การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม (ระยะที่ 2)

DEVELOPMENT OF FIFTY-KILOGRAM FEED MIXER (PHASE II)

นายอกนิษฐ์ อ่อนธานี รหัสนิสิต 54360919

นายบัญชา มังคลาด รหัสนิสิต 54363293

นายอัมพล พลิกศรี รหัสนิสิต 54363576

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

i 687463 0

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม (ระยะที่ 2)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายอกนิษฐ์ อ่อนธานี รหัสนิสิต 54360919
นายบัญชา มังคลาด รหัสนิสิต 54363293
นายอัมพล พลิกศรี รหัสนิสิต 54363576

ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา : 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

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

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.นพรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม (ระยะที่ 2)		
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายอกนิษฐ์	อ่อนธานี	รหัสนิสิต 54360919
	นายบัญชา	มังคลาด	รหัสนิสิต 54363293
	นายอัมพล	พลิกศรี	รหัสนิสิต 54363576
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	: ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร		
ปีการศึกษา	: 2557		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมอาหารของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่กัมพลและคณะ [1] ได้ทำการพัฒนาขึ้น เป็นเครื่องผสมแบบถังแนวนอน ชุดใบสกรูแบบเกลียวคู่และวางตัวในทิศทางตรงกันข้าม สามารถปรับทิศทางการหมุนได้ 2 ทิศทาง คือ 1) ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมออกด้านข้าง (D1) และ 2) ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมออกด้านข้าง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง (D2) หมุนด้วยความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ศึกษาผลของปริมาณการผสมและเวลาการผสมต่อประสิทธิภาพในการผสมที่ 3 ปริมาณการผสมคือ 1) กึ่งกลางเพลา (L1) ผสมได้ 50 กิโลกรัม , 2) ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2) ผสมได้ 75 กิโลกรัม และ 3) ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3) ผสมได้ 100 กิโลกรัม โดยพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) 10% โดยใช้อาหารสัตว์ที่มีความหนาแน่นมวลรวม 2080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าในทิศทางการผสม D1 มีความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมดีกว่าทิศทางการผสม D2 ที่ทุกปริมาณการผสม เนื่องจากใช้เวลาในการผสมน้อยกว่า ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุดคือ 0.0017 บาทต่อกิโลกรัม และความสามารถในการผลิตสูงสุดคือ 214.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ตำแหน่ง L3 ในทิศทางการผสม D1 ใช้เวลาในการผสม 28 นาที มีค่าค่าจ่ายในการผสม 0.0017 บาทต่อกิโลกรัม มีความสามารถในการผลิต 214.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีค่าเปอร์เซ็นต์การตกค้างต่ำสุดคือ 0.56% จากการพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ สามารถแก้ปัญหาการตกค้างของอาหารสัตว์และการฟุ้งกระจายของฝุ่นได้ โดยเปอร์เซ็นต์การตกค้างลดลงเหลือ 0.56% - 1.16% จาก 1.14% - 1.96%

Project Title	: Development of fifty-kilogram feed mixer (phase II)
Manipulator	: Mr. Akanit Onthanee Student ID. 54360919
	Mr. Bancha Mangklad Student ID. 54363293
	Mr. Umpon Pkiksri Student ID. 54363576
Project Advisor	: Asst. Prof. Dr. Rattana Karoonboonyanan
Department	: Mechanical Engineering
Academic Year	: 2014

Abstract

The objective of this project is to study the efficiency and the performance of a 50-kg feed mixer, which Kamphol et al [1] had developed. The horizontal tank had inner and outer screws with the opposite orientations, which can turn in two possible flow patterns: the outer screw pull the ingredients into the median plane while the inner screw push the ingredients to both ends (D1), and the outer screw push ingredients to both ends while the inner screw pulls ingredients into the median plane (D2). With the rotational speed of 12 rpm, the rotor of the mixer was driven by a 3-horse power motor through reduction gear sets. There were three filling levels studied in this project, which are 50 kg (L1) where the material was filled to the rotor shaft level, 75 kg (L2) where the rotor was filled over the inner screw, and 100 kg (L3) where the outer screw was filled over. The density of the feed was 2080 kilogram per cubic metre. It was found that the flow pattern D1 was more effective than D2, as it took shorter time to mix the ingredients to achieve the uniformity criteria, which was 10% of Coefficient of Variation (CV). The lowest mixing energy consumption was found to be 0.0017 Baht per kilogram, which was found at L3 filling level with the mixing time of 28 minutes per batch. The capacity of the mixer was 214.28 kg per hour with the lowest loss of 0.56%. The developed feed mixer had solved two problems, which are to reduce the dust during the operation and to reduce the residue from 1.14%-1.96% down to 0.56%-1.16%.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะแนวทางการแก้ไขและดูแลช่วยเหลือ รศ.ดร.วันดี ทาตระกูล อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงานนี้และคอยช่วยเหลือดูแลตลอดมา คณะเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรฯ ที่ได้ให้ความรู้และสอนวิธีทำการทดลอง สมาชิกในกลุ่มและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี และ ผศ.ดร.นพรัตน์ สีหะวงษ์ ที่คอยให้คำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อคณะผู้จัดทำโครงงาน

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในโครงงานนี้สำเร็จไปด้วยดี ถ้าผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายอกนิษฐ์ อ่อนธานี
นายบัญชา มังคลาด
นายอัมพล พลิกศรี

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เครื่องผสมแบบแนวนอน	4
2.2 วิธีการทดสอบการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์	4
2.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน	5
2.4 วรรณกรรมปริทรรศน์	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	8
3.1 การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	8
3.2 การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์	10
3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องผสมอาหารสัตว์	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	23
4.1 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์	23
4.2 ผลของการหาประสิทธิภาพในการผสมอาหารสัตว์	24
4.3 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	28
4.4 เปอร์เซ็นต์การตกค้างของอาหารสัตว์	29
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการทดสอบ	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก. เอกสารแนะนำสินค้า	35
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง	37
ภาคผนวก ค. อุปกรณ์เก็บข้อมูล	60
ภาคผนวก ง. แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม	65

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม 1
รูปที่ 1.2 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม 1
รูปที่ 2.1 ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ 4
รูปที่ 3.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม 9
รูปที่ 3.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม 10
รูปที่ 3.3 ช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู 10
รูปที่ 3.4 เครื่องสั่น 12
รูปที่ 3.5 ภาชนะทรงกระบอกสำหรับหาปริมาตรอาหารสัตว์ 13
รูปที่ 3.6 ระดับการผสมที่ปริมาณต่างๆ 14
รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง 16
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ 17
รูปที่ 3.9 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ 17
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์เกลือ 20
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการหาค่าพลังงานไฟฟ้า 21
รูปที่ 3.12 อาหารสัตว์ที่ตกค้างภายในถังและหลังทำความสะอาด 22
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CV กับเวลาที่ใช้ในทิศทางการผสม D1 24
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CV กับเวลาที่ใช้ในทิศทางการผสม D2 25
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบ CV ที่ระดับการผสม L1 ระหว่าง D1 กับ D2 25
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบ CV ที่ระดับการผสม L2 ระหว่าง D1 กับ D2 26
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบ CV ที่ระดับการผสม L3 ระหว่าง D1 กับ D2 26
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบเวลาในการผสมระหว่าง 2 ทิศทางการหมุนที่ปริมาณการผสมต่างๆ 27
รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการผสมแต่ละปริมาณการผสม 28
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการตกค้างของอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสมต่างๆ 29
รูปที่ 5.1 คานด้านล่างของเครื่องผสมอาหารสัตว์ 32

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักและสัดส่วนของอาหารสุกร 11
ตารางที่ 3.2 สัดส่วนและลำดับการใส่วัตถุดิบของอาหารสัตว์สูตรพื้นฐาน 15
ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่ปริมาณการผสมต่างๆ 15
ตารางที่ 3.4 เวลาที่เก็บข้อมูลที่ปริมาณการผสมต่างๆ 18
ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ 23
ตารางที่ 4.2 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์ในทิศทางการผสม D1 28
ตารางที่ 4.3 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์ในทิศทางการผสม D2 29

ลำดับสัญลักษณ์

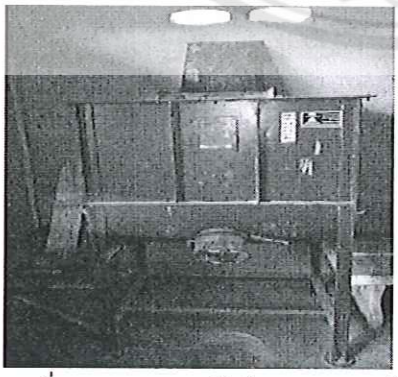
ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
CV	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน	เปอร์เซ็นต์
D1	ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมเข้าตรงกลางของถังผสม ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมออกด้านข้างของถังผสม	-
D2	ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมออกด้านข้างของถังผสม ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมเข้าตรงกลางของถังผสม	-
L1	ปริมาณการผสมที่ระดับกึ่งกลางเพลา (50 กิโลกรัม)	-
L2	ปริมาณการผสมที่ระดับท่วมใบสกรูชั้นใน (75 กิโลกรัม)	-
L3	ปริมาณการผสมที่ระดับท่วมใบสกรูชั้นนอก (100 กิโลกรัม)	-
m	มวล	กิโลกรัม
MC	เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก	เปอร์เซ็นต์
N	จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด	-
P	กำลังไฟฟ้า	กิโลวัตต์
t	เวลา	ชั่วโมง
v	ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร
V_1	ปริมาตรของ $AgNO_3$	มิลลิลิตร
V_2	ปริมาตรของ Ferric indicator	มิลลิลิตร
W	มวลตัวอย่างอาหารสัตว์	กรัม
W_d	มวลตัวอย่างอาหารสัตว์หลังอบ	กรัม
W_e	ค่าพลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง
W_t	มวลตัวอย่างอาหารสัตว์ก่อนอบ	กรัม
X_i	เปอร์เซ็นต์เกลือ	เปอร์เซ็นต์
$\overline{X}$	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวอย่างข้อมูล	กรัม
ρ	ความหนาแน่นมวลรวม	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
σ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์

บทที่ 1

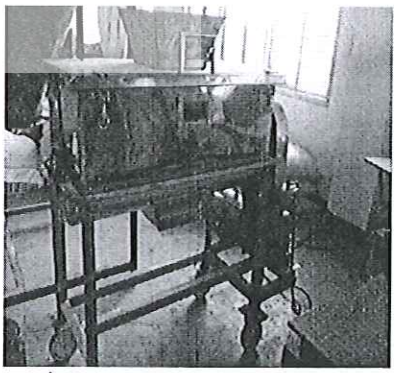
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร มีการทำการทดลองและพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ โดยนำเครื่องผสมปุ๋ยมาใช้ในการผสมอาหารสัตว์ (รูปที่ 1.1) เครื่องผสมนี้เป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบสามารถผสมได้ครั้งละ 200 กิโลกรัม กัมพล และคณะ [1] ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องผสมดังกล่าว โดยพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) 10% จากการทดสอบพบว่า เมื่อทำการผสมอาหารสัตว์ที่มีปริมาณของอาหารสัตว์อยู่เหนือกึ่งกลางเพลาของใบสกรูริบบอน 9 เซนติเมตร (59% โดยมวล) คิดเป็นปริมาณอาหารสัตว์ 150 กิโลกรัม ใช้เวลาผสม 15 นาที มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุดคือ 0.005 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้าทำการผสมที่มีปริมาณของอาหารสัตว์ท่วมเกลียวชั้นใน (82% โดยมวล) คิดเป็นปริมาณอาหารสัตว์ 208 กิโลกรัม ใช้เวลาการผสม 20 นาที มีความสามารถในการผลิตสูงสุดคือ 624 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบปัญหาการตกค้างของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม 1.93%, 1.39%, และ 1.14% ตามลำดับ และเครื่องผสมที่คณะเกษตรศาสตร์ฯ มีอยู่ มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมต่อการทดลองและพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ กัมพล และคณะ[1] จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบแนวนอนใบสกรูแบบเกลียวคู่ขนาด 50 กิโลกรัม (รูปที่ 1.2) เนื่องจากเครื่องที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นยังไม่ได้ทำการทดสอบผสมอาหารสัตว์ ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะทำการทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ได้ทำการพัฒนาในระยะที่ 1



รูปที่ 1.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม



รูปที่ 1.2 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมที่ได้ทำการพัฒนาและสร้างขึ้นในระยะที่ 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมที่ได้ทำการพัฒนาและสร้างขึ้นในระยะที่ 1

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่ได้ทำการพัฒนาและสร้างขึ้นในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นเครื่องผสมแบบแนวนอนใบสกรูแบบเกลียวคู่อยู่บนแกนเพลาเดียวกัน

1.4.2 ทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ศึกษาผลของปริมาณอาหารสัตว์ที่อยู่ในเครื่องผสม 3 ระดับกับเวลาที่ใช้ในการผสม คือ (1) กึ่งกลางเพลา (L1), (2) ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2), และ (3) ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)

2) ศึกษาทิศทางการไหลของอาหารสัตว์ที่อยู่ในเครื่องผสม 2 ทิศทางกับเวลาที่ใช้ในการผสม คือ (1) ใบสกรูชั้นนอกลำเลียงอาหารจากด้านซ้าย-ขวาของถังผสมเข้าสู่ตรงกลาง (D1), และ (2) ใบสกรูชั้นนอกลำเลียงอาหารจากตรงกลางสู่ด้านซ้าย-ขวาของถังผสม (D2)

โดยพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน 10%

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมแบบแนวนอน ใบสกรูแบบเกลียวคู่

1.5.2 ศึกษาเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่กัมพล และคณะ [1] ได้ทำการพัฒนาขึ้น

1.5.3 ทำการทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ศึกษาผลของปริมาณอาหารสัตว์ที่อยู่ในเครื่องผสม 3 ระดับกับเวลาที่ใช้ในการผสม คือ

(1) กึ่งกลางเพลา (L1)

(2) ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2)

(3) ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)

2) ศึกษาทิศทางการไหลของอาหารสัตว์ที่อยู่ในเครื่องผสมที่ 2 ระดับทิศทางกับเวลาที่ใช้ในการผสม คือ

(1) ใบสกรูชั้นนอกจะลำเลียงอาหารจากด้านซ้ายและด้านขวาเข้าสู่กึ่งกลางของถังผสม ส่วนใบสกรูชั้นในจะลำเลียงกลับกันคือลำเลียงอาหารจากกึ่งกลางถังไปสู่ด้านซ้ายและด้านขวาของถังผสม (D1)

(2) ใบสกรูชั้นนอกจะลำเลียงอาหารจากกึ่งกลางถังไปสู่ด้านซ้ายและด้านขวาของถังผสม ส่วนใบสกรูชั้นในจะลำเลียงกลับกันคือลำเลียงอาหารจากด้านซ้ายและด้านขวาเข้าสู่กึ่งกลางถังผสม (D2)

1.5.4 วิเคราะห์และสรุปผล

1.5.5 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2557					2558					
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย
1.ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสม											
2.ศึกษาเครื่องผสมอาหารสัตว์											
3. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผสมอาหารสัตว์											
4. วิเคราะห์และสรุปผล											
5. จัดทำรูปเล่มรายงาน											

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. Ferric indicator	400	บาท
2. HNO_3 Conc.	1,620	บาท
3. $AgNO_3$	12,500	บาท
4. NH_4SCN	1,300	บาท
5. ท่อ PVC	60	บาท
6. จัดทำรูปเล่มรายงาน	2,000	บาท
7. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1,000	บาท
รวม	18,880	บาท

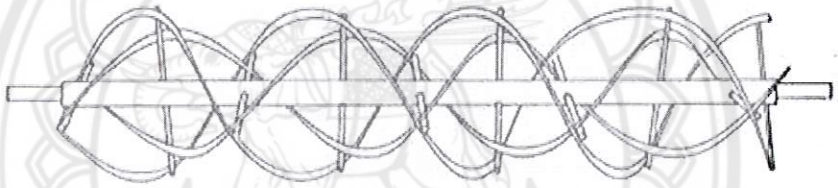
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องผสมแบบแนวนอน (Horizontal Mixers) [2]

เครื่องผสมแบบแนวนอนเป็นการดึงอาหารให้มีการเคลื่อนที่แบบหมุนเวียนในแนวนอน ใบสกรูผสมอาหารมีลักษณะเป็นเส้นแถบเหล็กขดเป็นเกลียวใหญ่ การกวนอาหารของใบสกรูจะดึงอาหารให้เคลื่อนที่ โดยใบสกรูจะยึดติดกับแกนกลางอันเดียว เมื่อแกนกลางหมุนจึงเกิดแนวของทิศทางการเคลื่อนตัวของอาหาร

ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ (Multiple ribbon flight conveyor screws) (รูปที่ 2.1) ใบสกรูริบบอนแบบนี้ จะมีใบสกรูริบบอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของใบสกรูที่แตกต่างกันมายึดติดอยู่บนแกนเพลาเดียวกัน การพาวัสดุของใบสกรูจะมีทิศทางตรงกันข้าม ใบหนึ่งจะพาวัสดุไปด้านซ้ายของถัง อีกใบหนึ่งจะพาวัสดุไปด้านขวาของถัง วัสดุในถังผสมจะคลุกเคล้ากันได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.1 ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ [3]

2.2 วิธีการทดสอบการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ [4]

หลักการผสมอาหารคือ ต้องการให้อาหารเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าเครื่องผสมอาหารดี ผสมได้ทั่วถึง ความเข้มข้นของสารอาหารทุกๆ ส่วนต้องเท่ากันด้วยหลักการนี้จึงทำการเติม marker หรือ tracer ลงไปในเครื่องผสมอาหารพร้อมๆกับเติมวัตถุดิบอาหารสัตว์ลงไปพร้อมกับการผสมอาหารสัตว์ให้เข้ากัน แล้วนำตัวอย่างอาหารมาตรวจสอบหา marker หรือ tracer ซึ่งถ้าเครื่องผสมอาหารดีความเข้มข้นของ marker หรือ tracer ต้องใกล้เคียงกันทุกๆตัวอย่าง ความแตกต่างระหว่าง marker กับ tracer คือ marker เป็นสิ่งที่เติมลงไปแล้วสามารถแยกออกจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้อย่างชัดเจน ส่วน tracer จะอยู่ในรูปแบบของสารเคมี เช่น เกลือ กรดอะมิโน เนื่องจากอาหารสัตว์ที่ทำการผสมมีวัตถุดิบที่ต่างชนิดกันปะปนกันอยู่หลายชนิดประกอบกันอยู่ จึงมีความหนาแน่น และรูปทรงแตกต่างกันออกไป ดังนั้นสาร marker หรือ tracer ที่จะเติมลงไปจึงควรตรวจสอบหาง่าย ไม่ถูกทำลายง่าย และความหนาแน่นใกล้เคียงกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ และหากเป็นสารเคมีควรเป็นสารที่มีอยู่ในวัตถุดิบ

อาหารสัตว์ที่น้อยที่สุด 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 ชิ้นต่ออาหาร 1 ออนซ์ (28.4 กรัม) โดยการนับ ใช้ค่าโดยประมาณ หรือการแบ่งอาหารออกเป็นกองเล็กๆ น้ำหนักเท่าๆ กัน แล้วนับเพียง 1 หรือ 2 กอง แล้วเทียบน้ำหนักของตัวอย่างที่เก็บมา

1.2) การใช้ผงเหล็กเคลือบสี เป็น tracer ทำเช่นเดียวกับการเคลือบ 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

ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการเลือกใช้ tracer ในรูปแบบสารเคมี โดยใช้เกลือเป็น tracer เพราะเป็นวิธีที่สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการทำการทดลองอยู่แล้ว และเป็นวิธีที่ทำการทดลองแล้วได้ผลการทดลองได้ทันที ประหยัดและสะดวก

2.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation, CV) [4]

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

การคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงดังสมการที่ 1

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \qquad \text{.....(1)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบสัมพัทธ์ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน แสดงดังสมการที่ 2

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \qquad \text{.....(2)}$$

โดยที่ σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)

CV คือ สัมประสิทธิ์การแปรผัน (เปอร์เซ็นต์)

x_i คือ เปอร์เซ็นต์เกลือ (เปอร์เซ็นต์)

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

N คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

2.4 วรรณกรรมปริทรรศน์

กัมพล และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาหาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม ที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ใช้งานอยู่ ได้ทำการทดลองกับการผสมอาหารสุกรที่ปริมาณการผสม 59% (ปริมาณของอาหารสัตว์อยู่เหนือจุดศูนย์กลางเพลาของใบสกรูริบบอน 9 เซนติเมตร หรือ 150 กิโลกรัม), 82% (ท่วมเกลียวชั้นใน หรือ 208 กิโลกรัม) และ 100% (ท่วมเกลียวชั้นนอก หรือ 254 กิโลกรัม) ใช้เวลาในการผสม 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดคือ 0.005 บาทต่อกิโลกรัม อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผสมที่เพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจะแปรผกผันกับปริมาณอาหารที่ผสม เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมและประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุดแนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ 59% ใช้เวลาในการผสม 15 นาที มีความสามารถในการผลิต 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมและความสามารถในการผลิตสูงสุด แนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ 82% ใช้เวลาในการผสม 15 นาที มีความสามารถในการผลิต 624 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการทดสอบได้ทำการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบถังแนวนอนขนาด 50 กิโลกรัม ใช้ใบสกรูแบบริบบอนหลายใบ ถังผสมรูปทรงตัวยูขนาดรัศมีภายใน 216 มิลลิเมตร ความยาวของถังผสม 970 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรู 5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของใบสกรูชั้นนอก 422 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของใบสกรูชั้นใน 267 มิลลิเมตร ชุดใบสกรูทำงานบนแกนเพลาเดียวกันด้วยความเร็ว 23 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ใช้ระบบส่งถ่ายกำลังแบบสายพาน

Muzzio และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาการผสมแป้งกับผงแมกนีเซียม โดยศึกษาผลของปริมาณของผสมที่ระดับต่างๆของเครื่องผสม 3 ระดับ คือ ท่วมแกนเพลา ท่วมใบเกลียวชั้นใน และท่วมใบเกลียวชั้นนอก พบว่าที่ระดับปริมาณการผสมน้อยๆ จะสามารถผสมเข้ากันได้ดีกว่าปริมาณมากๆ

ศุภกิตต์ และคณะ [6] ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุนโดยการหมุนถังทวนเข็ม 1 รอบ ตามเข็ม 1 รอบ, ทวนเข็ม 2 รอบ ตามเข็ม 2 รอบ, ทวนเข็ม 5 รอบ ตามเข็ม 5 รอบ และหมุนทางเดียว 10 นาที จนครบ 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ และแบ่งเกณฑ์ให้คะแนนเป็นระดับ จากการทดลองพบว่า การหมุนทางเดียว และหมุนถังทวนและตามเข็มสลับกัน 5 รอบ ใช้เวลาผสมปุ๋ย 20 นาทีเป็นสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยปุ๋ยที่ผสมได้มีลักษณะผสมคลุกเคล้าเข้ากันได้ดีมาก มีลักษณะร่วนซุยมากสามารถนำออกมาจากถังได้ง่าย

วิโรจน์ [7] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมเม็ดพลาสติกกับสีเม็ดแบบใบผสมอยู่กับที่ โดยการทดสอบการกระจายตัวของวัสดุที่ผสมกับเครื่องผสมแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาโดยมีการเปลี่ยนลักษณะของวัสดุที่ทำการผสมและเปรียบเทียบผลของการผสมกับเครื่องผสมแบบถังหมุนด้วยสายตา และทำการสุ่มตัวอย่างจาก 5 ตำแหน่ง เพื่อตรวจนับปริมาณการกระจายตัวของวัสดุ จากการศึกษาพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวของเม็ดสีที่ได้จากเครื่องผสมแบบใบผสมอยู่กับที่ (static mixer) ที่สร้างขึ้นเองจะน้อยมาก คืออยู่ในช่วง 2-4 เม็ด ในขณะที่เครื่องผสมแบบถังหมุนจะให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวของเม็ดสีอยู่ในช่วง 6-7 เม็ด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของเม็ดสีในเม็ดพลาสติกที่ได้จากเครื่องผสมแบบใบผสมอยู่กับที่จะดีกว่าแบบถังหมุน ปริมาณของการผสมต่อหน่วยของเวลาที่ให้ผลของการผสมที่ดีระหว่างเครื่องผสมทั้งสองแบบจะใกล้เคียง กัน คือ เครื่องผสมแบบถังหมุน ที่มีน้ำหนักของวัสดุผสมรวม 11 กิโลกรัม จะใช้เวลาในการผสม 15-20 นาที หรือปริมาณการผสม 33-34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และถ้าวัสดุผสมรวมเพิ่มขึ้นเป็น 22 กิโลกรัม จะใช้เวลาในการผสม 20-25 นาที นั่นคือปริมาณการผสม 53-66 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องผสมแบบ Static mixer ที่สร้างขึ้นเองจะให้ปริมาณของการผสมประมาณ 40-72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม (ระยะที่ 2) มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

2) การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

3) การทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหารสัตว์

3.1 การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

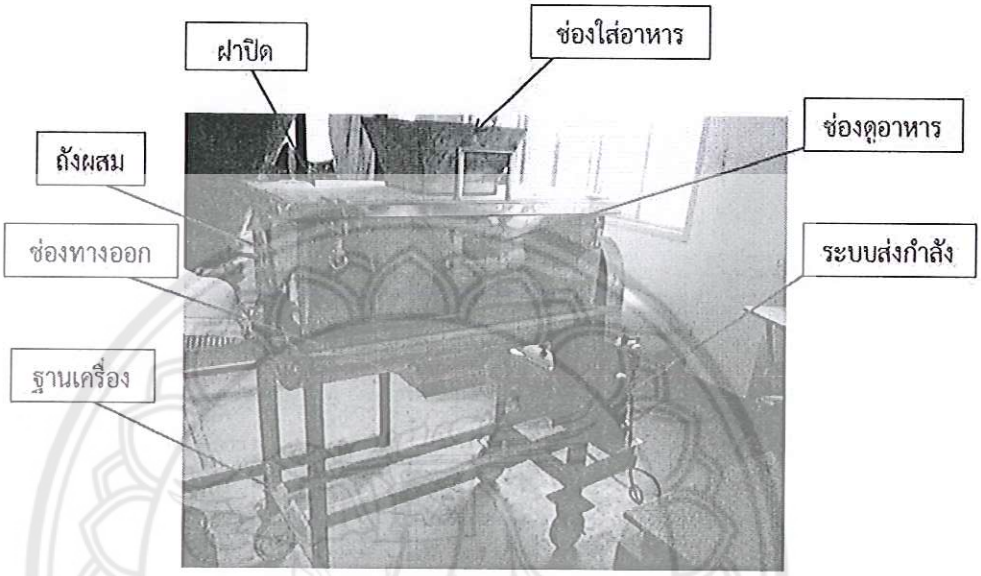
3.1.1 การออกแบบเครื่องผสมอาหารขนาด 50 กิโลกรัม ของกัมพล และคณะ [1]

กัมพล และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม ปัญหาคือ มีการตกค้างของอาหารสัตว์อยู่ในถังผสม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอยู่ที่ 1.14%-1.93% ซึ่งเกิดจากระยะห่างระหว่างถังกับใบสกรูมากเกินไปและช่องที่ใช้โหลดอาหารออกไม่ได้อยู่ด้านใต้ของถังผสมแต่อยู่เยื้องมาทางด้านหน้า และอีกปัญหาหนึ่งคือมีฝุ่นฟุ้งกระจายขณะทำการผสมอาหาร ซึ่งเกิดจากฝาปิดมีช่องว่างหรือปิดไม่สนิททำให้เวลาผสมมีฝุ่นฟุ้งกระจาย กัมพลและคณะ [1] จึงมีแนวคิดในการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม เพื่อแก้ไขปัญหาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม คือออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างใบสกรูกับตัวถังเหลือเพียง 5 มิลลิเมตร และมีช่องที่ใช้โหลดอาหารออกจากเครื่องอยู่ด้านล่างของถัง เพื่อลดปริมาณการตกค้างของอาหาร และใช้แผ่นยางรองที่บริเวณฝาปิดให้ปิดได้แนบสนิทมากยิ่งขึ้นเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นอาหารสัตว์ การออกแบบขนาดของถังผสมค่าความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์คือ 513.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อต้องการผสมครั้งละ 50 กิโลกรัม จะได้ปริมาตร 0.0974 ลูกบาศก์เมตร (3.4396 ลูกบาศก์ฟุต) และนำไปเลือกขนาดของถังผสมจากเอกสารแนะนำสินค้า (ภาคผนวก ก) จะได้โมเดล DRB-5 ซึ่งเป็นขนาดที่เล็กที่สุด

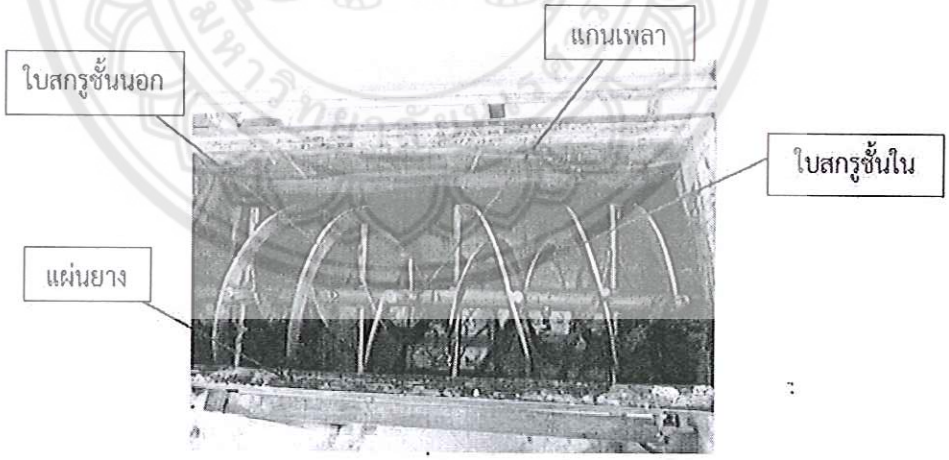
3.1.2 รายละเอียดของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

จากการศึกษาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมที่กำพลและคณะ [1] ทำการออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งถูกใช้งานเพื่อผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน (horizontal mixer) ซึ่งใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่ (double ribbon blender) อยู่บนแกนเพลาเดียวกัน ต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสขนาด 3 แรงม้า ส่ง

กำลังด้วยระบบสายพาน ทำงานผ่านชุดเกียร์ทด ใบสกรูหมุนด้วยความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที ถังผสม กว้าง 430 มิลลิเมตร ยาว 970 มิลลิเมตร และสูง 520 มิลลิเมตร ขนาดของใบสกรูมี 2 ขนาด คือ ใบสกรูชั้นนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอก 408 มิลลิเมตร และใบสกรูชั้นในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอก 240 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.1)



ก) ส่วนประกอบหลักของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

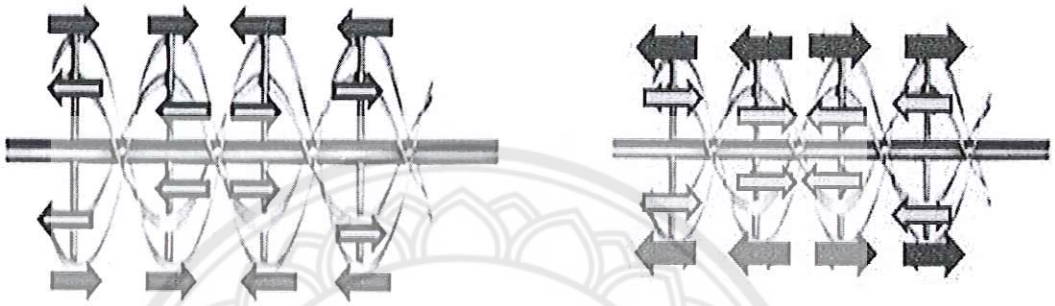


ข) ส่วนประกอบของภายในของถังผสม

รูปที่ 3.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

เนื่องจากใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่และวางตัวในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้อาหารสัตว์ในเครื่องผสม มีทิศทางการไหลของอาหารสัตว์ได้ 2 ทิศทาง คือ ใบสกรูชั้นนอกจะลำเลียงอาหารจากด้านซ้ายและด้านขวาเข้าสู่กึ่งกลางของถังผสม ส่วนใบสกรูชั้นในจะลำเลียงกลับกันคือจะลำเลียงอาหารจาก

กึ่งกลางถังออกไปสู่ด้านซ้ายและด้านขวาของถังผสม (D1) และใบสกรูชั้นนอกจะลำเลียงอาหารจากกึ่งกลางถังออกไปสู่ด้านซ้ายและขวาของถังผสม ส่วนใบสกรูชั้นในจะลำเลียงในทิศทางตรงกันข้ามคือจะลำเลียงอาหารจากด้านซ้ายและด้านขวาเข้าสู่กึ่งกลางของถังผสม (D2) ลักษณะการเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 3.2 เมื่อเครื่องผสมอาหารสัตว์ทำงานเสร็จจะลำเลียงอาหารออกทางด้านล่างที่ตำแหน่งกึ่งกลางของถังผสม ช่องว่างระหว่างถังกับใบเกลียวชั้นนอกประมาณ 5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3



ก) การเคลื่อนที่แบบ D1 ข) การเคลื่อนที่แบบ D2

รูปที่ 3.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอาหารสัตว์ในเครื่องผสม [1]

รูปที่ 3.3 ช่องว่างระหว่างถังกับใบสกรู

3.2 การหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

อาหารสัตว์ที่ทำการศึกษาเป็นสูตรพื้นฐานที่จะนำไปผสมเป็นอาหารสุกร มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 50-80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นสูตรอาหารสุกรของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ที่ทำการศึกษาคือ ขนาดอนุภาค ความหนาแน่นมวลรวมและเปอร์เซ็นต์ความชื้น ส่วนประกอบหลักและสัดส่วนของอาหารสุกร แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักและสัดส่วนของอาหารสุกร

วัตถุดิบ	สูตรพื้นฐาน (%)
ปลายข้าว	79.66
รำ	16.95
Di-Calcium	1.41
หินฝุ่น	1.13
เกลือ	0.50
Premix	0.35
รวม	100.00

3.2.1 การหาขนาดของอาหารสัตว์

การหาขนาดของอาหารสัตว์มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์

- ตะแกรงเบอร์ 4, 8, 16, 20, 50, 100 และถาดรองรับ
- เครื่องชั่งยี่ห้อ Sunford
- เครื่องสั่น
- กระป๋องบรรจุวัตถุดิบ
- แปรงปัด
- นาฬิกาจับเวลา

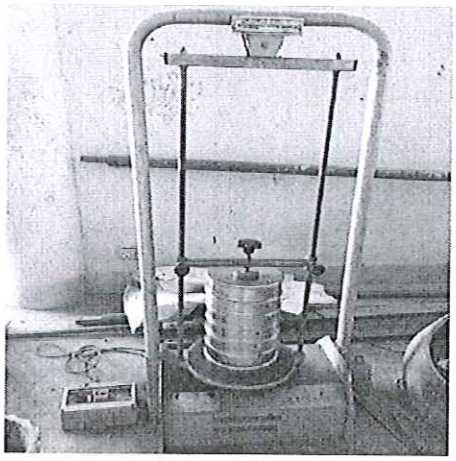
2) ชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ละใบและถาด บันทึกน้ำหนัก

3) นำตะแกรงมาวางบนถาดรองรับและเรียงซ้อนกันจากเบอร์มากอยู่ข้างล่างสุดและเรียงลำดับขึ้นไปหาเบอร์น้อยสุด (รูปที่ 3.4)

4) ทำการชั่งอาหารสัตว์ 100 กรัม และนำอาหารสัตว์ที่ชั่งไปใส่ในตะแกรงชั้นบนสุด

5) นำตะแกรงร่อนไปเข้าเครื่องสั่นจับเวลาในการสั่น 5 นาที

6) นำตะแกรงออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง จากนั้นใช้แปรงทำความสะอาดตะแกรง หาค่าน้ำหนักอาหารสัตว์เฉลี่ยที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้น โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง



รูปที่ 3.4 เครื่องสั่น

3.2.2 การหาความหนาแน่นมวลรวม (Bulk density) ของอาหารสัตว์

การหาความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์

- ภาชนะทรงกระบอก
- ไม้บรรทัด
- เครื่องชั่ง

2) เก็บอาหารสัตว์ที่ผสมแล้วมาใส่ภาชนะทรงกระบอกที่ทราบปริมาตร ในการทดลองนี้ภาชนะทรงกระบอกมีปริมาตรเท่ากับ 105.17×10^{-6} ลูกบาศก์เมตร (รูปที่ 3.5) ปาดให้เรียบ

3) ชั่งน้ำหนักอาหารสัตว์ที่อยู่ในภาชนะทรงกระบอก

4) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของอาหารสัตว์จากสมการที่ 3.1

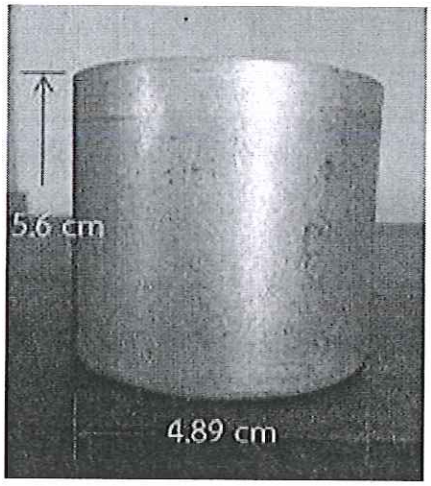
$$\rho = \frac{m}{v} \qquad \text{.....(3.1)}$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นมวลรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

v คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)

5) ทำซ้ำ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.5 ภาชนะทรงกระบอกสำหรับหาปริมาตรอาหารสัตว์

3.2.3 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัตถุดิบ

การหาความชื้นโดยวิธีการอบแห้ง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์
   - กระป๋องอลูมิเนียม
   - ตู้อบ
   - เครื่องชั่ง
   - วัตถุดิบอาหารสัตว์
2) ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม บันทึกผล
3) ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ 100 กรัมใส่ลงในกระป๋องอลูมิเนียม
4) นำกระป๋องอลูมิเนียมเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
5) นำกระป๋องอลูมิเนียมออกจากตู้อบแล้วใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
6) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสมการที่ 3.2

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

โดยที่ MC คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (เปอร์เซ็นต์)

W_t คือ มวลตัวอย่างอาหารสัตว์ก่อนอบ (กรัม)

W_d คือ มวลตัวอย่างอาหารสัตว์หลังอบ (กรัม)

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องผสมอาหารสัตว์

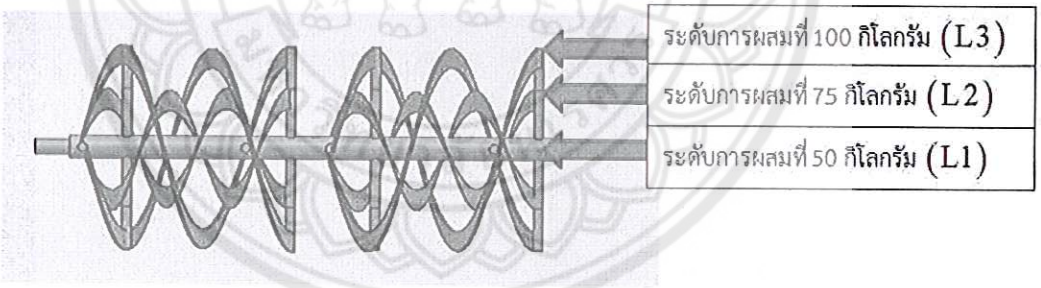
เป็นการศึกษาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ที่ 2 ทิศทางการหมุน และปริมาณการผสม 3 ระดับ

3.3.1 การหาปริมาณของอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสม

จากการศึกษาปริมาณของอาหารสัตว์พบว่า เมื่อนำอาหารที่ได้ทำการผสมเรียบร้อยแล้ว มาใส่ในเครื่องผสมขนาด 50 กิโลกรัม แล้วปาดให้เรียบพอดีระดับกึ่งกลางเพลา แล้วนำอาหารสัตว์ออกจากเครื่องมาชั่งน้ำหนักพบว่า ที่ระดับกึ่งกลางเพลาจะมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม ทำซ้ำที่ระดับท่วมใบสกรูชั้นในกับระดับท่วมใบสกรูชั้นนอก พบว่าเมื่อนำอาหารสัตว์ออกมาชั่งจะมีน้ำหนัก 75 และ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ

ในการศึกษานี้จะทำการผสมอาหารที่ 3 ระดับ โดยพิจารณาจากระดับของใบสกรู (รูปที่ 3.6) คือ

1) กึ่งกลางเพลา (L1) คิดเป็น 50 กิโลกรัม
2) ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2) คิดเป็น 75 กิโลกรัม
3) ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3) คิดเป็น 100 กิโลกรัม



รูปที่ 3.6 ระดับการผสมที่ปริมาณต่างๆ

สูตรอาหารสัตว์ที่ใช้ทำการทดลอง (ตารางที่ 3.1) เช่น สูตรพื้นฐาน ปริมาณวัตถุดิบของอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสมแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนและลำดับการใส่วัตถุดิบของอาหารสัตว์สูตรพื้นฐาน

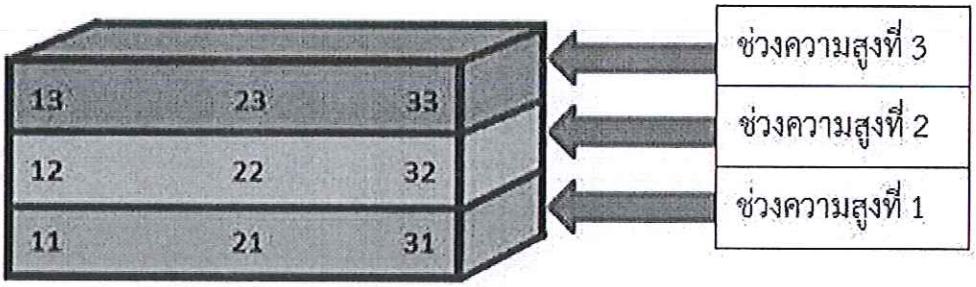
ลำดับ	ส่วนผสมอาหารสัตว์	สัดส่วนผสมในแต่ละปริมาณการผสม (กก.)		
		50 กิโลกรัม (L1)	75 กิโลกรัม (L2)	100 กิโลกรัม (L3)
1	ปลายข้าว	39.83	59.75	79.66
2	รำ	8.47	12.71	16.95
3	Di-Calcium	0.71	1.06	1.41
4	หินฝุ่น	0.56	0.85	1.13
5	เกลือ	0.25	0.37	0.50
6	Premix	0.18	0.26	0.35
	รวม	50.00	75.00	100.00

3.3.2 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

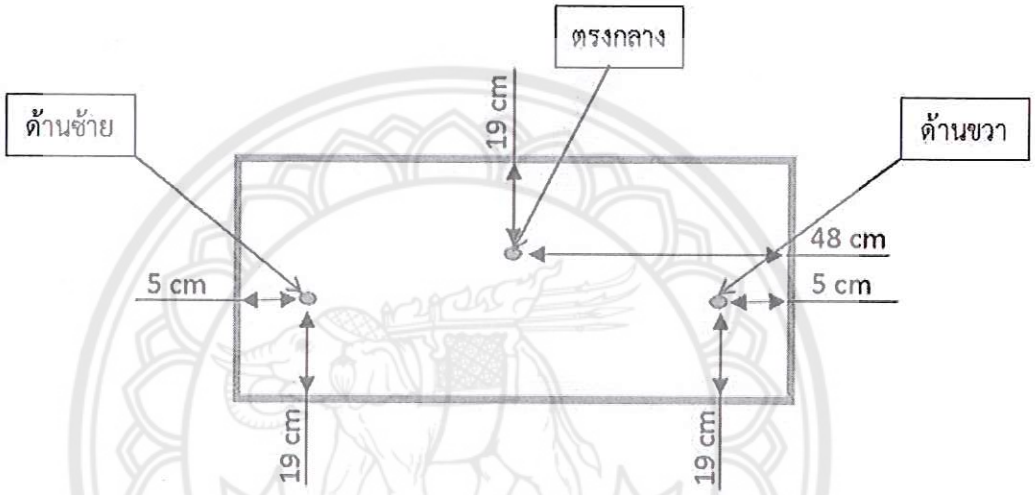
การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ทำการผสมจะเก็บทั้งหมด 10 ตำแหน่ง โดยเก็บตัวอย่างทั่วทั้งถังผสมจำนวน 9 ตำแหน่ง โดยแบ่งบริเวณการเก็บที่ 3 ระดับความสูง คือ ที่ช่วงความสูงที่ 1 ช่วงความสูงที่ 2 และช่วงความสูงที่ 3 ของความสูงของอาหารในถังผสม (ตารางที่ 3.3) และ 3 ระยะตามความยาวของถัง คือ ด้านซ้าย ตรงกลาง และด้านขวาของถังผสมอาหาร (รูปที่ 3.7ก) เนื่องจากมีแกนเพลาของใบสกรูอยู่กึ่งกลางถังผสมทำให้ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างจะต้องหลบแกนเพลา (รูปที่ 3.7ข) และตำแหน่งที่ 10 เก็บเมื่อนำอาหารออกจากถังผสมแล้ว

ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่ปริมาณการผสมต่างๆ

	กึ่งกลางเพลา (L1)	ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2)	ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)
ช่วงความสูงที่ 1	0-68 mm.	0-80 mm.	0-136 mm.
ช่วงความสูงที่ 2	68-136 mm.	80-160 mm.	136-272 mm.
ช่วงความสูงที่ 3	136-204 mm.	160-240 mm.	272-408 mm.



ก) มุมมองด้านหน้า



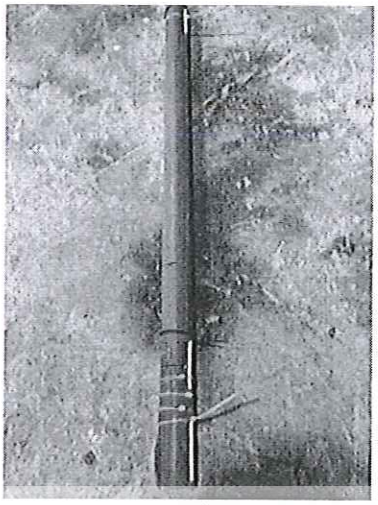
ข) มุมมองด้านบน

รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

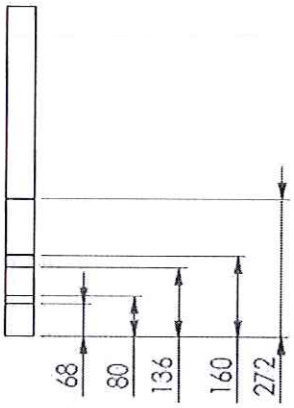
จากรูปที่ 3.7ข เลขตัวหน้าบอกตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างคือ ด้านซ้าย(1) ตรงกลาง(2) และด้านขวา(3) เลขตัวหลังบอกช่วงความสูงคือ ช่วงความสูงที่ 1 (1) ช่วงความสูงที่ 2 (2) ช่วงความสูงที่ 3 (3)

3.3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

ในการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่พัฒนาขึ้น (รูปที่ 3.8ก) โดยใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38.1 มิลลิเมตร ยาว 650 มิลลิเมตร ผ่าเข้าไปในแนวขวางของท่อลึกครึ่งหนึ่งของท่อที่ระยะ 68, 80, 136, 160 และ 272 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.8ข) เพื่อใส่แผ่นกั้นสำหรับแยกชั้นอาหารของแต่ละช่วงความสูง (ตารางที่ 3.3) มีฝาปิดเปิดด้านล่างของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง และทำการปิดเปิดโดยการเลื่อนเชือกที่คล้องกับแผ่นปิดเปิดที่อยู่ปลายท่อด้านล่าง



ก) อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง



ข) ระยะการผ่าท่อ

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

วิธีใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

1) นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (รูปที่ 3.8ก) เสียบเข้าไปในถังผสมอาหารสัตว์**ที่ผสมเสร็จแล้วให้ส่วนป**ลายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสัมผัสพื้นของถังผสมอาหารสัตว์

2) ดึงเชือกเพื่อปิดส่วนปลายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

3) ดึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างขึ้นมาจากถังผสมอาหารสัตว์

4) เสียบแผ่นกั้นตามปริมาณการผสม คือ ที่ L1 ใช้แผ่นกั้น กั้นที่**ระยะ 68 และ 136 มิลลิเมตร** ที่ L2 ใช้แผ่นกั้น กั้นที่ระยะ 80 และ 160 มิลลิเมตร และ ที่ L3 ใช้แผ่น**กั้น กั้นที่ 136 และ 272 มิ**ลลิเมตร (ตารางที่ 3.3)

5) นำภาชนะมารองตัวอย่างอาหารสัตว์พร้อมดึงแผ่นกั้นด้านล่างออก (รูป**ที่ 3.9)**

รูปที่ 3.9 การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

3.3.4 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการผสม

เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสมของแต่ละปริมาณการผสม จึงได้ทำการศึกษาหาเวลาที่ใช้ในการผสมเบื้องต้น โดยทำการผสมที่ 20 นาทีทุกปริมาณการผสม และพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่ 10% จากผลการทดลองในเบื้องต้น พบว่า ระดับการผสมกึ่งกลางเพลา (L1) มีค่า CV ต่ำกว่า 10% ดังนั้นในการทดลองจึงควรเก็บข้อมูลที่เวลา 10, 15 และ 20 นาที สำหรับระดับการผสมท่วมใบสกรูชั้นใน (L2) และ ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3) พบว่ามีค่า CV สูงกว่า 10% ดังนั้นจึงควรเก็บข้อมูลที่ 20, 25 และ 30 นาที เวลาที่เก็บข้อมูลที่ปริมาณการผสมต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เวลาที่เก็บข้อมูลที่ปริมาณการผสมต่างๆ

ปริมาณการผสม	เวลาที่เก็บข้อมูล (นาที)
กึ่งกลางเพลา (L1)	10, 15, 20
ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2)	20, 25, 30
ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)	20, 25, 30

3.3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการผสมอาหารสัตว์

การผสมอาหารสัตว์มีขั้นตอนการทำดังนี้

1) นำเครื่องวัดไฟฟ้ามาต่อกับเบรกเกอร์ แล้วตั้งค่าเครื่องวัดไฟฟ้าก่อนการใช้งาน

2) เตรียมส่วนผสมของอาหารสัตว์ โดยการชั่งส่วนผสม โดยชั่ง Di-Calcium, หินฝุ่น เกลือ, และ Premix ใส่ลงในภาชนะเดียวกันเพื่อเตรียมเทใส่เครื่องผสม

3) นำส่วนผสมเทใส่เครื่องพร้อมกับจับเวลาในการเท โดยเทปลายข้าวและรำลงไปก่อน แล้วนำ Di-Calcium, หินฝุ่น, เกลือ, และ Premix ที่อยู่ในภาชนะเดียวกันเทลงหลังสุด

4) เปิดเครื่องผสมอาหารสัตว์พร้อมจับเวลา เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดดังตารางที่ 3.4 ทำการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ตำแหน่งต่างๆ

5) โหลดอาหารออกจากเครื่องผสมพร้อมจับเวลาในการโหลด

6) ทำการเก็บอาหารที่ตกค้างในเครื่องผสมแล้วชั่งน้ำหนัก

7) นำตัวอย่างที่เก็บไปวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์เกลือ

3.3.6 การหาเปอร์เซ็นต์เกลือ

การหาเปอร์เซ็นต์เกลือ คือ การหาส่วนผสมที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ที่สามารถตรวจสอบได้ วิธีที่นิยมใช้กัน คือ การตกตะกอนโซเดียมคลอไรด์ด้วยสารละลาย ซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ที่มีปริมาณมากเกินพอในสภาพที่เป็นกรด จากนั้นไตเตรท $AgNO_3$ ที่เหลือด้วยสาร โพแทสเซียม ไทร์โอไซยาเนท (KSCN) หรือ แอมโมเนียม ไทร์โอไซยาเนท (0.1 N NH_4SCN) ในโครงงานนี้ใช้ 0.1 N NH_4SCN

1) เตรียมอุปกรณ์

- ขวดชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- กระบอกตวง
- บิวเรตต์
- Hot plate
- กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3 Conc.)
- STD $AgNO_3$ 0.1 N (1 มิลลิลิตร $AgNO_3$ = 0.058%)
- 0.1 N NH_4SCN
- Ferric indicator (saturated, $FeNH_4(SO_4)_2\ 12H_2O$)

2) ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์น้ำหนักที่ 2 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ จดบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง (รูปที่ 3.10ก)

3) เติมน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร ตามด้วย (HNO_3 Conc.) จำนวน 15 มิลลิลิตร (รูปที่ 3.10ข)

4) เติม 0.1 N $AgNO_3$ ประมาณ 20 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

5) นำไปต้มบน Hot plate ในตู้ดูดควัน (รูปที่3.10ค) จนละลายใช้เวลาประมาณ 15 นาที เริ่มจับเวลาตั้งแต่เดือดหรือสังเกตจนหมดควันสีเหลือง แล้วทิ้งให้เย็นหลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

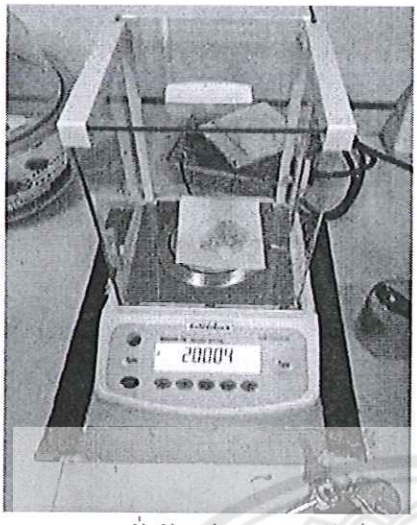
6) หยด Ferric indicator ลงไป 5 หยด แล้วไตเตรทด้วย 0.1 N NH_4SCN จนสารละลายมีสีน้ำตาลออกส้ม (รูปที่ 3.10ง) จดบันทึกปริมาตรของ 0.1 N NH_4SCN ที่ใช้แล้วนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จากสมการที่ 3.3

$$\text{เปอร์เซ็นต์เกลือ (\%NaCl)} = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.1 \times 5.844}{W} \qquad (3.3)$$

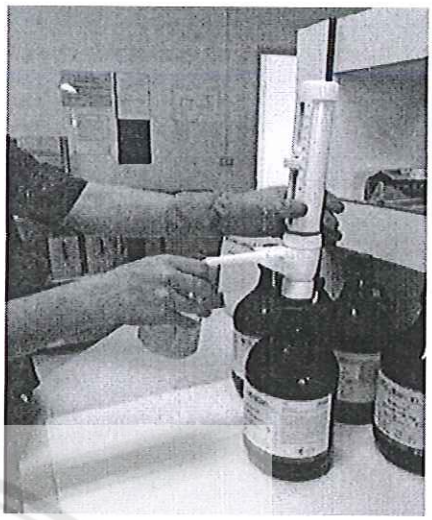
โดยที่ V_1 คือ ปริมาตรของ $AgNO_3$ (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของ Ferric indicator (มิลลิลิตร)

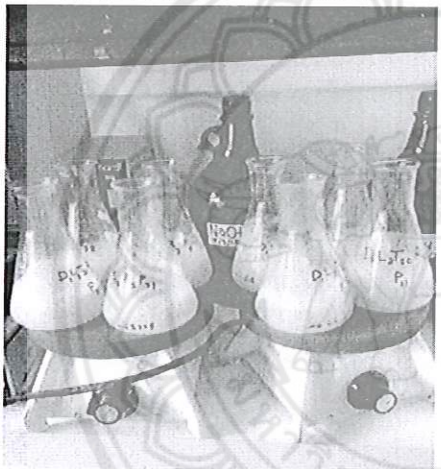
W คือ มวลตัวอย่างอาหารสัตว์ (กรัม)



ก) การชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์



ข) การเติมสาร



ค) การต้มสาร

ง) การไตเตรท

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์เกลือ

3.3.6 การหาค่าพลังงานไฟฟ้า

ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์จะทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในทุกๆ 30 วินาที เพื่อนำข้อมูลไปหาค่าเฉลี่ยและนำไปคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

1) เตรียมอุปกรณ์

- มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Kyoritsu รุ่น 6300
- นาฬิกาจับเวลา

2) ต่อสายไฟเข้ากับเบรกเกอร์ (รูปที่ 3.11ก) แล้วเปิดเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล (รูปที่ 3.11ข)

3) เปิดการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์

4) จับเวลาและบันทึกค่าทางไฟฟ้า

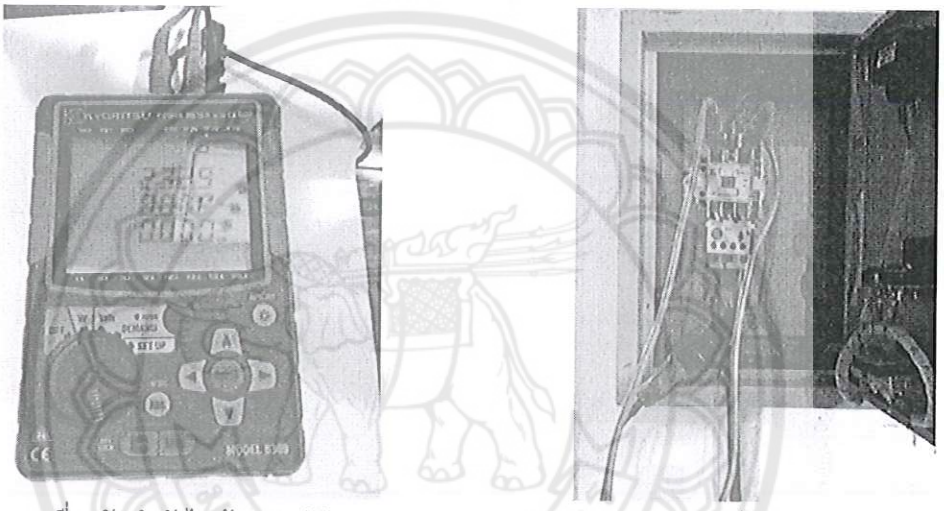
การคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ แสดงดังสมการที่ 3.4

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

โดยที่ W_e คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

P คือ กำลังทางไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

t คือ เวลา (ชั่วโมง)



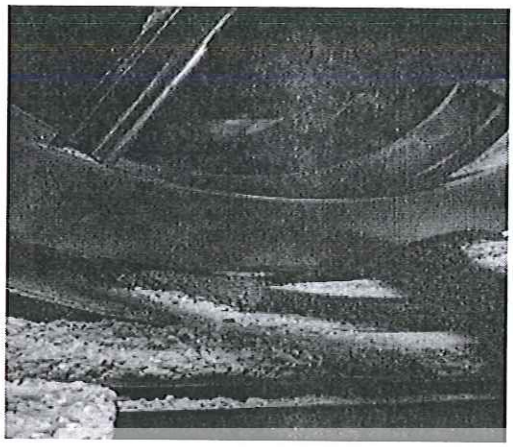
ก) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล ข) การต่อสายไฟกับเบรกเกอร์

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการหาค่าพลังงานไฟฟ้า

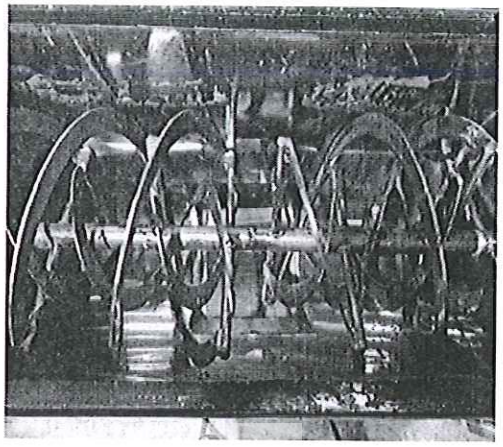
3.3.7 การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย

หลังจากผสมอาหารสัตว์เสร็จ เปิดช่องทางออกของถังผสมและเดินเครื่องผสมเพื่อช่วยในการนำอาหารสัตว์ที่ผสมแล้วออกบริเวณช่องทางออก จนกระทั่งเครื่องไม่สามารถนำอาหารสัตว์ออกจากถังผสมได้อีก อาหารที่เหลืออยู่จะเป็นอาหารสัตว์ที่ตกค้าง (รูปที่ 3.12ก) ให้หยุดการเดินเครื่องแล้วใช้แปรงไม้กวาด กวาดเอาอาหารสัตว์ที่ตกค้างออกจนหมด (รูปที่ 3.12ข) แล้วทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่ตกค้าง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของการผสมอาหารสัตว์แต่ละครั้งโดยคำนวณได้จากปริมาณอาหารสัตว์ที่ตกค้างอยู่ในเครื่องผสมต่อปริมาณอาหารสัตว์ทั้งหมด ดังสมการที่ 3.5

$$\text{การสูญเสีย(\%)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารสัตว์ที่ตกค้าง (kg)}}{\text{ปริมาณอาหารสัตว์ที่ผสม (kg)}} \times 100 \qquad \text{.....(3.5)}$$



ก) อาหารสัตว์ที่ตกค้าง



ข) หลังจากกวาดอาหารสัตว์ออก

รูปที่ 3.12 อาหารสัตว์ที่ตกค้างภายในถังและหลังทำความสะอาด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

จากการทดลองหาสมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์ จากสูตรพื้นฐานซึ่งใช้ผสมเป็นอาหารสุกรที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 50-80 กิโลกรัม ได้ขนาดของส่วนประกอบของอาหารสัตว์ ความหนาแน่นมวลรวม และปริมาณความชื้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของอาหารสัตว์

สมบัติทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์ D>4.75 มม.	0%
2.36 มม.<D<4.75 มม.	0%
1.18 มม.<D<2.36 มม.	46.00%
0.6 มม.<D<1.18 มม.	36.33%
0.3 มม.<D<0.6 มม.	11.00%
0.212 มม.<D<0.3 มม.	2.33%
D<0.212 มม.	4.33%
ความหนาแน่นมวลรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	2,080.21
ความชื้นเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก)	9.27

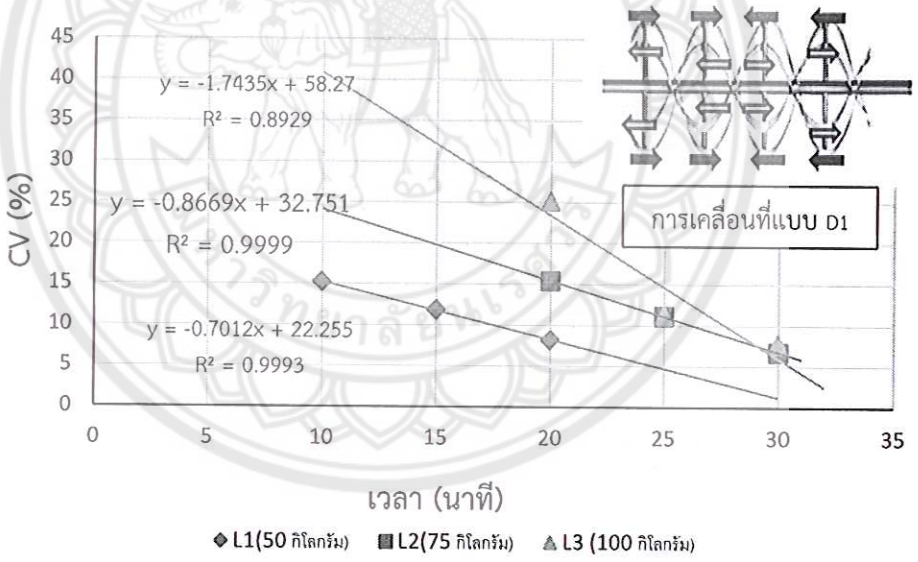
จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความหนาแน่นมวลรวมและความชื้นเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 2,080.21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ 9.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยรวมแล้วช่วงขนาดของอาหารสัตว์จะมีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ดังนั้นไม่พบปัญหาการบดอัดระหว่างใบสกรูกับถังผสม เนื่องจากเครื่องผสมมีระยะห่างระหว่างใบสกรูกับถังผสมที่ 5 มิลลิเมตร

กัมพลและคณะ [1] ได้สร้างเครื่องโดยพิจารณาจากอาหารสัตว์ที่มีความหนาแน่นมวลรวม 513.3 กิโลกรัม แต่สูตรอาหารสัตว์ที่ทางคณะผู้จัดทำมีความหนาแน่นมวลรวม 2080.21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากส่วนผสมของอาหารสัตว์ส่วนใหญ่คือปลายข้าว จึงทำให้แต่ละระดับการผสมมีมวลมาก

4.2 ผลของการหาประสิทธิภาพในการผสมอาหารสัตว์

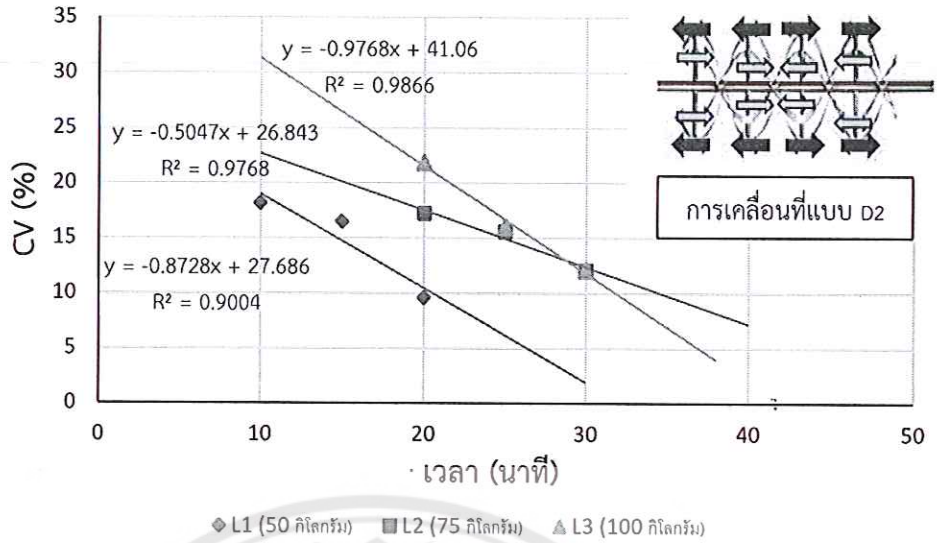
4.2.1 ผลของปริมาณการผสมกับเวลาที่ใช้ในการผสม

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) กับเวลาที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสมกึ่งกลางเพลา (L1) ผสมได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม, ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2) ผสมได้ครั้งละ 75 กิโลกรัมและท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3) ผสมได้ครั้งละ 100 กิโลกรัม ในสองทิศทางการหมุนคือ ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมออกด้านข้าง (D1) และทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมออกด้านข้าง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง (D2) แสดงในรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพหรือความสม่ำเสมอในการผสมอาหารสัตว์ใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) จากการวิเคราะห์ค่าเกลือที่ได้จากการทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่กำหนดไว้ในการผสมอาหารอยู่ที่ 10% [4] จึงจะถือว่าอาหารผสมเข้ากันได้ดีแล้ว ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ยังมากกว่า 10% อยู่จะถือว่าเวลาที่ใช้ในการผสมยังไม่เพียงพอ



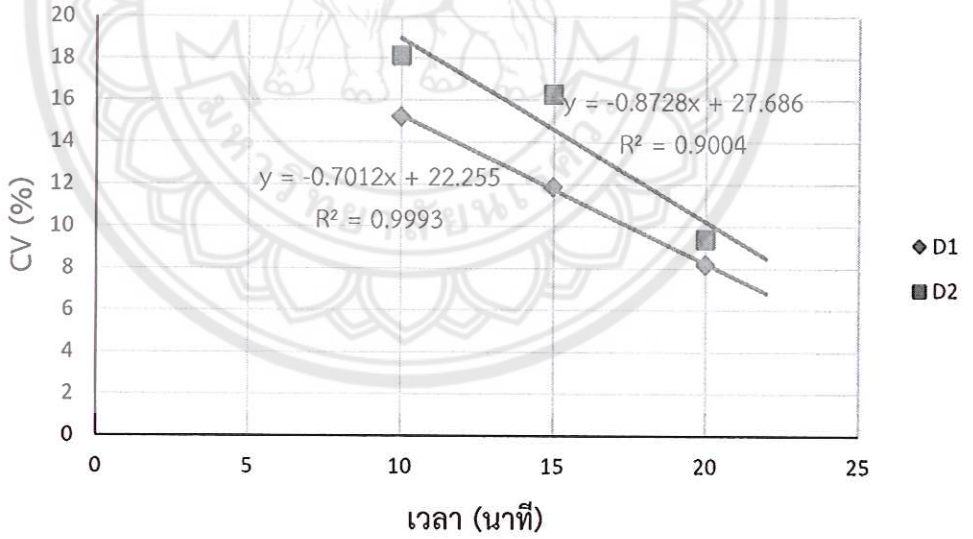
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CV กับเวลาที่ใช้ในทิศทางการผสม D1

จากรูปที่ 4.1 พบว่าในทิศทางการผสม D1 ค่า CV 10% ที่สามารถยอมรับได้ในแต่ละปริมาณการผสม คือ L1, L2 และ L3 จะใช้เวลาในการผสมโดยการคำนวณจากสมการเส้นแนวโน้มจะได้ 18, 27 และ 28 นาที ตามลำดับ



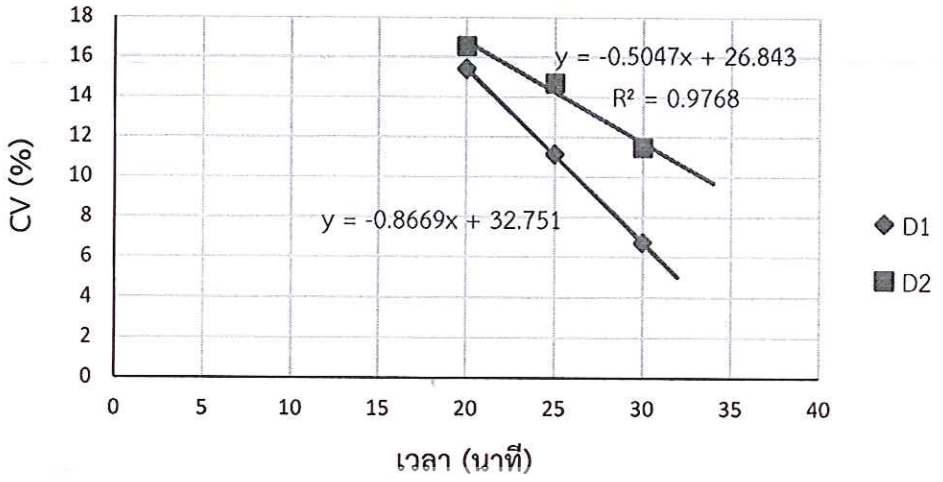
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CV กับเวลาที่ใช้ในทิศทางการผสม D2

จากรูปที่ 4.2 พบว่าในทิศทางการผสม D2 ค่า CV 10% ที่สามารถยอมรับได้ในแต่ละปริมาณการผสม คือ L1, L2 และ L3 จะใช้เวลาในการผสมโดยการคำนวณจากสมการเส้นแนวโน้มจะได้ 21, 34 และ 32 นาที ตามลำดับ



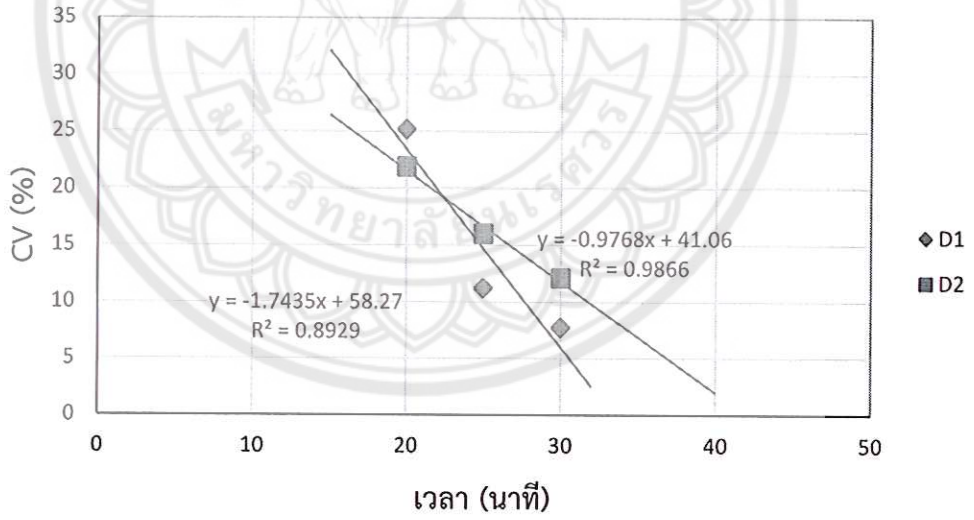
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบค่า CV ที่ระดับการผสม L1 ระหว่าง D1 กับ D2

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ที่เวลาการผสมเดียวกันทิศทางการผสม D1 มีค่า CV ต่ำกว่า D2 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่ 10% จะใช้เวลาในการผสมโดยคำนวณจากสมการเส้นแนวโน้ม จะได้ 18 และ 21 นาที เมื่อใช้ทิศทางการผสม D1 และ D2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่า CV ที่ระดับการผสม L2 ระหว่าง D1 กับ D2

จากรูปที่ 4.4 พบว่า ที่เวลาการผสมเดียวกันทิศทางการผสม D1 มีค่า CV ต่ำกว่า D2 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่ 10% จะใช้เวลาในการผสมโดยคำนวณจากสมการเส้นแนวโน้ม จะได้ 27 และ 34 นาที เมื่อใช้ทิศทางการผสม D1 และ D2 ตามลำดับ

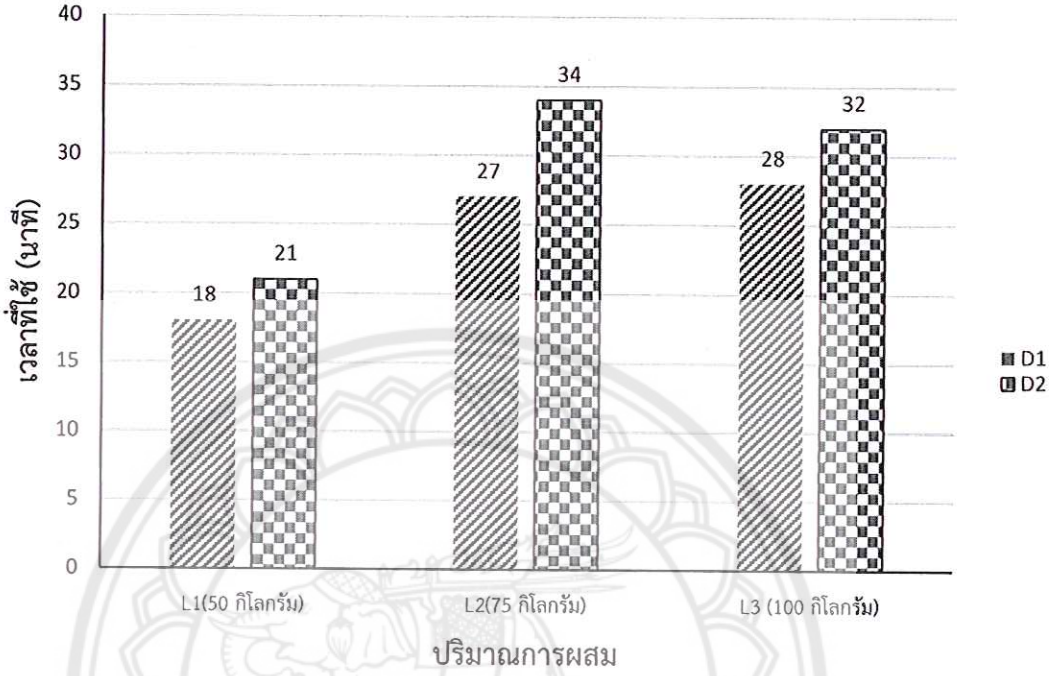


รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่า CV ที่ระดับการผสม L3 ระหว่าง D1 กับ D2

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ที่เวลาการผสมเดียวกันทิศทางการผสม D1 มีค่า CV ต่ำกว่า D2 ตั้งแต่เวลาที่ใช้ในการผสม 25 นาทีเป็นต้นไป เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่ 10% จะใช้เวลาในการผสมโดยคำนวณจากสมการเส้นแนวโน้ม จะได้ 28 และ 32 นาที เมื่อใช้ทิศทางการผสม D1 และ D2 ตามลำดับ

4.2.2 การเปรียบเทียบเวลากับปริมาณการผสม

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณการผสมในระดับต่างๆ

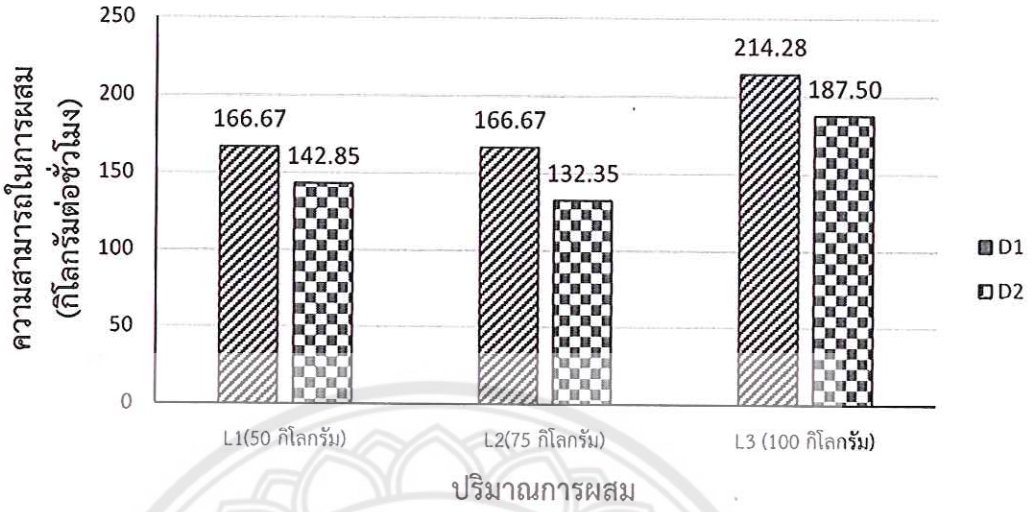


รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบเวลาในการผสมระหว่าง 2 ทิศทางการหมุนที่ปริมาณการผสมต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเวลาในการผสมอาหารในทิศทางการผสม D1 ใช้เวลาน้อยกว่าการผสมอาหารในทิศทางการผสม D2 ที่ปริมาณการผสมในแต่ละระดับที่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการผสมอาหารในทิศทางการผสม D1 มีประสิทธิภาพมากกว่าการผสมอาหารในทิศทางการผสม D2 เนื่องจากใช้เวลาในการผสมน้อยกว่า

4.2.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมอาหารสัตว์

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถระหว่าง D1 กับ D2 ที่ปริมาณการผสมต่างๆ



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการผสมแต่ละปริมาณการผสม

จากรูปที่ 4.7 พบว่าความสามารถในการผสมอาหารในทิศทางการผสม D1 มีความสามารถในการผสมอาหารดีกว่าการผสมอาหารแบบในทิศทางการผสม D2 ทุกปริมาณการผสม และพบว่าที่ปริมาณการผสม L3 (100 กิโลกรัม) ทิศทางการผสม D1 มีความสามารถในการผสมสูงที่สุด คือ 214.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.3 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสามารถคำนวณหาค่าได้จากเวลาที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์ในแต่ละปริมาณการผสมดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์ในทิศทางการผสม D1

ระดับการผสมอาหารสัตว์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์)	เวลาในการผสม (นาที)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัม)
ไม่มีอาหารสัตว์	0.067	-	-
กึ่งกลางเพลา (L1)	0.094	18	0.0019
ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2)	0.094	27	0.0019
ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)	0.105	28	0.0017

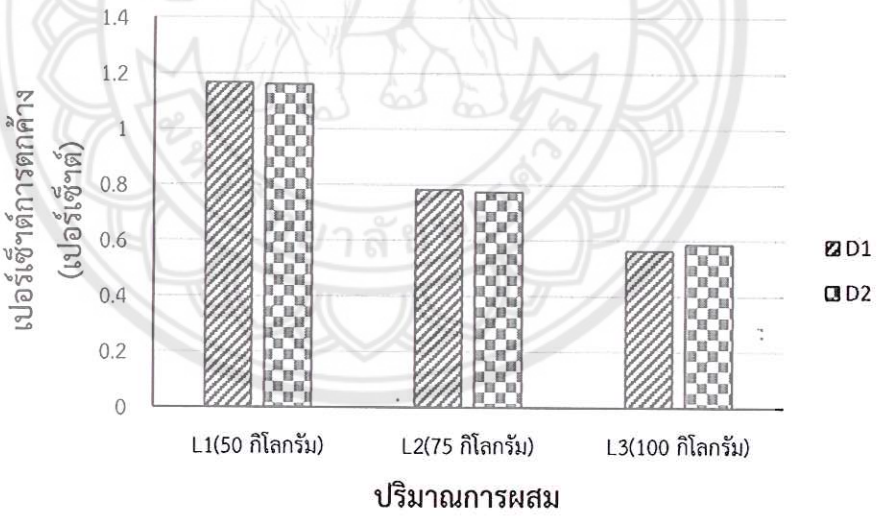
ตารางที่ 4.3 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมอาหารสัตว์ทิศทางการผสม D2

ระดับการผสมอาหารสัตว์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์)	เวลาในการผสม (นาที)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัม)
ไม่มีอาหารสัตว์	0.067	-	-
กึ่งกลางเพลา (L1)	0.102	21	0.0025
ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2)	0.095	34	0.0025
ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3)	0.093	32	0.0017

*ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าการผสมอาหารสัตว์ที่ทิศทางการผสม D1 และ D2 ที่ปริมาณการผสม L3 (100 กิโลกรัม) มีค่าใช้จ่ายในการผสมต่อปริมาณการผสมอาหารสัตว์ที่น้อยที่สุด คือ 0.0017 บาทต่อกิโลกรัม จึงเหมาะสมในการผสมปริมาณนี้ที่สุดเมื่อพิจารณาจากค่าไฟฟ้า

4.4 เปอร์เซ็นต์การตกค้างของอาหารสัตว์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการตกค้างของอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสมต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 ทิศทางการหมุนของใบสกรูไม่มีผลต่อการตกค้างของอาหารสัตว์ในถังผสม แต่จะแปรผกผันกับปริมาณการผสม เนื่องจากปริมาณการตกค้างในแต่ละปริมาณการผสมจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การตกค้าง จึงแตกต่างกัน

กัมพลและคณะ [1] ได้ทำการทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 200 กิโลกรัม ปัญหาคือ มีเปอร์เซ็นต์การตกค้างอยู่ที่ 1.14% - 1.93% และมีฝุ่นฟุ้งกระจายระหว่างการผสม กัมพลและคณะ [1] ได้ทำการออกแบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม และทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างใบสกรูกับตัวถังเหลือเพียง 5 มิลลิเมตร ออกแบบให้ช่องที่ใช้โหลดอาหารออกจากเครื่องอยู่ด้านล่างของถัง และติดแผ่นยางรองที่ฝาปิดถัง ผลจากการทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม โดยคณะผู้จัดทำโครงงานพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียลดลงเหลือ 0.56% - 1.16% และไม่พบฝุ่นฟุ้งกระจายระหว่างการผสมจากการสังเกตด้วยสายตา

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัมที่ กัมพลและคณะ [1] ได้ทำการพัฒนา โดยทำการทดลองผสมอาหารสัตว์ที่ปริมาณการผสม 3 ระดับคือ กึ่งกลางเพลา (L1) ผสมได้ 50 กิโลกรัม, ท่วมใบสกรูชั้นใน (L2) ผสมได้ 75 กิโลกรัม และ ท่วมใบสกรูชั้นนอก (L3) ผสมได้ 100 กิโลกรัม ในสองทิศทางการผสม คือ ทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมออกด้านข้าง (D1) และทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมออกด้านข้าง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง (D2) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสมที่ค่า CV 10% พบว่าในทิศทางการผสม D1 ใช้เวลาในการผสมน้อยกว่าในทิศทางการผสม D2 ที่ทุกปริมาณการผสม คือในทิศทางการผสม D1 พบว่าที่ปริมาณการผสม L1, L2 และ L3 ใช้เวลาในการผสม 18, 27 และ 28 นาที ตามลำดับ ในทิศทางการผสม D2 พบว่าที่ปริมาณการผสม L1, L2 และ L3 ใช้เวลาในการผสม 21, 34 และ 32 นาที ตามลำดับ

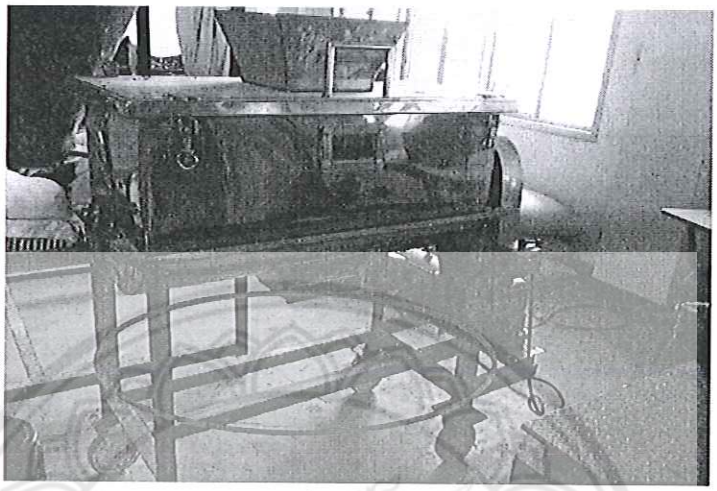
2) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผสมที่เพิ่มขึ้น และพบว่าเมื่อทำการผสมที่ตำแหน่ง L1 ในทิศทางการผสม D1 จะมีอัตราการสิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดคือ 0.028 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการผสมหนึ่งครั้ง จุดที่ประหยัดที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารที่ผสมคือ ที่ตำแหน่ง L3 (100 กิโลกรัม) ในทิศทางการผสม D1 และ D2 จะมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ 0.0017 บาทต่อกิโลกรัม (0.046 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการผสมหนึ่งครั้ง)

3) ค่าเปอร์เซ็นต์การตกค้างจะแปรผกผันกับปริมาณอาหารสัตว์ที่ผสม

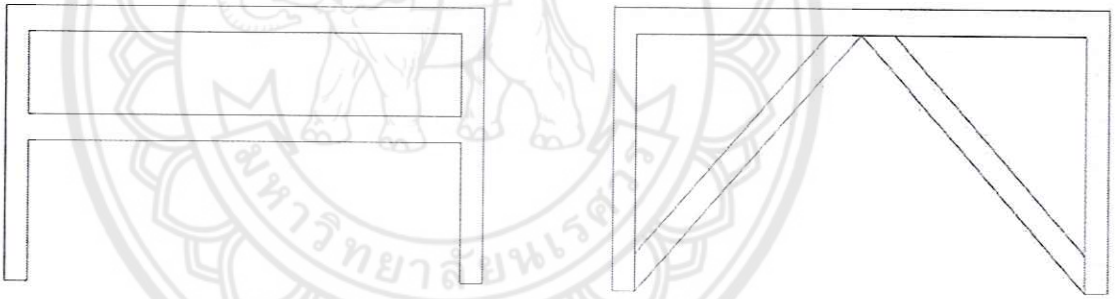
เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการผสม ความสามารถในการผลิตสูงสุด และประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุด แนะนำให้ทำการผสมอาหารสัตว์ที่ตำแหน่ง L3 (100 กิโลกรัม) ในทิศทางการหมุนแบบใบสกรูชั้นนอกดึงส่วนผสมเข้าตรงกลาง ใบสกรูชั้นในดึงส่วนผสมออกด้านข้าง (D1) ใช้เวลาในการผสม 28 นาที มีค่าใช้จ่ายในการผสม 0.0017 บาทต่อกิโลกรัม มีความสามารถในการผลิต 214.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีค่าเปอร์เซ็นต์การตกค้างต่ำสุดคือ 0.563% จากการพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม ของกัมพลและคณะ [1] สามารถแก้ปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นและเปอร์เซ็นต์การตกค้างได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) คานด้านล่างของฐานเครื่องผสมอาหารสัตว์กีดขวางภาชนะรองรับขณะที่นำอาหารออกจากเครื่องผสมอาหาร จึงทำให้ไม่สะดวกเวลานำอาหารออก



ก) คานด้านล่างของเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม



ข) คานด้านล่างของเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบเดิม ค) คานด้านล่างของเครื่องผสมอาหารสัตว์ที่แนะนำ

รูปที่ 5.1 คานด้านล่างของเครื่องผสมอาหารสัตว์

2) ไม่ควรใส่อาหารมากเกินไปจนเกือบล้นถังผสมอาหารสัตว์ จะทำให้เพลาไม่หมุน เกิดการหมุนฟรีของพู่เล่ย์

3) ช่องใส่อาหารของเครื่องผสมอาหารสัตว์สูงมากเกินไป ทำให้ไม่สะดวกตอนนำอาหารใส่ลงไปในเครื่องผสม ในขณะเดียวกัน ควรพิจารณาความสูงของภาชนะรองรับอาหารด้วย เพื่อให้ได้ความสูงที่เหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กัมพล สุนันดา, สรศักดิ์ ฉิมดอนทอง และ อาณัฐ สวัสดี. (2555). การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

[2] บริษัท ยูนิค ทลูส์ จำกัด. (18 กันยายน 2553). เครื่องผสมแนวนอนหรือเครื่องผสมแบบริบบอน. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2557, จาก http://www.uniquetools-adv.com/2010/09/ribbon-mixer.html

[3] ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์. (22 ตุลาคม 2011). ชนิดของใบสกรู. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557,จาก http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=15422&section=9

[4] พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2539) การผลิตอาหารสัตว์. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์

[5] Fernando J. Muzzio , Marcos Llusa, Christopher L. Goodridge, Nhat-Hang Duong and Elizabeth Shen. (2008). Evaluating the mixing performance of a ribbon blender. Powder Technology 186: 247-254

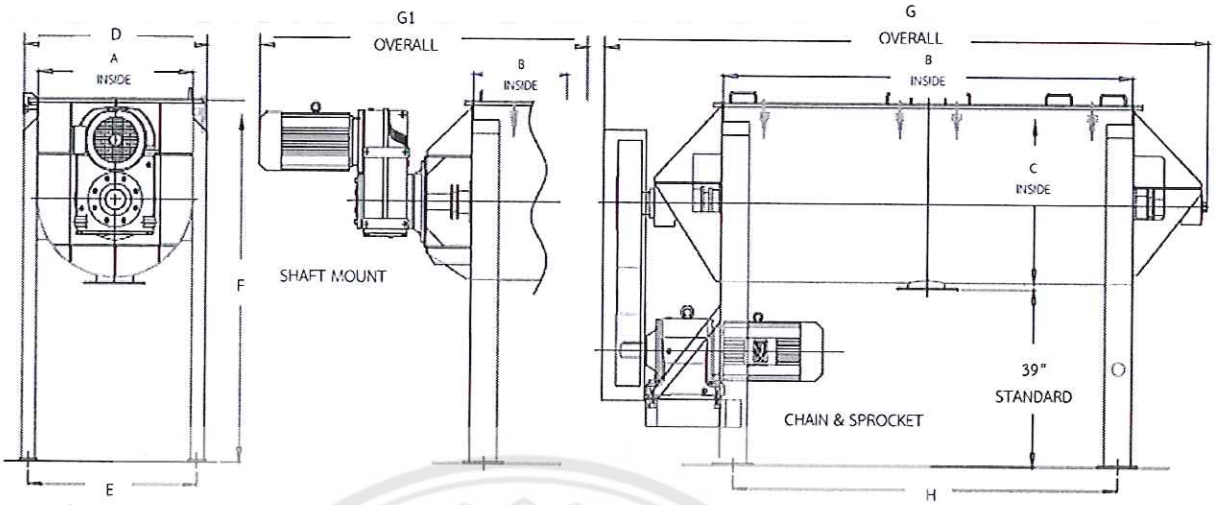
[6] ศุภกิตต์ สายสุนทร, ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล, วีณา ชาลียุทธ, เยาวลักษณ์ พัสดุ และ นรินทร์ จันทวงศ์. (2553). การพัฒนาต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุน. ว. วิทย์. กษ. 41(3/1) (พิเศษ): 25-28

[7] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. (2549). การศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมเม็ดพลาสติกกับสีเม็ดแบบใบผสมอยู่กับที่. ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจพ. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2557,จาก http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_proceed/KUCON/search_detail/dowload_digital_file/13135/16232

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เอกสารแนะนำสินค้า

ตาราง 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 ก.1 การทดลองหาขนาดของอาหารสัตว์ครั้งที่ 1

ขนาดช่องเปิด (มิลลิเมตร)	น้ำหนักที่ทำการทดลอง (กรัม)			% Retain
	มวลปิ่นโตเปล่า (กรัม)	มวลปิ่นโตหลังเขย่า (กรัม)	มวลอาหารสัตว์ (กรัม)	
4.75	510	510	0	0
2.36	490	490	0	0
1.18	445	492	47	47
0.6	425	463	38	38
0.3	390	400	10	10
0.212	235	235	0	0
ถาด	310	315	5	5
รวม			100	100

ตารางที่ ก.2 การทดลองหาขนาดของอาหารสัตว์ครั้งที่ 2

ขนาดช่องเปิด (มิลลิเมตร)	น้ำหนักที่ทำการทดลอง (กรัม)			% Retain
	มวลปิ่นโตเปล่า (กรัม)	มวลปิ่นโตหลังเขย่า (กรัม)	มวลอาหารสัตว์ (กรัม)	
4.75	510	510	0	0
2.36	490	490	0	0
1.18	445	490	45	45
0.6	425	462	37	37
0.3	390	402	12	12
0.212	235	237	2	2
ถาด	310	314	4	4
รวม			100	100

ตารางที่ ก.3 การทดลองหาขนาดของอาหารสัตว์ครั้งที่ 3

ขนาดช่องเปิด (มิลลิเมตร)	น้ำหนักที่ทำการทดลอง (กรัม)			% Retain
	มวลปิ่นโตเปล่า (กรัม)	มวลปิ่นโตหลังเขย่า (กรัม)	มวลอาหารสัตว์ (กรัม)	
4.75	510	510	0	0
2.36	490	490	0	0
1.18	445	491	46	46
0.6	425	459	34	34
0.3	390	401	11	11
0.212	235	240	5	5
ถาด	310	314	4	4
รวม			100	100

ตารางที่ ก.4 ความหนาแน่นมวลรวมสูตรพื้นฐาน

	ปริมาตรกระป๋อง (ลูกบาศก์เมตร)	มวลอาหารสัตว์ (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นมวลรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ความหนาแน่นมวลรวมเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ครั้งที่ 1	105.118×10^{-6}	0.216	2054.842	2080.210
ครั้งที่ 2	105.118×10^{-6}	0.221	2102.407	
ครั้งที่ 3	105.118×10^{-6}	0.219	2083.381	

ตารางที่ ก.5 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (เปอร์เซ็นต์)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T10	R1	P11	20	29.6	2.0049	2.798	14.05	15.19
		P12	20	31.1	2.0081	3.230		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	28.2	2.0093	2.385		
		P22	20	31.0	2.0068	3.203		
		P23	20	30.4	2.0038	3.033		
		P31	20	27.6	2.0084	2.211		
		P32	20	31.8	2.0026	3.443		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	29.2	2.0024	2.685		
	R2	P11	20	31.0	2.0095	3.199	15.24	
		P12	20	28.5	2.0066	2.476		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	31.3	2.0003	3.301		
		P22	20	28.6	2.0073	2.504		
		P23	20	27.8	2.0069	2.271		
		P31	20	30.6	2.0051	3.089		
		P32	20	29.3	2.0012	2.716		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	27.3	2.0078	2.125		
	R3	P11	20	32.2	2.0036	3.558	16.27	
		P12	20	31.0	2.0094	3.199		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	30.5	2.0021	3.065		
		P22	20	34.2	2.0048	4.139		
		P23	20	32.1	2.0019	3.532		
		P31	20	35.4	2.0055	4.488		
		P32	20	36.1	2.0018	4.700		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	36.5	2.0096	4.798		

ตารางที่ ก.6 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T15	R1	P11	20	31.7	2.0037	3.412	11.56	11.85
		P12	20	28.9	2.0019	2.598		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	28.6	2.0009	2.512		
		P22	20	29.3	2.0043	2.712		
		P23	20	31.4	2.0033	3.326		
		P31	20	30.4	2.0004	3.038		
		P32	20	30.9	2.0083	3.172		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	31.8	2.0040	3.441		
	R2	P11	20	32.5	2.0044	3.644	10.19	
		P12	20	31.0	2.0064	3.204		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	29.1	2.0083	2.648		
		P22	20	30.9	2.0041	3.178		
		P23	20	30.5	2.0056	3.060		
		P31	20	31.8	2.0086	3.433		
		P32	20	29.5	2.0065	2.767		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	29.8	2.0022	2.860		
	R3	P11	20	29.3	2.0034	2.713	13.78	
		P12	20	30.8	2.0077	3.144		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	31.8	2.0019	3.445		
		P22	20	27.5	2.0045	2.187		
		P23	20	30.2	2.0066	2.971		
		P31	20	32.0	2.0051	3.497		
		P32	20	29.2	2.0025	2.685		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	31.0	2.0034	3.209		

ตารางที่ ก.7 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เกลือ (เปอร์เซ็นต์)	CV (%)	CVเฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	29.2	2.0098	2.675	7.93	8.18
		P12	20	28.9	2.0008	2.600		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	29.5	2.0037	2.771		
		P22	20	28.3	2.0008	2.424		
		P23	20	28.5	2.0070	2.475		
		P31	20	27.8	2.0010	2.278		
		P32	20	27.6	2.0047	2.216		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	27.7	2.0080	2.241		
	R2	P11	20	29.2	2.0098	2.675	7.93	
		P12	20	28.9	2.0008	2.600		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	29.5	2.0037	2.771		
		P22	20	28.3	2.0008	2.424		
		P23	20	28.5	2.0070	2.475		
		P31	20	27.8	2.0010	2.278		
		P32	20	27.6	2.0047	2.216		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	27.7	2.0080	2.241		
	R3	P11	20	28.1	2.0087	2.357	8.67	
		P12	20	30.3	2.0069	2.999		
		P13	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P21	20	29.6	2.0001	2.805		
		P22	20	30.8	2.0032	3.151		
		P23	20	29.8	2.0049	2.857		
		P31	20	29.7	2.0008	2.833		
		P32	20	30.3	2.0072	2.999		
		P33	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		Pt	20	31.1	2.0036	3.238		

ตารางที่ ก.8 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	30.5	2.0010	3.067	17.15	15.38
		P12	20	32.8	2.0015	3.737		
		P13	20	30.7	2.0059	3.117		
		P21	20	30.8	2.0030	3.151		
		P22	20	27.3	2.0030	2.130		
		P23	20	33.6	2.0007	3.973		
		P31	20	31.8	2.0085	3.433		
		P32	20	29.9	2.0060	2.884		
		P33	20	28.4	2.0046	2.449		
		Pt	20	29.6	2.0063	2.796		
	R2	P11	20	27.1	2.0056	2.069	13.95	
		P12	20	25.2	2.0038	1.517		
		P13	20	26.5	2.0078	1.892		
		P21	20	27.5	2.0054	2.186		
		P22	20	26.9	2.0049	2.011		
		P23	20	27.8	2.0094	2.268		
		P31	20	28.4	2.0038	2.450		
		P32	20	27.9	2.0078	2.299		
		P33	20	27.6	2.0024	2.218		
		Pt	20	29.2	2.0056	2.681		
	R3	P11	20	32.7	2.0056	3.701	15.05	
		P12	20	33.0	2.0060	3.787		
		P13	20	30.2	2.0086	2.968		
		P21	20	30.8	2.0022	3.152		
		P22	20	28.6	2.0019	2.511		
		P23	20	33.3	2.0080	3.871		
		P31	20	30.9	2.0040	3.179		
		P32	20	31.1	2.0013	3.241		
		P33	20	28.1	2.0034	2.363		
		Pt	20	30.5	2.0036	3.063		

ตารางที่ ก.9 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T25	R1	P11	20	31.1	2.0037	3.237	10.05	11.13
		P12	20	31.7	2.0078	3.405		
		P13	20	30.7	2.0033	3.121		
		P21	20	28.7	2.0082	2.532		
		P22	20	31.9	2.0054	3.468		
		P23	20	29.0	2.0076	2.620		
		P31	20	30.5	2.0064	3.058		
		P32	20	30.3	2.0030	3.005		
		P33	20	29.4	2.0020	2.744		
		Pt	20	31.2	2.0032	3.267		
	R2	P11	20	29.3	2.0049	2.711	10.51	
		P12	20	32.5	2.0075	3.639		
		P13	20	32.5	2.0089	3.636		
		P21	20	30.8	2.0072	3.144		
		P22	20	29.2	2.0023	2.685		
		P23	20	30.2	2.0061	2.971		
		P31	20	30.8	2.0039	3.150		
		P32	20	31.0	2.0071	3.203		
		P33	20	32.0	2.0040	3.499		
		Pt	20	32.1	2.0010	3.534		
	R3	P11	20	29.1	2.0080	2.648	12.84	
		P12	20	28.5	2.0072	2.475		
		P13	20	29.3	2.0053	2.710		
		P21	20	28.2	2.0094	2.385		
		P22	20	30.2	2.0061	2.971		
		P23	20	28.0	2.0066	2.330		
		P31	20	29.2	2.0065	2.680		
		P32	20	32.2	2.0030	3.560		
		P33	20	30.8	2.0065	3.146		
		Pt	20	29.9	2.0031	2.888		

ตารางที่ ก.10 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (ml)	ปริมาณ NH_4SCN (ml)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T30	R1	P11	20	31.2	2.0058	3.263	7.40	6.71
		P12	20	31.4	2.0032	3.326		
		P13	20	30.1	2.0063	2.942		
		P21	20	33.1	2.0065	3.815		
		P22	20	30.2	2.0022	2.977		
		P23	20	31.5	2.0029	3.355		
		P31	20	30.4	2.0027	3.035		
		P32	20	30.8	2.0032	3.151		
		P33	20	31.6	2.0075	3.377		
		Pt	20	31.3	2.0058	3.292		
	R2	P11	20	30.2	2.0030	2.976	8.01	
		P12	20	31.4	2.0007	3.330		
		P13	20	30.1	2.0085	2.939		
		P21	20	32.3	2.0068	3.582		
		P22	20	30.2	2.0038	2.975		
		P23	20	31.1	2.0084	3.230		
		P31	20	30.4	2.0026	3.035		
		P32	20	29.8	2.0056	2.856		
		P33	20	31.6	2.0060	3.379		
		Pt	20	32.3	2.0086	3.579		
	R3	P11	20	28.7	2.0078	2.532	4.73	
		P12	20	29.2	2.0075	2.678		
		P13	20	28.8	2.0079	2.561		
		P21	20	29.4	2.0010	2.745		
		P22	20	29.1	2.0047	2.653		
		P23	20	29.1	2.0066	2.650		
		P31	20	28.9	2.0032	2.596		
		P32	20	29.1	2.0070	2.650		
		P33	20	30.2	2.0086	2.968		
		Pt	20	28.6	2.0091	2.502		

ตารางที่ ก.11 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	36.3	2.0012	4.76	32.50	25.14
		P12	20	36.5	2.0061	4.81		
		P13	20	42.5	2.0064	6.55		
		P21	40	60.3	2.0002	5.93		
		P22	20	42.4	2.0069	6.52		
		P23	40	78.2	2.0079	11.12		
		P31	20	36.4	2.0084	4.77		
		P32	20	35.1	2.0038	4.40		
		P33	40	58.4	2.0052	5.36		
		Pt	20	35.3	2.0018	4.47		
	R2	P11	20	32.2	2.0019	3.56	19.39	
		P12	20	30.3	2.008	3.00		
		P13	20	27.3	2.004	2.13		
		P21	20	30.7	2.0013	3.12		
		P22	20	28.8	2.0034	2.57		
		P23	20	34	2.0036	4.08		
		P31	20	28.6	2.001	2.51		
		P32	20	30.1	2.0015	2.95		
		P33	20	27.8	2.0059	2.27		
		Pt	20	29.6	2.003	2.80		
	R3	P11	20	32.2	2.001	3.56	23.55	
		P12	20	30.3	2.0057	3.00		
		P13	20	27.3	2.004	2.13		
		P21	20	30.7	2.0047	3.12		
		P22	20	28.8	2.0034	2.57		
		P23	20	36	2.0079	4.66		
		P31	20	29.6	2.0035	2.80		
		P32	20	30.1	2.0059	2.94		
		P33	20	27.8	2.0007	2.28		
		Pt	20	28.5	2.0038	2.48		

ตารางที่ ก.12 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T25	R1	P11	20	28.5	2.0002	2.48	10.1519	11.19682
		P12	20	29.7	2.0049	2.83		
		P13	20	29.6	2.008	2.79		
		P21	20	30.1	2.0065	2.94		
		P22	20	29.4	2.0054	2.74		
		P23	20	28.9	2.0003	2.60		
		P31	20	31.6	2.0002	3.39		
		P32	20	28.6	2.0085	2.50		
		P33	20	28.2	2.0025	2.39		
		Pt	20	28.8	2.0084	2.56		
	R2	P11	20	29.3	2.0045	2.71	12.15861	
		P12	20	27.3	2.0063	2.13		
		P13	20	29.3	2.0052	2.71		
		P21	20	30.8	2.0042	3.15		
		P22	20	29.4	2.0025	2.74		
		P23	20	29.6	2.0057	2.80		
		P31	20	31	2.005	3.21		
		P32	20	27.7	2.0086	2.24		
		P33	20	28.5	2.005	2.48		
		Pt	20	29.7	2.0002	2.83		
	R3	P11	20	30.4	2.0031	3.03	11.27994	
		P12	20	27.4	2.0042	2.16		
		P13	20	30.1	2.0024	2.95		
		P21	20	29.5	2.0074	2.77		
		P22	20	28.6	2.0071	2.50		
		P23	20	30.2	2.0073	2.97		
		P31	20	31.2	2.0018	3.27		
		P32	20	29.6	2.0008	2.80		
		P33	20	31.3	2.0079	3.29		
		Pt	20	29.6	2.0017	2.80		

ตารางที่ ก.13 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D1L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T30	R1	P11	20	33.1	2.0079	3.81	9.315296	7.708874
		P12	20	32.2	2.0082	3.55		
		P13	20	31.1	2.0023	3.24		
		P21	20	30.9	2.0035	3.18		
		P22	20	30.4	2.0007	3.04		
		P23	20	30.5	2.0002	3.07		
		P31	20	30.4	2.0093	3.02		
		P32	20	33.1	2.0074	3.81		
		P33	20	30.1	2.0076	2.94		
		Pt	20	31.1	2.007	3.23		
	R2	P11	20	25.5	2.0084	1.60	7.912978	
		P12	20	25.4	2.0025	1.58		
		P13	20	24.6	2.0075	1.34		
		P21	20	26	2.0088	1.75		
		P22	20	25.1	2.0065	1.49		
		P23	20	25.7	2.0044	1.66		
		P31	20	24.8	2.002	1.40		
		P32	20	25.3	2.0078	1.54		
		P33	20	24.9	2.0012	1.43		
		Pt	20	24.9	2.0008	1.43		
	R3	P11	20	29.6	2.0066	2.80	5.898349	
		P12	20	29.7	2.0081	2.82		
		P13	20	30.1	2.0034	2.95		
		P21	20	30.5	2.009	3.05		
		P22	20	29.7	2.0074	2.82		
		P23	20	28.5	2.0062	2.48		
		P31	20	29.1	2.0061	2.65		
		P32	20	28.9	2.0062	2.59		
		P33	20	29.6	2.001	2.80		
		Pt	20	29.1	2.0072	2.65		

ตารางที่ ก.14 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T10	R1	P11	20	32.6	2.0042	3.67	19.12	18.12
		P12	20	39.7	2.0028	5.75		
		P13	20	31.1	2.0052	3.24		
		P21	20	38.9	2.0034	5.51		
		P22	20	39.1	2.0067	5.56		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	37.3	2.0020	5.05		
		P32	20	33.1	2.0035	3.82		
		P33	20	34.2	2.0078	4.13		
		Pt	20	35.0	2.0018	4.38		
	R2	P11	20	29.1	2.0057	2.65	16.33	
		P12	20	32.3	2.0085	3.58		
		P13	20	29.3	2.0084	2.71		
		P21	20	33.4	2.0071	3.90		
		P22	20	30.6	2.0055	3.09		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	31.7	2.0058	3.41		
		P32	20	33.1	2.0015	3.82		
		P33	20	34.2	2.0027	4.14		
		Pt	20	35.0	2.0046	4.37		
	R3	P11	20	27.8	2.0026	2.28	18.91	
		P12	20	28.0	2.0051	2.33		
		P13	20	28.9	2.0057	2.59		
		P21	20	30.0	2.0085	2.91		
		P22	20	32.9	2.0084	3.75		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	29.1	2.0054	2.65		
		P32	20	32.3	2.0015	3.59		
		P33	20	28.3	2.0027	2.42		
		Pt	20	32.1	2.0046	3.53		

ตารางที่ ก.15 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T15	R1	P11	20	31.0	2.0045	3.21	17.29	16.46
		P12	20	29.7	2.0071	2.82		
		P13	20	32.1	2.0055	3.53		
		P21	20	33.4	2.0058	3.90		
		P22	20	29.8	2.0052	2.86		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	31.3	2.0056	3.29		
		P32	20	27.0	2.0071	2.04		
		P33	20	33.5	2.0063	3.93		
		Pt	20	31.6	2.0035	3.38		
	R2	P11	20	40.5	2.0092	5.96	15.63	
		P12	20	41.6	2.0064	6.29		
		P13	20	38.3	2.0068	5.33		
		P21	20	33.0	2.0049	3.79		
		P22	20	41.7	2.0039	6.33		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	35.9	2.0078	4.63		
		P32	20	36.8	2.0073	4.89		
		P33	20	38.0	2.0020	5.25		
		Pt	20	42.0	2.0011	6.42		

ตารางที่ ก.16 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L1

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	32.6	2.0042	3.67	10.16	9.56
		P12	20	30.7	2.0028	3.12		
		P13	20	32.1	2.0052	3.53		
		P21	20	33.9	2.0034	4.05		
		P22	20	35.1	2.0067	4.40		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	34.3	2.0020	4.17		
		P32	20	33.1	2.0035	3.82		
		P33	20	34.2	2.0078	4.13		
		Pt	20	35.0	2.0018	4.38		
	R2	P11	20	37.3	2.0025	5.05	8.95	
		P12	20	34.0	2.0024	4.09		
		P13	20	34.8	2.0007	4.32		
		P21	20	33.0	2.0021	3.79		
		P22	20	35.6	2.0048	4.55		
		P23	20	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง	ไม่มีตัวอย่าง		
		P31	20	34.1	2.0039	4.11		
		P32	20	32.7	2.0028	3.71		
		P33	20	35.1	2.0077	4.40		
		Pt	20	34.5	2.0017	4.23		

ตารางที่ ก.17 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	32.0	2.0025	3.50	16.79	17.21
		P12	20	30.8	2.0094	3.14		
		P13	20	38.4	2.0089	5.35		
		P21	20	34.1	2.0094	4.10		
		P22	20	37.1	2.0019	4.99		
		P23	20	33.2	2.0075	3.84		
		P31	20	35.6	2.0080	4.54		
		P32	20	32.0	2.0065	3.50		
		P33	20	37.1	2.0026	4.99		
		Pt	20	36.0	2.0027	4.67		
	R2	P11	20	36.8	2.0084	4.89	17.63	
		P12	20	32.6	2.0029	3.68		
		P13	20	32.0	2.0014	3.50		
		P21	20	30.8	2.0077	3.14		
		P22	20	38.4	2.0002	5.38		
		P23	20	34.0	2.0014	4.09		
		P31	20	32.3	2.0090	3.58		
		P32	20	34.4	2.0025	4.20		
		P33	20	37.0	2.0075	4.95		
		Pt	20	31.7	2.0052	3.41		

ตารางที่ ก.18 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T25	R1	P11	20	34.3	2.0031	4.17	14.69	15.56
		P12	20	38.1	2.0089	5.27		
		P13	20	34.7	2.0009	4.29		
		P21	20	31.8	2.0018	3.44		
		P22	20	37.1	2.0033	4.99		
		P23	20	34.8	2.0037	4.32		
		P31	20	36.0	2.0069	4.66		
		P32	20	37.6	2.0009	5.14		
		P33	20	31.8	2.0019	3.44		
		Pt	20	32.7	2.0075	3.70		
	R2	P11	20	34.8	2.0080	4.31	16.43	
		P12	20	29.0	2.0051	2.62		
		P13	20	33.1	2.0053	3.82		
		P21	20	35.3	2.0035	4.46		
		P22	20	31.0	2.0046	3.21		
		P23	20	35.1	2.0070	4.40		
		P31	20	34.5	2.0011	4.23		
		P32	20	30.5	2.0020	3.07		
		P33	20	32.3	2.0029	3.59		
		Pt	20	31.4	2.0065	3.32		

ตารางที่ ก.19 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L2

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T30	R1	P11	20	42.5	2.0068	6.55	12.95	12.04
		P12	20	36.8	2.0013	4.91		
		P13	20	41.7	2.0059	6.32		
		P21	20	42.7	2.0049	6.62		
		P22	20	41.2	2.0059	6.18		
		P23	20	37.8	2.0031	5.19		
		P31	20	40.8	2.0089	6.05		
		P32	20	37.4	2.0071	5.07		
		P33	20	35.2	2.0022	4.44		
		Pt	20	38.0	2.0025	5.25		
	R2	P11	20	40.7	2.0063	6.03	11.12	
		P12	20	43.4	2.0094	6.81		
		P13	20	41.2	2.0089	6.17		
		P21	20	42.6	2.0094	6.57		
		P22	20	41.6	2.0064	6.29		
		P23	20	44.2	2.0082	7.04		
		P31	20	42.4	2.0068	6.52		
		P32	20	38.2	2.0080	5.30		
		P33	20	37.5	2.0030	5.11		
		Pt	20	37.3	2.0044	5.04		

ตารางที่ ก.20 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T20	R1	P11	20	27.5	2.0053	2.186	20.24	21.86
		P12	20	27.3	2.0015	2.131		
		P13	20	27.8	2.0013	2.278		
		P21	20	26.9	2.0054	2.011		
		P22	20	28.1	2.0089	2.356		
		P23	20	27.8	2.0014	2.278		
		P31	20	32.7	2.0029	3.706		
		P32	20	28.7	2.0047	2.536		
		P33	20	31.0	2.0018	3.211		
		Pt	20	28.1	2.0009	2.366		
	R2	P11	20	35.5	2.0035	4.521	23.47	
		P12	20	28.8	2.0005	2.571		
		P13	20	35.8	2.0089	4.596		
		P21	20	28.7	2.0052	2.536		
		P22	20	31.0	2.0019	3.211		
		P23	20	31.9	2.0024	3.473		
		P31	20	37.3	2.0010	5.053		
		P32	20	36.4	2.0052	4.780		
		P33	20	35.7	2.0076	4.570		
		Pt	20	31.0	2.0063	3.204		

ตารางที่ ก.21 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T25	R1	P11	20	28.4	2.0083	2.444	17.83	15.98
		P12	20	29.5	2.0048	2.769		
		P13	20	28.3	2.0061	2.418		
		P21	20	27.6	2.0091	2.211		
		P22	20	32.7	2.0069	3.698		
		P23	20	26.5	2.0009	1.898		
		P31	20	29.7	2.0065	2.825		
		P32	20	30.5	2.0054	3.060		
		P33	20	29.9	2.0061	2.884		
		Pt	20	30.7	2.0017	3.124		
	R2	P11	20	36.2	2.0014	4.730	14.13	
		P12	20	39.2	2.0064	5.592		
		P13	20	40.2	2.0068	5.882		
		P21	20	38.6	2.0078	5.414		
		P22	20	34.0	2.0048	4.081		
		P23	20	39.1	2.0019	5.576		
		P31	20	37.4	2.0023	5.078		
		P32	20	41.1	2.0076	6.142		
		P33	20	39.1	2.0016	5.577		
		Pt	20	44.5	2.0021	7.151		

ตารางที่ ก.22 ผลการหาค่าเกลือและค่า CV ที่ตำแหน่ง D2L3

เวลา	การทำซ้ำ	ตำแหน่ง	ปริมาณ $AgNO_3$ (มล.)	ปริมาณ NH_4SCN (มล.)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เกลือ (%)	CV (%)	CV เฉลี่ย (%)
T30	R1	P11	20	32.7	2.0002	3.711	12.08	12.08
		P12	20	31.4	2.0063	3.321		
		P13	20	31.1	2.0049	3.235		
		P21	20	29.8	2.0062	2.855		
		P22	20	32.8	2.0077	3.726		
		P23	20	31.1	2.0076	3.231		
		P31	20	28.2	2.0067	2.388		
		P32	20	32.7	2.0079	3.696		
		P33	20	31.3	2.0038	3.296		
		Pt	20	32.0	2.0034	3.500		

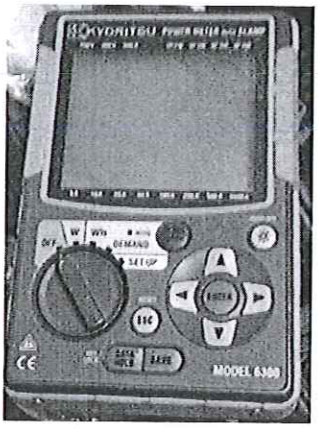
ตารางที่ ก.23 ตารางบันทึกผลการทดลองของ D1

ทิศทาง	ระดับ	เวลา	ทำซ้ำ	เวลาที่ใช้ในการโหลด	เวลาในการนำอาหารออก	การตกค้าง (กิโลกรัม)	การตกค้าง (%)	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
D1	L1	T10	R1	1.39	1.42	0.6	1.2	0.096
			R2	1.28	2.56	0.65	1.3	0.101
			R3	0.93	1.56	0.6	1.2	0.096
		T15	R1	0.51	0.32	0.6	1.2	0.091
			R2	0.47	0.41	0.58	1.16	0.092
			R3	0.39	1.05	0.47	0.94	0.098
		T20	R1	1.39	1.08	0.6	1.2	0.092
			R2	1.38	2.06	0.65	1.3	0.090
			R3	1.06	1.28	0.5	1	0.087
D1	L2	T20	R1	3.55	2.29	0.6	0.8	0.101
			R2	5.48	2.41	0.65	0.867	0.095
			R3	3.28	2.27	0.55	0.733	0.094
		T25	R1	1.06	0.36	0.58	0.773	0.091
			R2	1.03	1.2	0.54	0.72	0.095
			R3	1.34	0.38	0.55	0.733	0.097
		T30	R1	2.28	2.35	0.65	0.867	0.092
			R2	1.32	2.25	0.6	0.8	0.093
			R3	1.06	2.21	0.55	0.733	0.092
D1	L3	T20	R1	5.48	6.42	0.5	0.5	0.109
			R2	4.22	3.17	0.6	0.6	0.116
			R3	3.16	2.15	0.6	0.6	0.103
		T25	R1	2.14	1.45	0.54	0.54	0.104
			R2	1.05	1.27	0.54	0.54	0.102
			R3	2.18	1.18	0.59	0.59	0.098
		T30	R1	2.34	3.21	0.6	0.6	0.102
			R2	1.33	2.36	0.55	0.55	0.107
			R3	2.1	1.3	0.55	0.55	0.103

ตารางที่ ก.24 ตารางบันทึกผลการทดลองของ D2

ทิศทาง	ระดับ	เวลา	ทำซ้ำ	เวลาที่ใช้ในการโหลด	เวลาในการนำอาหารออก	การตกค้าง (กิโลกรัม)	การตกค้าง (%)	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
D2	L1	T10	R1	0.48	0.37	0.5	1	0.107
			R2	0.35	0.35	0.55	1.1	0.102
			R3	0.37	0.39	0.58	1.16	0.131
		T15	R1	0.28	0.44	0.61	1.22	0.090
			R2	0.4	0.49	0.62	1.24	0.098
		T20	R1	0.49	0.28	0.53	1.06	0.103
			R2	0.38	0.55	0.66	1.32	0.088
D2	L2	T20	R1	0.5	0.36	0.55	0.733	0.106
			R2	0.57	0.38	0.56	0.747	0.105
		T25	R1	0.47	0.52	0.45	0.6	0.092
			R2	0.36	0.46	0.62	0.827	0.098
		T30	R1	0.46	1.14	0.68	0.907	0.103
			R2	0.37	0.52	0.6	0.8	0.088
D2	L3	T20	R1	0.54	1	0.58	0.58	0.102
			R2	0.58	1.35	0.52	0.52	0.094
		T25	R1	1.1	1.23	0.57	0.57	0.093
			R2	1.25	1.04	0.64	0.64	0.093
		T30	R1	1.02	0.49	0.58	0.58	0.092
			R2	1.2	0.54	0.58	0.58	0.091

ภาคผนวก ค
อุปกรณ์เก็บข้อมูล



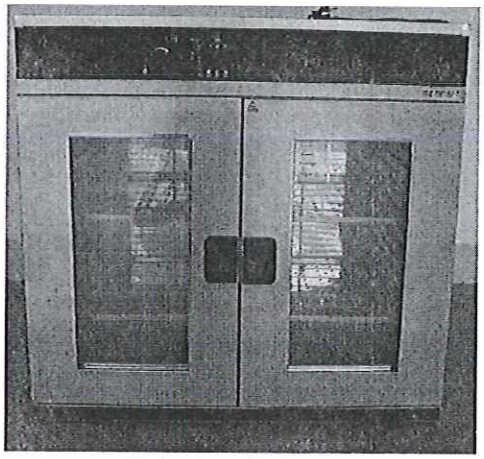
รูปที่ ค1. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Digital Power Meter) รุ่น 6300

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

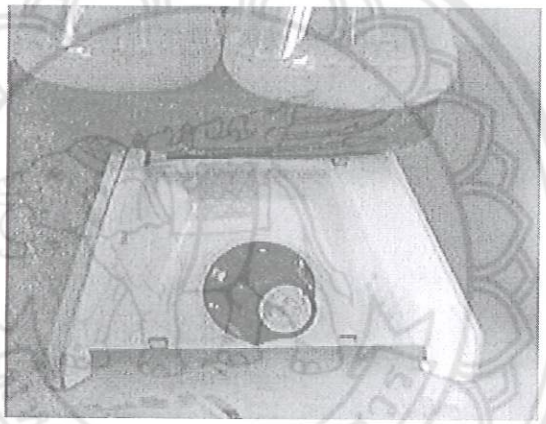
รูปที่ ค2. เครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

เป็นเครื่องผสมชนิดรูปแบบถังแนวนอน (horizontal mixer) ที่กำพล และคณะ[1] ทำการออกแบบและสร้างขึ้น เครื่องดังกล่าวถูกใช้งานเพื่อผสมอาหารสัตว์ที่คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ใบสกรูเป็นแบบเกลียวคู่และวางตัวในทิศทางตรงกันข้าม ใบสกรูหมุนด้วยความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที และสารมารถเลือกทิศทางการหมุนได้ 2 ทิศทาง ถังผสมกว้าง 430 มิลลิเมตร ยาว 970 มิลลิเมตร และสูง 520 มิลลิเมตร ขนาดของใบสกรูมี 2 ขนาด คือ ใบสกรูชั้นนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 408 มิลลิเมตร และใบสกรูชั้นในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 240 มิลลิเมตร



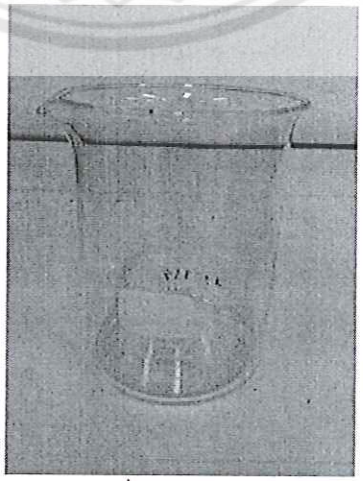
รูปที่ ค3. เครื่องอบแห้ง

หลักการ คือให้อากาศไหลผ่านขดลวดความร้อนภายในตู้เพื่อลดความชื้น

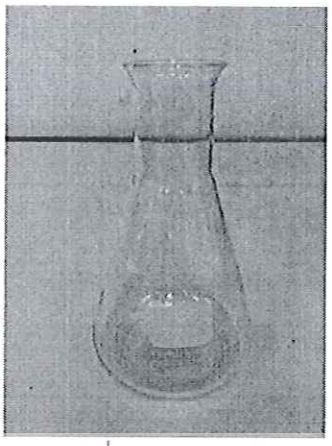


รูปที่ ค4. แผ่นร้อน (hot plate)

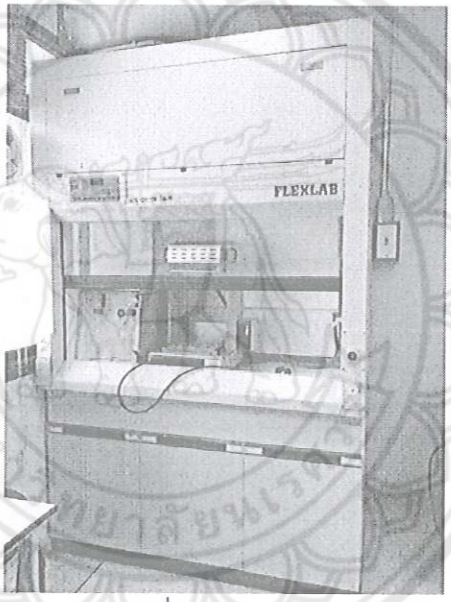
หลักการ คือการใช้กระแสไฟฟ้าให้ความร้อนโดยการนำความร้อน



รูปที่ ค5. บีกเกอร์



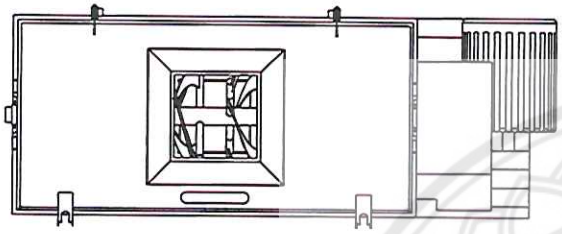
รูปที่ ค6. ขวดชมพู่

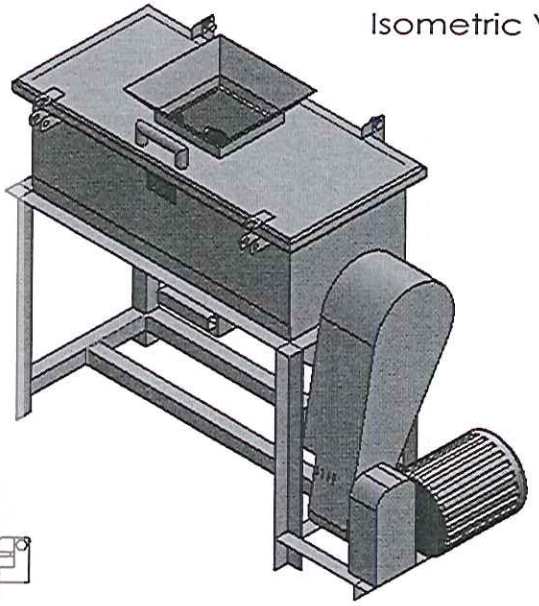


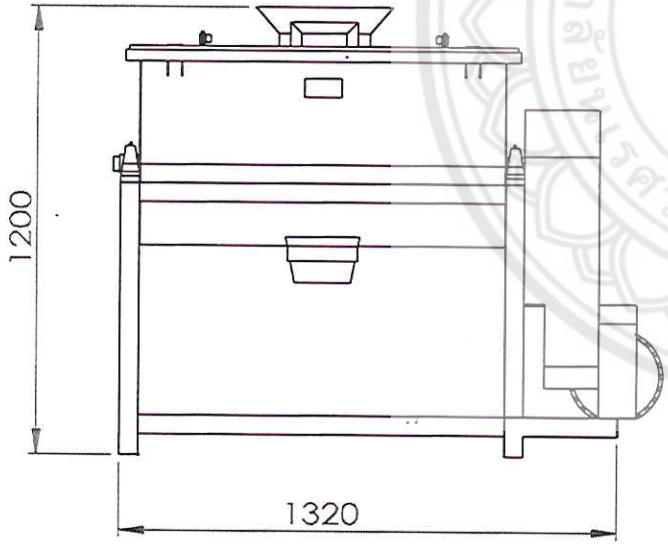
รูปที่ ค7. ตู้ดูดควัน

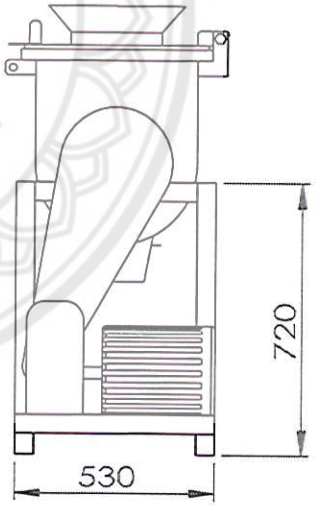
ภาคผนวก ง
แบบเครื่องผสมอาหารสัตว์ขนาด 50 กิโลกรัม

Isometric View



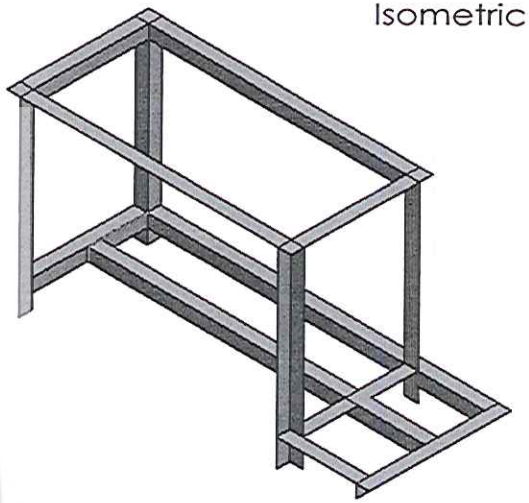


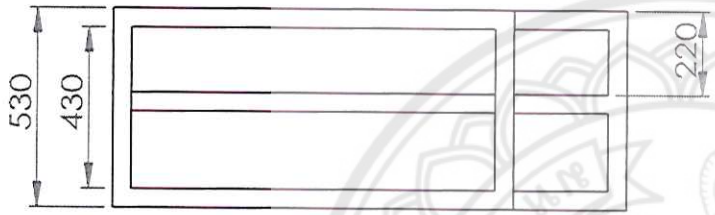


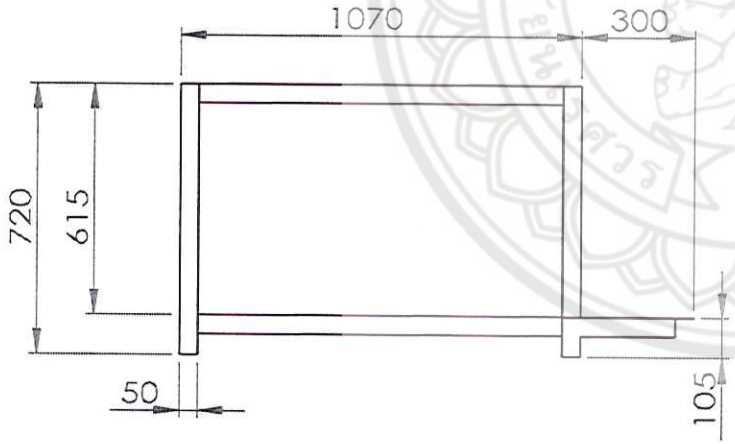


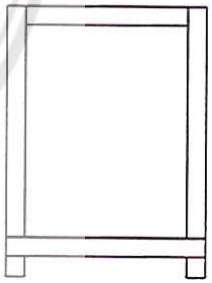
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : FEED MIXER	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 20

Isometric View



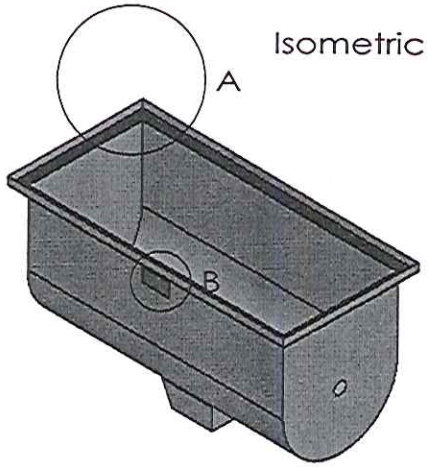






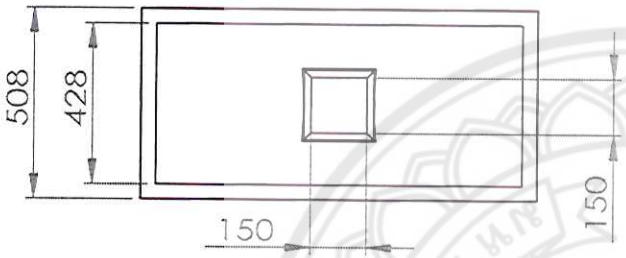
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : BASE	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 20

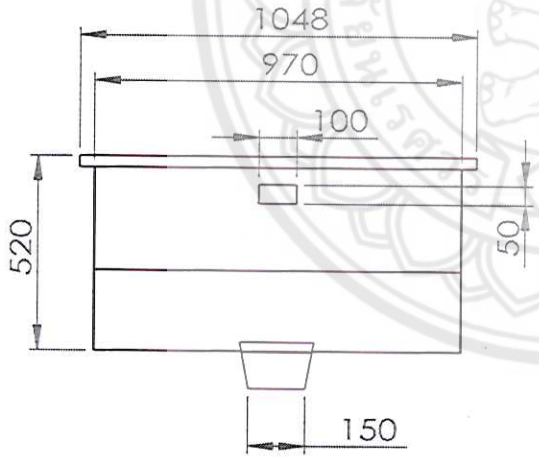
DETAIL A
SCALE 1 : 10

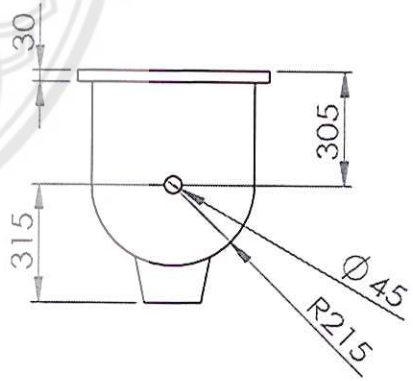


Isometric View

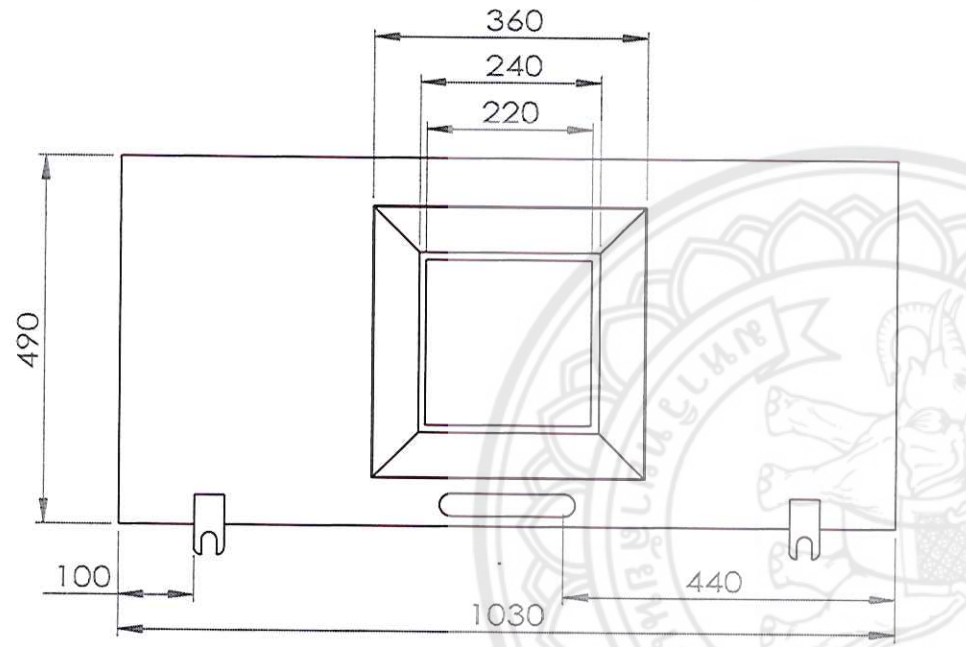
DETAIL B
SCALE 1 : 10



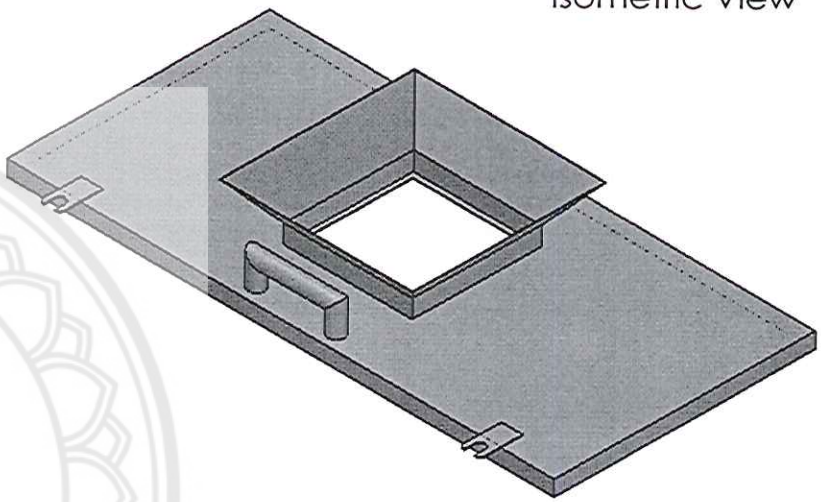


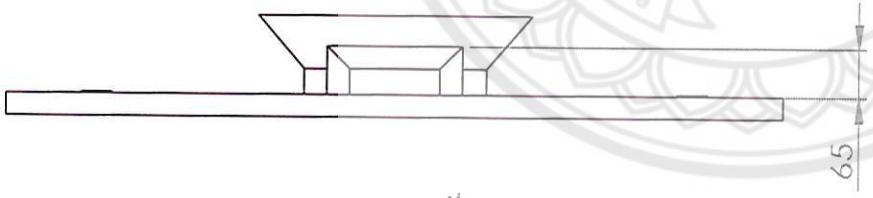


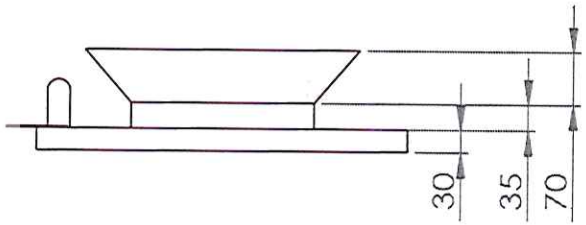
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : BUCKET	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 20



Isometric View

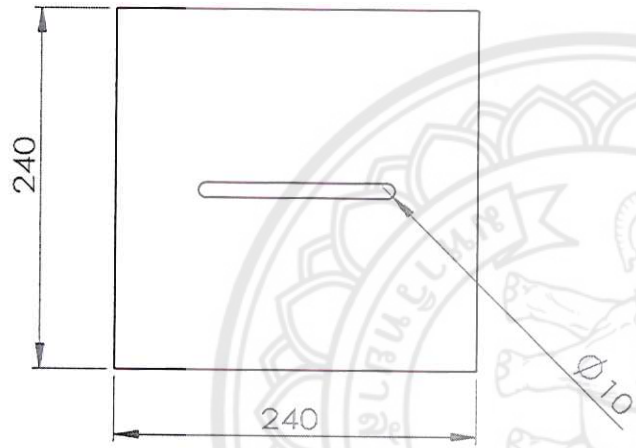


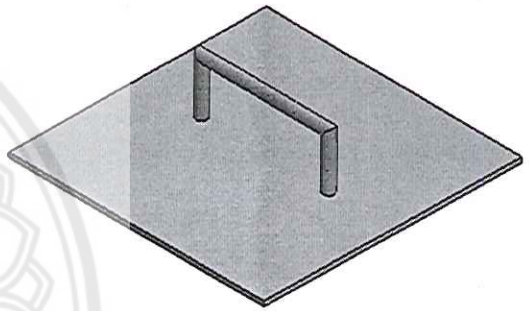


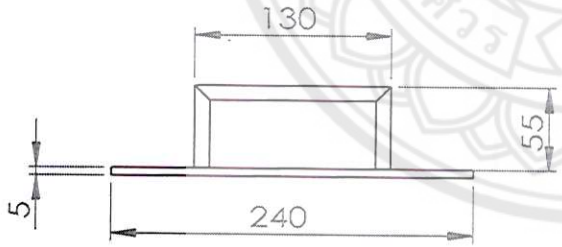


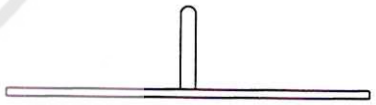
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : COVER	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10

Isometric View



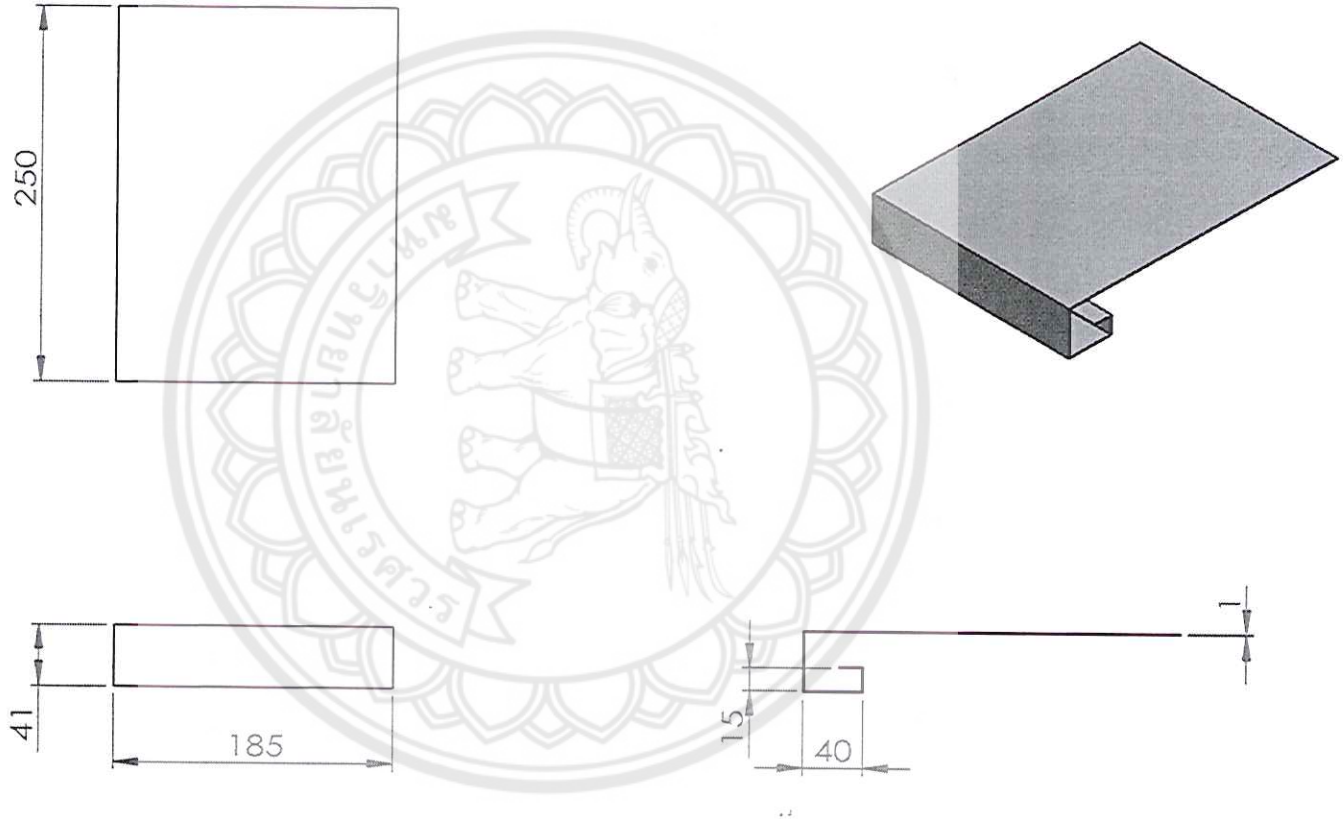






FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : TOP COVER	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

Isometric View

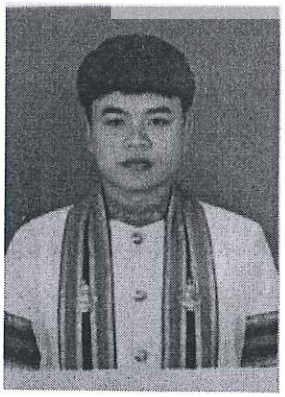


FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 1	
	Project : Testing	
	Check : K.RATTANA	
Drawing Name : BOTTOM COVER	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

ประวัติผู้เขียน

1. นายอกนิษฐ์ อ่อนธานี รหัสนิสิต 54360919
วันเดือนปีเกิด 18 พฤษภาคม 2535
บ้านเลขที่ 830 ถ.ศรีอุทัย ต.อุทัยใหม่ อ.เมือง จ.อุทัยธานี 61000
ประวัติการศึกษา
ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 จากโรงเรียนอุทัยวิทยาคม
ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

2. นายบัญชา มังคลาด รหัสนิสิต 54363293
วันเดือนปีเกิด 27 พฤศจิกายน 2535
บ้านเลขที่ 249/4 ม.2 ต.เวียง อ.เชียงของ จ.เชียงราย 57140
ประวัติการศึกษา
ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเชียงของวิทยาคม
ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล



3. นายอัมพล พลิกศรี รหัสนิสิต 54363576
วันเดือนปีเกิด 9 เมษายน 2536
บ้านเลขที่ 19/100 ม.4 ต.วัดจันทร์ ถ.บึงพระจันทร์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
ประวัติการศึกษา
ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล