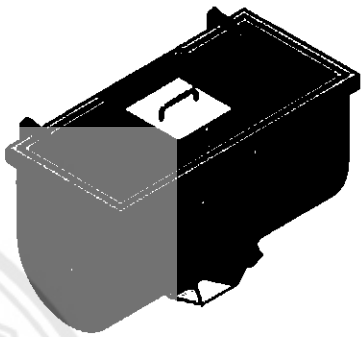
เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม		
ฐานโครงเครื่องผสม		A4
Scagala 1:20	มิลลิเมตร	

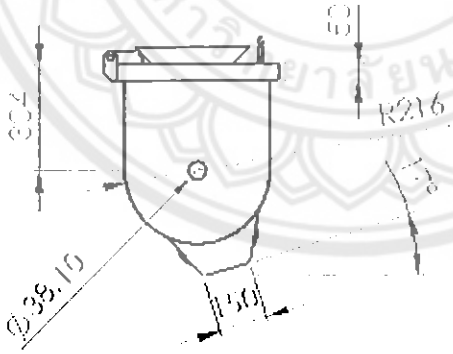


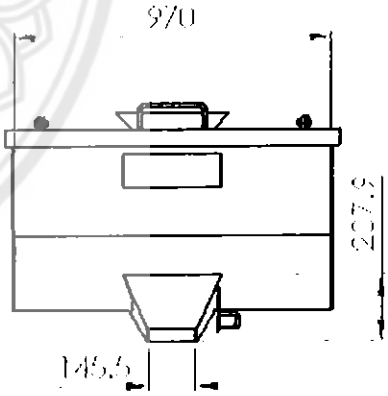


เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม		
ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ		A4
Scagala 1:20	มิลลิเมตร	









เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	
ถังผสมอาหารสัตว์	A4
Scagala 1:20	