



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การออกแบบเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด
FORAGE CHOPPER DESIGN

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปี 2543

จำนวน 72,500 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

ผู้ร่วมโครงการ -

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 9 พฤศจิกายน 2544

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการโครงการวิจัย การออกแบบเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด ขอขอบคุณ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2543

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร แห่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้ให้ความ
อนุเคราะห์ในเรื่องการเบิกจ่ายเงินอุดหนุนและงานเอกสารต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมช ศีตะโกเศศ ที่ได้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับพืชอาหารสัตว์



สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทคัดย่อ	1
Abstract	1
บทที่ 1 บทนำ	2
1.1 คำนำ	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
2.1 การปลูกกระถินสำหรับเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย	5
2.2 การจำแนกกลุ่มของกระถิน	6
2.3 คุณค่าทางอาหารของกระถิน	6
2.4 การใช้ประโยชน์จากกระถิน	7
2.5 แรงที่ให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน	8
2.6 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ	9
2.7 การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะกับวัตถุประสงค์	9
2.8 ความหมายและชนิดของการตัด	10
2.9 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	11
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	14
3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกิ่งอ่อนของกระถิน	14
3.2 รายละเอียดของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	14

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการ	18
4.1 อุปกรณ์	18
4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับ	18
4.3 การทดสอบหาความสามารถในการสับกึ่งอ่อนกระถิน	20
4.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	21
บทที่ 5 ผลการทดสอบและวิจารณ์	22
5.1 ผลการทดสอบหาถึงอ่อนกระถินหลังการสับกับความเร็วรอบหัวสับที่เหมาะสม	22
5.2 ผลการทดสอบหาความสามารถในการสับและวิเคราะห์คุณภาพหลังการสับ	25
บทที่ 6 สรุป	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	31
ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบ	32
ภาคผนวก ข. ลักษณะกึ่งอ่อนกระถินหลังการสับ	37
ภาคผนวก ค. ภาพเขียนเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลผลิตกระถิน 10 พันธุ์ที่อำเภอบางละมุง	5
2.2 คุณค่าทางอาหารของกระถินพันธุ์ต่าง ๆ	7
2.3 คุณสมบัติของวัสดุและชนิดของวิธีการทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน	8
5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยท่อน	24
5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยน้ำหนักร	25
5.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดระหว่างการป้อนที่ละกิ่ง แล้วนำวิเคราะห์กับการป้อนตามการทำงานจริง	26
5.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสับ	27
ก.1 ผลของความเร็วยรอบหัวสับกับช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ กิ่งกระถินที่ไม่ได้แตกและได้ขนาด โดยท่อน	33
ก.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยท่อน	34
ก.3 ผลของความเร็วยรอบหัวสับกับช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ กิ่งกระถินที่ไม่ได้แตกและได้ขนาด โดยน้ำหนัก	35
ก.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด โดยน้ำหนัก	36

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบพื้นฐานและการเคลื่อนที่ในการตัด	11
2.2	หัวลับ	12
3.1	เครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	15
3.2	หัวลับ	15
3.3	สายพานป้อนวัสดุและลูกกลิ้งป้อนวัสดุ	15
3.4	ช่องปล่อยวัสดุ	17
3.5	ระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังหัวลับ	17
3.6	ระบบส่งกำลังจากหัวลับไปยังชุดป้อนวัสดุ	17
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์กึ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด(โดยท่อน) กับความเร็วยรอบหัวลับที่ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งอ่อนกระถิน	23
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์กึ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด(โดยน้ำหนัก) กับความเร็วยรอบหัวลับที่ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งอ่อนกระถิน	24
ข1	ลักษณะกึ่งอ่อนกระถินหลังการลับ	38
ค1	รูปสามมิติของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	40
ค2	รูปด้านหน้าของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	41
ค3	รูปด้านบนของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	42
ค4	รูปด้านข้างของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	43
ค5	รูปแสดงส่วนประกอบของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด	44

การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

FORAGE CHOPPER DESIGN

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

BANDIT HIRUNSTITPORN

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด มีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดหัวสับ และชุดป้อนวัสดุ โดยชุดหัวสับเป็นทรงกระบอก(Cylinder type) ติดใบมีดจำนวน 4 ใบ ความกว้างในการสับ 300 มิลลิเมตร ส่วนชุดป้อนวัสดุ ประกอบด้วยสายพานป้อนวัสดุ ลูกกลิ้งป้อนวัสดุ และแท่นด้านทานการตัด ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า

จากการทดสอบโดยใช้กิ่งอ่อนกระถินเป็นวัสดุทดสอบ พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 250 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุดเฉลี่ย 92.25 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 91.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ความสามารถในการสับมีค่าเฉลี่ย 125.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Abstract

A forage chopper mainly consisted of cutter head set and feeding set. The cylinder-typed cutter head was equipped with 4 knife blades and a chopping width of 300 mm. The feeding set consisted of conveyor belt, rubber roller and counter shear. A 1 horse power electric motor is used as the power source.

The results showed that the optimum speed was 250 rpm yielding the right size and quality of legume approximately 92.25 % (by piece) and 91.26 % (by weight). The capacity of forage chopper was 125.4 kilogram per hour on average.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

การผลิตโคเนื้อและโคนมเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และการส่งออกมีอัตราเพิ่มขึ้นตามสถิติการเพิ่มของประชากรโลก จากสถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/2541 พบว่าความต้องการโคเนื้อเพื่อการบริโภคภายในประเทศมีอัตราเพิ่มขึ้นจาก 632,059 ตัว เป็น 928,225 ตัว ระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึงปี พ.ศ. 2541 และมีการผลิตโคนมเพิ่มขึ้นจาก 142,752 ตัว เป็น 162,706 ตัว ระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึงปี พ.ศ. 2541 ดังนั้นเมื่อการผลิตมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความต้องการอาหารโคที่มี คุณภาพในปริมาณสูงจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงสัตว์คือ ปัจจัยทางด้านอาหาร เพราะเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความสามารถทางพันธุกรรมของสัตว์ในการให้ผลผลิตแก่มนุษย์ เช่น การเจริญเติบโต การให้น้ำนม และการออกไข่ เป็นต้น

ในการผลิตโคนมนั้น ปัจจัยทางด้านอาหารจะยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากอาหารมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนม ถ้าโคนมได้รับอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการหรือได้รับสารอาหารไม่พอแล้ว จะทำให้ปริมาณน้ำนมและคุณภาพของน้ำนมต่ำลง ซึ่งคุณภาพของน้ำนมที่ต่ำลงนี้มีผลต่อราคาขายที่ต่ำลงด้วย อาหารของโคนมจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อาหารข้น เป็นอาหารที่เป็นแหล่งของโภชนาที่เข้มข้นเช่นเดียวกับอาหารของสัตว์ปีกและ สุนัข อาหารข้น ได้แก่ เมล็ดข้าวโพด มันเส้น ปลาป่น เป็นต้น อาหารข้นนี้มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง หรือเรียกอีกอย่างว่า อาหารเสริม เมื่อโคกินเข้าไปแล้วจะสามารถย่อยได้ในปริมาณที่สูง และมีกากหรือเยื่อใยต่ำ

2. อาหารหยาบ เป็นอาหารที่เป็นแหล่งของเยื่อใยที่จะมีผลให้กระบวนการเมตาไลซึมในร่างกาย สัตว์เป็นไปโดยปกติ อาหารหยาบโดยทั่วไปเป็นพืชตระกูลหญ้าและพืชตระกูลถั่วซึ่งเป็นอาหารที่มีกากใยค่อนข้างสูงแต่มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ อาหารหยาบนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงจะต้องปลูกขึ้นเอง หรือจัดหามาเอง เพราะยังไม่มีจำหน่ายแพร่หลายเหมือนอาหารข้น

ปัญหาหนึ่งในการผลิตอาหารหยาบของเกษตรกรคือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในฤดูแล้ง ซึ่งเป็นที่ตระหนักกันดีมาช้านานในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ เกษตรกรได้มีความพยายามแก้ไขหรือลดความขาดแคลน โดยวิธีการดังต่อไปนี้ คือ

1. การนำวัสดุเศษเหลือจากการปลูกพืช (Crop residues) มาใช้เป็นอาหารสัตว์ในยามขาดแคลนซึ่งเป็นทางออกของเกษตรกรมาช้านานเช่นกัน หลายๆ ท้องถิ่นในฤดูแล้งจะใช้ฟางข้าวเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปเป็นอาหารหลักของโคกระบือ แต่เนื่องจากฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำโดยเฉพาะโปรตีน และการย่อยได้ของโคชนะต่ำ จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวเพื่อให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ซึ่งวิธีที่ได้รับความสนใจแพร่หลาย ได้แก่ การหมักฟางแห้งด้วยปุ๋ยยูเรีย

2. การใช้พืชตระกูลถั่ว มีพืชตระกูลถั่วหลายชนิดที่สามารถให้ผลผลิตได้ดี และ สัตว์ชอบกิน เช่น กระถิน (*Leucaena leucocephala*) และ ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) กระถินนับว่าได้รับความนิยมนำมาเป็นอาหารสัตว์เคียงเคียงกันมาก เพราะเป็นพืชตระกูลถั่วยืนต้นที่มีใบมาก และสัตว์ชอบกินทั้งยังช่วยแก้ปัญหาอาหารหญ้าขาดแคลน หรือเพิ่มโปรตีนในอาหารหญ้าได้เป็นอย่างดี กระถินมีคุณสมบัติเหมาะสมหลายประการดังนี้

- ก. ใบและกิ่งอ่อนมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง
- ข. ทนแล้ง สามารถให้ใบและกิ่งได้ตลอดปี
- ค. จัดการดูแลง่าย
- ง. เป็นพืชเอนกประสงค์ เช่น ปลูกทำเป็นรั้ว แนวกันลม ทำฟืน ยอดอ่อนและเมล็ดนำมาใช้เป็นอาหารของคนได้

ใบและกิ่งอ่อนของกระถินมีความน่ากินสูงเพราะมีส่วนประกอบของโปรตีนรวมและกรดอะมิโน ต่าง ๆ ใกล้เคียงกับหญ้าอัลฟาฟ่า (Alfalfa) แต่ใบกระถินจะมีแทนนิน (Tannin) ประมาณ 10% ซึ่งสูงกว่าที่มีในอัลฟาฟ่า การที่มีแทนนินสูงมีข้อได้เปรียบคือ ทำให้สัตว์ที่กินใบกระถินไม่เกิดอาการท้องอืดได้ง่าย (บุญเสริม, 2531)

การใช้กิ่งอ่อนของกระถินเป็นอาหารสัตว์จำเป็นต้องมีการลดขนาดหรือสับให้มีขนาดสั้นลงเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น เกษตรกรมักใช้มีดหั่นกิ่งกระถินซึ่งก่อให้เกิดความเมื่อยล้าและทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำ

เครื่องลดขนาดที่มีใช้ในปัจจุบันเมื่อนำมาสับกิ่งกระถิน พบว่าเกิดปัญหาคือกิ่งกระถินแตกแล้วทำให้เกิดกลิ่นเหม็นทำให้โคกินอาหารได้น้อยลงและยังเก็บรักษาไม่ได้นานอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด โดยเมื่อทำการลับแล้วจะมีลักษณะเป็นท่อนๆ ไม่แตก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการดำเนินการวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด โดยใช้กิ่งกระถินอ่อนเป็นพืชทดสอบหลัก

1.4 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

เวลาในการทำวิจัยตั้งแต่ 29 กุมภาพันธ์ 2543 ถึง 9 ตุลาคม 2544 สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องลับพืชอาหารสัตว์สดที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และพืชอาหารสัตว์สดที่ถูกลับมีลักษณะเป็นท่อนๆ ไม่แตก ซึ่งจะลดการสูญเสียธาตุอาหารและทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การปลูกกระถินสำหรับเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

กระถินเป็นพืชตระกูลถั่วซึ่งมีประโยชน์ต่อมนุษย์มากชนิดหนึ่งและเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ทั้งยังเป็นพืชที่มีคุณค่ามาเป็นเวลานานนับพัน ๆ ปีมาแล้ว สามารถพบได้ทั่วไปในภูมิภาคเขตร้อน กระถินเป็นไม้พุ่มที่มีกิ่งก้านสาขามากมาย มีความสูงตั้งแต่ 5 เมตร ไปจนถึงสูงมากกว่า 20 เมตร (บุญพร้อม, 2526)

ในปัจจุบันนี้กระถินได้กลับมาเป็นที่สนใจของบุคคลหลายอาชีพโดยเฉพาะนักเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้เพราะกระถินมีคุณสมบัติโตเร็วและกระถินที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะถูกนำมาเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา รายละเอียดของกระถินพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูก จำนวนผลผลิตและคุณค่าทางอาหารที่จำเป็น แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตกระถิน 10 พันธุ์ที่อำเภอปากช่อง

พันธุ์	ความสูง (ซม.)	ผลผลิตใบแห้ง (กก./ไร่/ปี)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
ออสเตรเลีย	268.5	536.3	22.0	2.5	0.15
พื้นเมือง	179.3	447.3	21.9	2.8	0.16
ไอวอรีโคสต์	364.6	1,510.0	21.2	2.4	0.15
เอลซาวาดอร์	344.8	93.2	21.5	3.0	0.14
นิวกินี 70	316.3	763.1	23.8	2.6	0.15
นิวกินี 71	246.9	841.8	23.3	3.2	0.14
นิวกินี 72	248.9	655.7	21.6	2.8	0.15
ไต้หวัน	201.5	476.1	21.1	2.9	0.14
ฮาวาย	347.1	1,311.2	21.0	3.0	0.13
โคลัมเบีย	161.1	303.4	20.7	3.2	0.13

หมายเหตุ : ความสูงวัดเมื่ออายุ 1 ปี

ที่มา : ชาญชัย มณีดุลย์, 2526.

2.2 การจำแนกกลุ่มของกระถิน

กระถินมีพันธุ์ที่แตกต่างกันหลายพันธุ์ ตั้งแต่ต้นเล็กสูงไม่กี่เมตรจนถึงต้นสูงประมาณ 20 เมตร ดังนั้นเพื่อป้องกันการสับสน นักวิชาการทางพันธุ์พืชได้จำแนกกระถินเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (ชาญชัย, 2526)

2.2.1 กลุ่มสาววาย

กลุ่มนี้เป็นต้นไม้เตี้ย สูงประมาณ 5 เมตร ผลิตดอกตลอดทั้งปี ติดเมล็ดดี เมล็ดมีขนาดเล็ก เปลือกไม้ลำต้นสีน้ำตาลปนเทาหรือน้ำตาลดำ กระถินพื้นเมืองของไทยสันนิษฐานว่าเป็นพันธุ์ไม้ในกลุ่มเดียวกันนี้

2.2.2 กลุ่มชาวาดอร์

กลุ่มนี้เรียกว่า กระถินยักษ์ มีขนาดใหญ่ ลำต้นสูง 20 เมตร ฝักและเมล็ดใหญ่กว่ากลุ่มแรก สีของเปลือกไม้ลำต้นมีสีน้ำตาลปนเหลือง โตเร็ว เหมาะสำหรับใช้ปลูกป่า

2.2.3 กลุ่มเปรู

ความสูงอยู่ระหว่างกึ่งกลางระหว่างกลุ่มแรกกับกลุ่มสอง ต้นโต มีความสูงประมาณ 15 เมตร แต่ข้อแตกต่างที่สำคัญคือ แตกกิ่งก้านมาก มีใบดก เหมาะสำหรับปลูกเก็บใบเป็นอาหารสัตว์

ในปัจจุบันพันธุ์กระถินที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ ได้มีการผสมพันธุ์ใหม่ ๆ เพื่อให้ผลผลิตสูงและสารไมโมซินต่ำ พันธุ์ที่เด่นในปัจจุบันคือ ลูกผสมคั่นนิ่งแฮมจากออสเตรเลียเป็นการผสมระหว่างพันธุ์เปรูกับพันธุ์ชาวาดอร์ จะให้ผลผลิตใบแห้งมากกว่าพันธุ์เปรูเดิมถึง 50 %

2.3 คุณค่าทางอาหารของกระถิน

ในการเลี้ยงสัตว์นั้น นอกจากการมีพันธุ์สัตว์ที่ดี การจัดการที่ดี และการตลาดที่ดีจะเป็นปัจจัยที่สำคัญช่วยให้การเลี้ยงสัตว์ประสบความสำเร็จแล้ว อาหารสัตว์ก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งผู้เลี้ยงสัตว์ทั่ว ๆ ไปต้องให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากอาหารสัตว์เป็นต้นทุนหลักที่มีมูลค่าสูงที่สุดในการเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นหากสามารถลดต้นทุนส่วนนี้ลงได้บ้างก็จะเป็นการช่วยให้เกษตรกรมีโอกาสได้กำไรมากขึ้น

ปัจจุบันพืชอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในหน้าแล้งมักเกิดปัญหาการขาดแคลนอยู่เสมอ เกษตรกรจึงพยายามนำผลพลอยได้จากการเกษตรมาเป็นอาหารสัตว์ เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด

ต้นถั่วเหลือง เป็นต้น แต่คุณค่าอาหารยังต่ำอยู่ การนำเอากิ่งกระถินมาเป็นอาหารเสริมจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่ง เพราะว่่ากระถินมีโปรตีนสูงและมีคุณค่าทางอาหารต่าง ๆ มากมาย

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของกระถินพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์กระถิน	ค่าเฉลี่ย (Average total component)							
	%ความชื้น	%โปรตีน	%ไขมัน	%กาก	%เถ้า	%คาร์โบไฮเดรต	%แคลเซียม	%ฟอสฟอรัส
พื้นเมือง	10.05	23.54	7.70	7.76	9.71	41.32	2.52	0.17
ไต้หวัน	10.55	24.01	7.58	7.56	9.41	40.89	2.42	0.17
นิวกินี 70	9.90	24.68	8.25	7.70	9.29	40.18	2.26	0.17
นิวกินี 71	10.46	23.93	8.37	7.25	10.16	39.81	2.75	0.16
นิวกินี 72	10.58	23.88	8.20	7.78	9.60	39.96	2.42	0.17
โคลัมเบีย	10.93	21.49	7.49	8.06	9.52	42.51	2.53	0.15
ออสเตรเลีย	10.33	23.98	8.50	7.33	9.47	40.39	2.46	0.16
เอลซาลวาดอร์	10.25	22.88	8.03	7.39	10.54	40.91	2.66	0.15
ไอร์แลนด์	10.56	22.94	8.60	7.23	10.52	40.15	2.65	0.16
ฮาวาย	10.76	23.03	8.06	7.55	10.13	40.47	2.69	0.15

ที่มา : บุญพร้อม อิงคเวชชากุล, 2526.

2.4 การใช้ประโยชน์จากกระถิน

กระถินเป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันเป็นอย่างดีทั้งในรูปที่ใช้เป็นอาหารคนและอาหารสัตว์ การใช้เป็นอาหารคนนั้นรู้จักกันมาเป็นเวลาช้านาน โดยใช้ยอดอ่อนจิ้มกับน้ำพริก ส่วนใบและกิ่งอ่อนของกระถินจะถูกนำมาเป็นอาหารเสริมโปรตีน เพื่อเพิ่มโภชนาการสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องและยังมีส่วนอื่นอีกที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ชาญชัย, 2526; ฉลองและเมธา, 2533)

1. ปลุกเป็นรั้วและแนวกันลม

2. ปลุกเป็นพืชบำรุงดินโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งตรึงโดยแบคทีเรียในปมรากของกระถิน ช่วยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นอย่างมาก

3. ใช้ทำถ่าน ซึ่งถ่านที่ทำจากไม้กระถินให้ค่าความร้อนสูงประมาณ 7,000 แคลอรีต่อกิโลกรัมเทียบเท่าประมาณ 70 % ของน้ำมันเตา

4. ใช้ทำเยื่อกระดาษ ปรากฏว่าผลที่ได้จากไม้กระถินมีค่าสูงพอประมาณ เยื่อจากกระถินมีค่าเซลลูโลสสูง สารซิลิกาต่ำ เถ้าและลิกนินต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ดีทั่ว ๆ ไป

2.5 แรงที่ทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน

สุริยันต์ (2536) กล่าวว่า แรงที่ทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน อาจได้จาก

1. การทุบ หรือการตี เป็นการใช้พื้นที่ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือทุบก้อนของแข็ง
2. การบีบ เป็นการกดบีบก้อนแข็งด้วยพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ
3. การเฉือน อาศัยการเสียดสีระหว่างพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ
4. การกระแทก เป็นการให้ก้อนของแข็งกระทบกับพื้นที่ใช้งานของเครื่องมือ
5. การตัด โดยอาศัยความคมจากใบมีดของเครื่องมือ

สุริยันต์ (2536) ได้แสดงถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธีการที่จะนำมาใช้กับการลดขนาดของวัสดุที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของวัสดุและชนิดของวิธีการทำให้วัสดุแตกหรือขาดออกจากกัน

คุณสมบัติ	การทุบ	การบีบ	การเฉือน	การกระแทก	การตัด
แข็ง	++	-	-	-	-
เปราะ	++	++	-	++	-
แข็งปานกลาง	++	+	+	++	-
อ่อน	+	+	++	++	++
ยืดหยุ่น	-	-	-	+	++
เหนียว	-	-	-	++	++
เป็นเส้นใย	+	-	+	+	++
ไม่ทนความร้อน	-	-	-	++	+

หมายเหตุ : (++) เหมาะสมดี (+) พอใช้ได้ (-) ใช้ไม่ได้

ที่มา : สุริยันต์ เทียมเพ็ชร, 2536.

2.6 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ

สมเกียรติ (2535) ได้แบ่งเครื่องย่อยวัสดุตามขนาดของวัสดุที่ป้อนเข้าไปและแบ่งตามลักษณะของการย่อย ได้ดังนี้

2.6.1 การแบ่งตามขนาดของวัสดุที่ป้อนเข้าไปและขนาดของผลผลิตที่ออกมา เครื่องย่อยแบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ลดขนาดประเภทหยาบ ปานกลาง ละเอียด และละเอียดมาก เครื่องย่อยแต่ละประเภทต่างมีขีดจำกัดในเครื่องของความละเอียดของผลผลิตที่ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ของเครื่อง ตัวอย่างเช่น เครื่องย่อยแบบค้อน ไม่สามารถผลิตผงวัสดุที่มีความละเอียดที่สูงมากได้ เครื่องย่อยขนาดหยาบและขนาดกลาง มักใช้สำหรับย่อยวัสดุขั้นต้นเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม สำหรับป้อนให้กับเครื่องย่อยที่มีความละเอียดสูงต่อไป

2.6.2 การแบ่งตามลักษณะของการย่อย ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลักคือ การฉีก การตัด การกระแทก และการขี้ดสี เครื่องย่อยที่ใช้หลักการฉีก เช่น เครื่องย่อยแบบตะไบหรือแบบลูกกลิ้ง เหมาะสำหรับการย่อยอย่างหยาบสำหรับวัสดุที่มีขนาดเป็นก้อนใหญ่ เครื่องย่อยที่ใช้หลักการตัดโดยมีอุปกรณ์ใบมีดนั้นเหมาะสำหรับการย่อยขนาดกลาง เครื่องย่อยแบบกระแทก เช่น เครื่องย่อยแบบหมอนเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังไม่สามารถให้ผลผลิตที่มีความละเอียดสูงมากๆ ถ้าต้องการผลผลิตที่มีความละเอียดสูงต้องอาศัยหลักการย่อยแบบขี้ดสีเข้ามาช่วย

2.7 การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ

พันทิพา (2539) ได้กล่าวถึงการเลือกอุปกรณ์ลดขนาด โดยคำนึงถึงลักษณะของวัตถุดิบที่จะลดขนาดดังนี้

2.7.1 ความแข็ง เนื่องจากวัตถุดิบมีคุณสมบัติด้านความแข็งต่างกัน การทำวัตถุดิบที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงจะค่อนข้างยาก อาจต้องใช้เวลาและพลังงานมากขึ้นส่งผลให้ได้ผลผลิตออกมาช้ากว่าปกติและเครื่องมือต้องมีขนาดใหญ่กว่าเดิมหากต้องการได้ผลผลิตเร็ว วัตถุดิบที่แข็งมักทนต่อแรงเสียดสี ดังนั้น อุปกรณ์ที่จะใช้ลดขนาดวัตถุดิบประเภทนี้จะต้องเป็นโลหะที่ทนต่อการเสียดสี เช่น เหล็กผสมแมงกานีส และควรออกแบบให้เปลี่ยนได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว นอกจากนี้ ถ้าต้องการให้เครื่องมือคงทนต่อการใช้งานการทำวัตถุดิบที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงต้องปรับให้เครื่องจักรหมุนช้าลง

2.7.2 **ลักษณะโครงสร้างวัตถุบิ** หากวัตถุบิมีโครงสร้างที่ไม่ยึดเหนี่ยวกันแน่น มีลักษณะร่วน เช่น แป้งของเม็ดข้าวฟ่างจะร่วนกว่าของข้าวโพดเพราะขาดความเหนียวแบบ Stickiness การตีจะแตกตัวง่ายกว่า หรือลักษณะเป็นผลึกก็จะตีให้แตกได้ง่าย หรือพวกที่มีขนาดใหญ่จะตีให้แตกได้ง่ายกว่าขนาดเล็ก ลักษณะที่กล่าวมาแล้วนี้ควรใช้แรงอัดแบบบดอัด (Crushing) ก็เพียงพอแล้ว

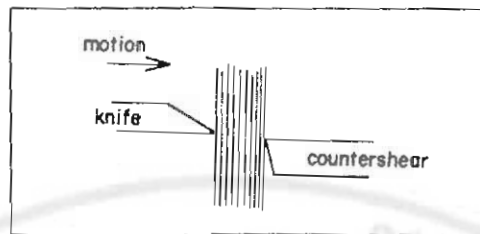
2.7.3 **วัตถุบิที่มีเยื่อใยสูง** วัตถุบิประเภทนี้จะแยกออกจากกันได้ยาก ควรใช้แรงแบบอัด (Compressive) หรือแบบกระแทก (Impact) ดังนั้นเครื่องมือต้องเป็นแบบตัด (Cutting) หรือฉีกออกตามแนวยาว (Shredding)

2.8 ความหมายและชนิดของการตัด

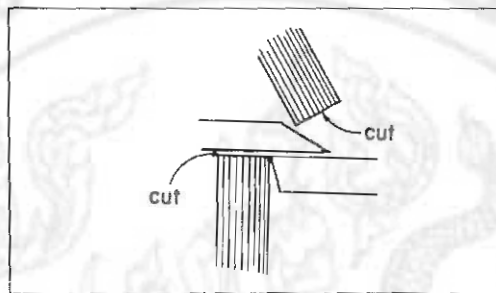
การตัดคือ ขบวนการทางกลที่แบ่งวัตถุคงรูป (Rigid body) ตามแนวเส้นที่กำหนดไว้แล้ว โดยใช้เครื่องตัด (Cutting tools) ซึ่งมีลักษณะเป็นขอบที่แน่นอนและเห็นได้ชัด ในกรณีทั่วไปวัตถุเดิมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ทำให้มีผิวที่เกิดใหม่ซึ่งเรียกว่า ส่วนที่ถูกแบ่ง การตัดจะเกิดขึ้นได้ต้องประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 3 ประการ คือ วัตถุที่จะตัด ใบมีด แทนรองรับการตัดหรือเขียง (รูปที่ 2.1) โดยใบมีดเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่จะตัดซึ่งถูกยึดให้อยู่กับที่ด้วยแทนรองรับการตัด การตัดสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ (ภรต และคณะ, 2539)

2.8.1 **การตัดแบบกรรไกร (Scissors cut)** คือ การตัดที่ใบมีดและแทนด้านทานการตัดหรือเขียง (Counter shear) เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุทั้งคู่

2.8.2 **การตัดแบบมีด (Knife cut)** คือ การตัดที่ขอบใด ๆ ที่มีคมหรือใบมีดเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุเพียงอย่างเดียว



(ก)



(ข)

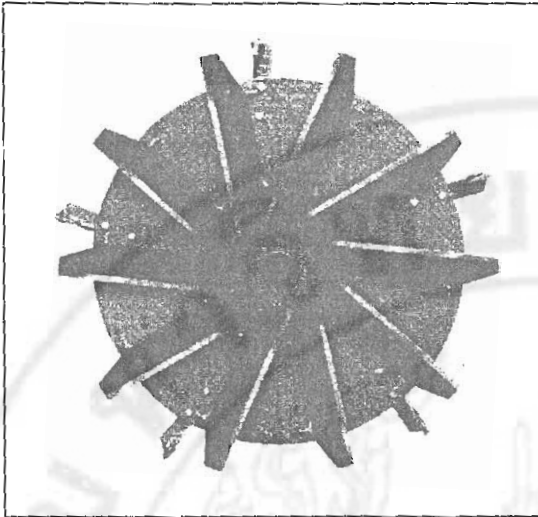
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานและการเคลื่อนที่ในการตัด
ที่มา : Persson, 1987.

2.9 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

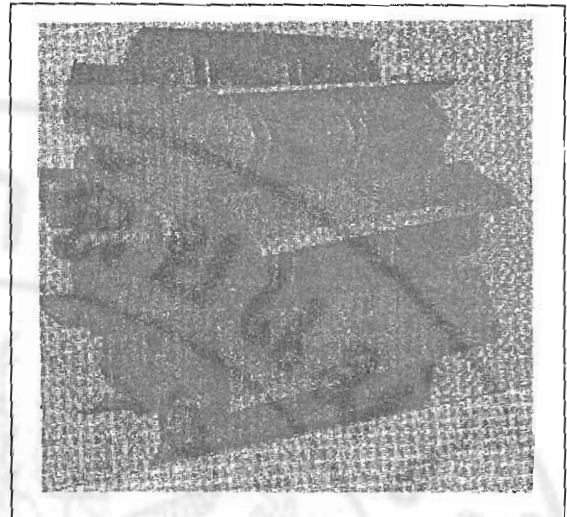
กลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการสับในเครื่องสับพืชอาหารสัตว์คือส่วนประกอบที่เรียกว่า หัวสับ (Cutter head) ซึ่งสามารถแบ่งหัวสับออกได้ 2 ประเภท (ภรต และคณะ, 2539)

2.9.1 หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel type) รูปร่างของหัวสับมีลักษณะเป็นจานกลมใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมี โดยปกติจะมีใบมีดประมาณ 4-6 ใบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ก) เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับประเภทนี้ค่อนข้างใหญ่ อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 1.25 เมตร และมีจำนวนใบมีดได้ตั้งแต่ 2, 5 หรือ 10 ใบ สำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวและสับหญ้าในแปลง (Forage harvester) บนหัวสับประเภทนี้มีใบพัดอยู่ 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่รอบเส้นรอบวงของหัวสับ โดยทำหน้าที่เหวี่ยงวัสดุที่ถูกสับขึ้นไปทางด้านบนตามท่อส่งและตกลงในรถพ่วงสำหรับบรรทุก

2.9.2 หัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder type) รูปร่างของหัวสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ข) โดยปกติจะมีใบมีด 6 ใบ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 38-46 เซนติเมตร (15-16 นิ้ว) หรือหากมีใบมีด 9 ใบ จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 61 เซนติเมตร (24 นิ้ว) หัวสับชนิดทรงกระบอกนี้ทำงานในลักษณะสับและเหวี่ยง (Direct throw)



(ก) หัวสับชนิดจานกลม



(ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก

รูปที่ 2.2 หัวสับ

ที่มา : Persson. 1987.

หัวสับ (Cutter head) ไม่ว่าจะมัลักษณะแบบใดก็ตามจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน ดังนี้

1. การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างใบมีด จะทำให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิด
2. ใบมีดสามารถถอดออกได้ เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆ กัน เพื่อให้เกิดความสมดุลของหัวสับ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภรต และคณะ (2533) ได้พัฒนาเครื่องสับฟางข้าวที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดข้าว ซึ่งมี ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ชุดป้อนฟาง ประกอบด้วยถาดและลูกกลิ้งทรงกระบอกตันสองอัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 มิลลิเมตร ยาว 255 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน โดยมีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งคงที่ 5.0 มิลลิเมตร เพื่อจับยึดฟางและดึงป้อนเข้าสู่เครื่อง หัวสับเป็นแบบทรงกระบอก (Cylinder type) ประกอบด้วยแท่นด้านทานการตัดหรือเขียง (Counter shear) และใบมีด 6 ใบ ติดอยู่บนหัวสับ ใบมีดทำด้วยเหล็กบรอนซ์ มีขนาด 68x295x10 มิลลิเมตร และเอียงทำมุม 10 องศา ช่องทางออกของฟางที่ถูกสับแล้วเป็นช่องอยู่ข้างใต้หัวสับรองรับฟางที่ถูกสับแล้ว และไหลลงสู่ด้านล่างต่อไป เครื่องสับฟางนี้มีสมรรถนะสับฟางได้ 97-135 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ

200–300 รอบต่อนาที ฟางที่สับได้มีขนาดสั้นกว่า 5 มิลลิเมตร เฉลี่ย 80% ความต้องการกำลัง 0.8 กิโลวัตต์

ภรต (2533) ได้ปรับปรุงเครื่องสับฟางเพื่อให้สำหรับสับพืชอาหารสัตว์สด โดยมีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากเครื่องสับฟางเดิมคือ ชุดป้อนต้นพืชเป็นลูกกลิ้งเหล็กหยาบเป็นร่องเล็กๆ ตามความยาว 2 อัน ลูกกลิ้งจะบีบอัดให้ลำต้นพืชแข็งแตก และมีใบมีดจำนวน 5 ใบ เครื่องสับพืชอาหารสัตว์สดนี้มีความเร็วรอบของหัวสับ 300 รอบต่อนาที สามารถสับต้นข้าวโพด และผักตบชวาสดได้ 365 และ 91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และมีขนาดหลังการสับ 5.6 และ 5.7 มิลลิเมตรตามลำดับ

จารุวัฒน์ (2538) ได้พัฒนาเครื่องหั่นย่อยซากพืชเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยหัวสับเป็นชนิดจานกลม(Flywheel) มีกลไกสับเป็นใบมีดติดอยู่กับคมใบพัด ใช้หนังหนาเนเปียร์ ต้นข้าวโพดต้นอ่อน ผักตบชวาตากแห้งหนึ่งวัน ฟางข้าวมัดเรียงเป็นกำ ระบบป้อนสามารถปรับความเร็วของการป้อนได้ ทำให้ปรับความยาวของการตัดได้ สามารถตัดได้สั้นที่สุด 10 มิลลิเมตร ใบมีดจำนวน 3 ใบ ยาว 260 มิลลิเมตร ความเร็วรอบในการตัด 1,000 รอบต่อนาที ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กำลังม้า สมรรถนะการตัด 1,800–2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภรต และคณะ (2539) ได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดเอนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์ โดยใช้หัวสับชนิดทรงกระบอก ติดใบมีดจำนวน 6 ใบ ความกว้างในการสับ 380 มิลลิเมตร มีสมรรถนะการสับฟาง(2.81% w.b.) มีค่ามากที่สุด 82.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และสมรรถนะการสับต้นข้าวโพด(57.29% w.b.) มีค่ามากที่สุด 159.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

บทที่ 3

การออกแบบเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกิ่งอ่อนของกระถิน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลไปออกแบบเครื่องต้นแบบ โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่ศึกษามีดังนี้คือ มุมลื่นไถล และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกิ่งอ่อนกระถิน ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

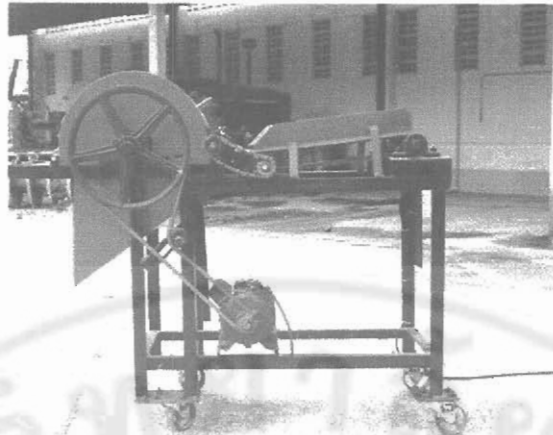
พันธุ์ของกระถิน	พันธุ์เฮลซาวาดอร์
มุมลื่นไถลบนแผ่นเหล็ก	35 องศากับแนวระดับ
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย	60.2 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

3.2 รายละเอียดของเครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด

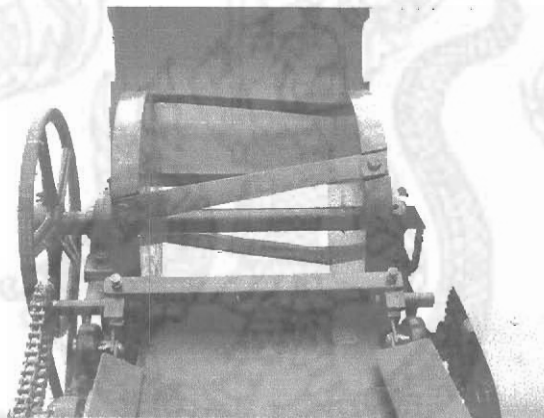
เครื่องลับพืชอาหารสัตว์สดแสดงดังรูปที่ 3.1 มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. โครงเครื่องลับ ขนาด(กว้างxยาวxสูง) 485x1400x1100 มิลลิเมตร ทำจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 x 5 มิลลิเมตร เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน จึงออกแบบให้ช่องป้อนและช่องทางออกของวัสดุอยู่ด้านหัวและท้ายของตัวเครื่อง และชุดส่งกำลังอยู่ทางด้านข้าง ชุดใบมีดและชุดส่งกำลังมีฝาครอบเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

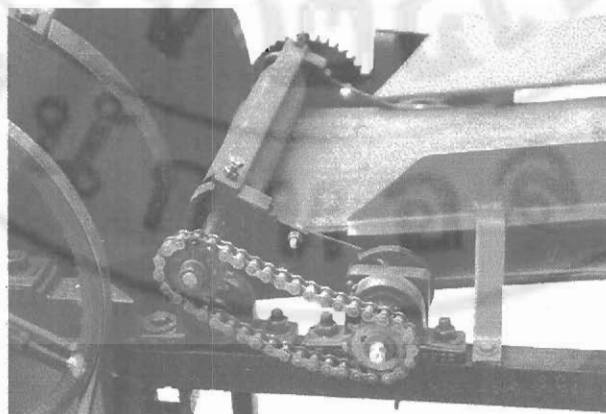
2. หัวลับ ดังรูปที่ 3.2 ประกอบด้วย แกนเพลลา จานยึดใบมีด และใบมีด โดยแกนเพลลา มีขนาด 38.1 มิลลิเมตร ร้อยทะลุจุดศูนย์กลางจานยึดใบมีดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร หนา 38.1 มิลลิเมตร 2 อัน ซึ่งมีระยะห่างภายในระหว่างจานยึดใบมีด 305 มิลลิเมตร และทำการเชื่อมยึดติดกับแกนเพลลา ส่วนใบมีดมีจำนวน 4 ใบ ทำจากเหล็กขนาด (กว้างxยาวxหนา) 38.1x380x9 มิลลิเมตร ยึดติดกับจานยึดใบมีดด้วยสลักเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน ใบมีดวางเอียงทำมุม 10 องศา จากปลายด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 3.1 เครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด



รูปที่ 3.2 หัวสับ



รูปที่ 3.3 สายพานป้อนวัสดุและลูกกลิ้งป้อนวัสดุ

3. ชุดป้อนวัสดุ ประกอบด้วยสายพานป้อนวัสดุ ลูกกลิ้งป้อนวัสดุ และแท่นด้านทานการตัด

- สายพานป้อนวัสดุ ดังรูปที่ 3.3 ใช้สายพานยางขนาด(กว้างxยาวxหนา) 305x1500x6 มิลลิเมตร ร้อยรอบลูกกลิ้งลำเลียงจำนวน 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ยาว 305 มิลลิเมตร ความเร็วของสายพานป้อนวัสดุมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบหัวสับ เพื่อกำหนดขนาดของวัสดุที่จะทำการตัด

- ลูกกลิ้งป้อน ดังรูปที่ 3.3 ทำจากท่อเหล็กหุ้มด้วยยาง ลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 56 มิลลิเมตรยาว 320 มิลลิเมตร มีทิศทางการหมุนสวนทางกับสายพานป้อนวัสดุ เพื่อดึงวัสดุป้อนเข้าเครื่องสับและกดวัสดุไม่ให้กระดกในขณะสับ

- แท่นด้านทานการตัด ใช้ใบกบของเครื่องไสไม้ขนาดยาว 300 มิลลิเมตร ยึดติดกับโครงเครื่องสับ แท่นด้านทานการตัดจะอยู่ชิดกับสายพานป้อนวัสดุและอยู่ต่ำกว่าประมาณ 2 มิลลิเมตร

4. ช่องปล่อยวัสดุ ดังรูปที่ 3.4 ทำจากเหล็กแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตร กว้าง 400 มิลลิเมตร ทำมุม 36 องศา กับแนวระดับ เพื่อให้วัสดุที่ถูกสับแล้วไหลออกได้สะดวก ระยะความสูงจากพื้นถึงช่องทางออกของกึ่งอ่อนกระถินหลังสับ 425 มิลลิเมตร เพื่อความสะดวกในการรองรับกึ่งอ่อนของกึ่งกระถินหลังสับ

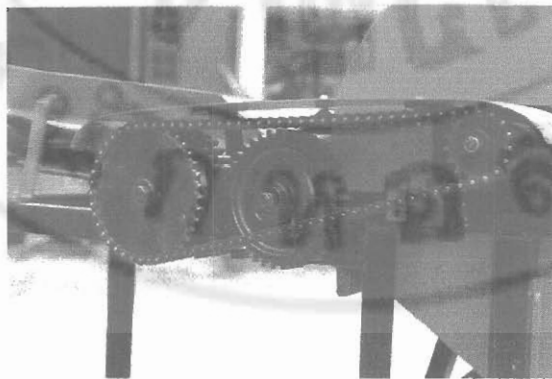
5. ระบบส่งกำลัง แบ่งออกเป็นสองส่วน เริ่มจากมอเตอร์ไฟฟ้ามายังหัวสับโดยใช้สายพานลิ้ม(v belt) เป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลัง ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมีข้อดีคือเมื่อมีการติดขัดในการสับสายพานลิ้มจะลื่นไถลการทำงานก็จะหยุด ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าและหัวสับจะไม่เสียหาย ส่วนที่สองเป็นระบบถ่ายทอดกำลังจากหัวสับไปยังชุดป้อนวัสดุ ดังรูปที่ 3.6 โดยการถ่ายทอดกำลังจากหัวสับไปยังลูกกลิ้งป้อนวัสดุใช้เฟืองไซ้และโซ่เบอร์ 40 เป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลัง และจากลูกกลิ้งป้อนวัสดุไปยังสายพานป้อนวัสดุโดยใช้เฟืองตรงเป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลัง เนื่องจากต้องการให้ทิศทางการหมุนของแกนเพลลาของสายพานป้อนวัสดุกับแกนเพลลาของลูกกลิ้งป้อนวัสดุมีทิศสวนทางกัน จึงเลือกใช้เฟืองไซ้ โซ่ และเฟืองในการถ่ายทอดกำลัง เนื่องจากขนาดของวัสดุหลังการสับมีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบหัวสับกับความเร็วรอบของชุดป้อนวัสดุ



รูปที่ 3.4 ช่องปล่อยวัสดุ



รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังหัวลับ



รูปที่ 3.6 ระบบส่งกำลังจากหัวลับไปยังชุดป้อนวัสดุ

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการ

4.1 อุปกรณ์

1. เครื่องลับพืชอาหารสัตว์สด
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ(Digital tachometer)
5. อุปกรณ์ปรับความถี่(Inverter)
6. ถาดรองรับวัสดุ

4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการลับ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการลับของหัวลับ โดยใช้ชุดป้อนวัสดุเป็นตัวกำหนดขนาดกึ่งกระถินหลังการลับ

การทดสอบเริ่มจากการหาช่วงความเร็วรอบเบื้องต้น เมื่อทราบช่วงที่เหมาะสมแล้วจึงทำการกำหนดช่วงในการทดสอบโดยเริ่มจาก 150 รอบต่อนาที จนถึง 350 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบสูงสุดที่เครื่องจะทำงานได้ดี ในการทำการทดสอบเริ่มจากความเร็วรอบต่ำสุดแล้วเพิ่มความเร็วรอบขึ้นระดับละ 50 รอบต่อนาที รวมทั้งสิ้น 5 ระดับ

สำหรับกึ่งอ่อนกระถินที่ใช้ทดสอบจะทำการวัดขนาดของความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางโดยมีความยาวกึ่งเฉลี่ย 748 มิลลิเมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนกึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วง 4.0–6.0 มิลลิเมตร 6.0–8.0 มิลลิเมตร และ 8.0–10.0 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละระดับของความเร็วรอบจะใช้กึ่งอ่อนกระถินน้ำหนักประมาณ 130 กรัม หรือประมาณ 12 กิ่ง ทั้งนี้มีวิธีทดสอบโดยสังเขปดังนี้

1. วัดความเร็วรอบของพูลเลย์ขับและความเร็วรอบของหัวลับ
2. นำกึ่งอ่อนกระถินที่จะทดสอบมาชั่งน้ำหนัก แล้วทำการป้อนเข้าทางช่องป้อน (ป้อนเข้าที่ละกิ่ง)
3. นำถาดหรือภาชนะมารองรับกึ่งกระถินที่ถูกลับแล้ว
4. นำกึ่งกระถินที่ผ่านการลับมาทำการคัดเลือกโดยมีรายละเอียดดังนี้

- จำนวนท่อนที่ไม่แตกและได้ขนาด (2.0–4.0 เซนติเมตร)
 - จำนวนท่อนที่แตกและได้ขนาด (2.0–4.0 เซนติเมตร)
 - จำนวนท่อนที่ไม่ได้ขนาด (เกิน 4.0 เซนติเมตร)
5. ชั่งน้ำหนักของกิ่งอ่อนกระถินที่ทำการคัดเลือกไว้
 6. บันทึกผลการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล
 7. ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนความเร็วรอบจนครบตามที่กำหนดไว้

ค่าชี้ผลของการทดสอบนี้ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ซึ่งสามารถเขียนค่าชี้ผลดังกล่าวให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

โดยท่อน

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด} = \frac{\text{จำนวนกิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด}}{\text{จำนวนกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.1)$$

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่แตกแต่ได้ขนาด} = \frac{\text{จำนวนกิ่งกระถินที่แตกแต่ได้ขนาด}}{\text{จำนวนกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.2)$$

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่ไม่ได้ขนาด} = \frac{\text{จำนวนกิ่งกระถินที่ไม่ได้ขนาด}}{\text{จำนวนกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.3)$$

โดยน้ำหนัก

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด} = \frac{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด}}{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.4)$$

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่แตกแต่ได้ขนาด} = \frac{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินที่แตกแต่ได้ขนาด}}{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.5)$$

$$\% \text{ กิ่งกระถินที่ไม่ได้ขนาด} = \frac{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินที่ไม่ได้ขนาด}}{\text{น้ำหนักกิ่งกระถินทั้งหมดหลังการสับ}} \times 100 \quad \dots\dots(4.6)$$

4.3 การทดสอบหาความสามารถในการสับกึ่งอ่อนกระถิน

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสามารถในการสับกึ่งอ่อนกระถิน จากการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับในหัวข้อ 4.2 นำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับ พร้อมทั้งหาความสามารถในการสับในช่วงดังกล่าว วิธีการทดสอบโดยสังเขปมีดังนี้

1. วัดความเร็วรอบของพู่เล่ย์และความเร็วรอบของหัวสับ
2. นำกึ่งอ่อนกระถินที่จะทดสอบมาซึ่งหาน้ำหนัก โดยแบ่งกลุ่มขนาดของกึ่งอ่อนกระถินเป็น 4 กลุ่มคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และ คละขนาด ตามลำดับ แล้วทำการป้อนเข้าไปทางช่องป้อน ในการป้อนจะทำตามกำลังความสามารถของคนที่จะทำได้
3. เริ่มจับเวลาที่ใช้ในการสับ เมื่อการป้อนคกที่นำภาชนะมารองรับกึ่งกระถินที่ถูกสับ แล้วชั่งน้ำหนัก
4. ทำการทดสอบดังข้างต้น แต่เปลี่ยนกลุ่มขนาดกึ่งอ่อนกระถินจนครบตามที่กำหนดไว้
5. นำกึ่งกระถินที่ผ่านการสับมาคัดคุณภาพเช่นเดียวกับการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับตามหัวข้อ 4.1
6. บันทึกผลการทดสอบเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล

ค่าชี้ผลการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ ความสามารถในการสับกึ่งอ่อนกระถิน ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการสับ (กก./ชม.)} = \frac{\text{น้ำหนักกึ่งอ่อนกระถินที่ใช้ในการทดสอบ}}{\text{เวลาที่ใช้ในการสับ}} \quad \dots\dots(4.7)$$

เนื่องจากการทดสอบมี 2 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบของหัวสับ 5 ระดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกึ่งกระถิน 3 ช่วง จึงจัดแผนการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียล 5x3 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(Completely randomized design; CRD) ทดสอบครั้งละ 3 ซ้ำ

กึ่งอ่อนกระถินที่ใช้ในการทดสอบ ใช้กึ่งที่สดซึ่งเหมาะสมต่อโภชนะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ใช้กึ่งอ่อนกระถิน 12 กิ่ง ต่อ 1 ซ้ำ

4.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากข้อมูลค่าซึ่งผลดังกล่าวนำไปวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้หลักการทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามรูปแบบแผนการทดลอง ซึ่งทดสอบค่า F ที่ระดับนัยสำคัญ 5% และ 1% หากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงความแตกต่างทางสถิติจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 5% (สุวิทย์, 2534)



บทที่ 5

ผลการทดสอบและวิจารณ์

5.1 ผลการทดสอบหาถึงอ่อนกระถินหลังการสับกับความเร็วยรอบหัวสับที่เหมาะสม

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบถึงอ่อนกระถินหลังการสับที่เหมาะสมกับความเร็วยรอบหัวสับที่ต่ำสุดและสูงสุด ความเร็วยรอบที่ทดสอบมี 5 ระดับ คือ 150, 200, 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที ส่วนช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึงอ่อนกระถินมี 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (4.0-6.0 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (6.0-8.0 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (8.0-10.0 มิลลิเมตร) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 60.2 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

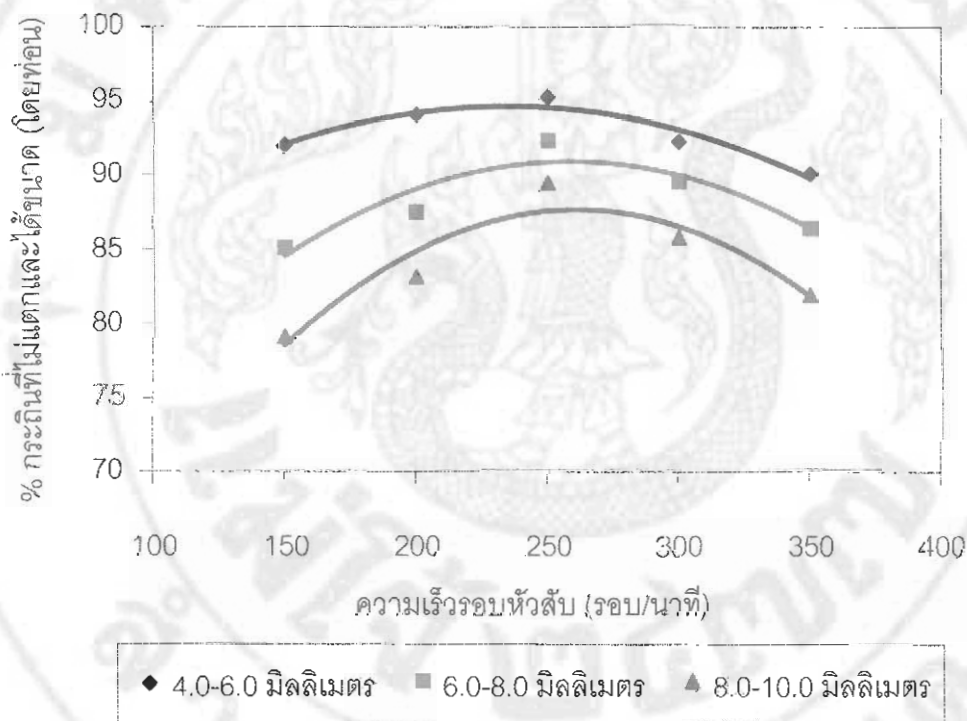
การอภิปรายและวิจารณ์ผลจะพิจารณาตามหัวข้อดังนี้คือ เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดโดยท่อนกับเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดโดยน้ำหนัก ส่วนเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่เหมาะสมจะมีแนวโน้มผกผันกับเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาด โดย เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่เหมาะสมประกอบด้วยเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่แตกแต่ได้ขนาดและ เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่ได้ขนาด

ผลการทดสอบเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดแสดงในตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.3 ส่วนผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ ก.2 และตารางที่ ก.4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตามความเร็วยรอบหัวสับ และช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนถึงอ่อนกระถิน รูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ที่ความเร็วยรอบของหัวสับเดียวกันถึงอ่อนกระถินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนช่วง 4.0-6.0 มิลลิเมตร มีเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดสูงกว่าถึงอ่อนกระถินขนาดอื่นๆ และจะเห็นว่า เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วยรอบหัวสับจนมีค่าสูงสุดที่ 250 รอบต่อนาที และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วยรอบเพิ่มขึ้นทั้งเปอร์เซนต์โดยท่อนและโดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะที่ความเร็วยรอบต่ำกว่า 250 รอบต่อนาที หัวสับมีแรงเหวี่ยงไม่พอ จึงทำให้ เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ตัดไม่ขาดจึงสูง ส่วนความเร็วยรอบหัวสับสูงเกิน 250 รอบต่อนาทีขึ้นไปจะทำให้ เปอร์เซนต์ถึงกระถินที่แตกแต่ได้ขนาดสูงขึ้นเนื่องจากการกระแทกของใบมีดกับถึงอ่อนกระถิน

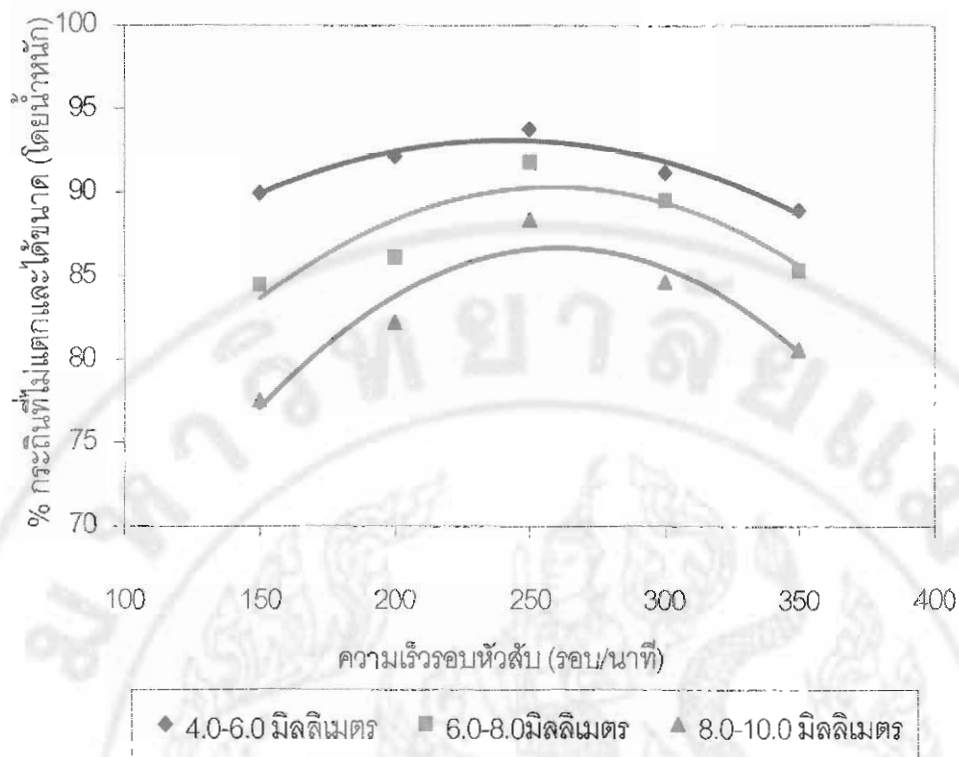
หากพิจารณาระหว่างเปอร์เซนต์ถึงกระถินที่ไม่แตก และได้ขนาดโดนท่อนและโดยน้ำหนัก จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ถึงกระถินที่แตกส่วนมากจะเป็นช่วงโคน และกระถินที่ไม่ได้ขนาดจะพบเฉพาะช่วงปลายถึง

ตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่ากิ่งอ่อนกระถินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0-6.0 มิลลิเมตร ที่ ความเร็วรอบหัวสับ 250 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุด 95.09 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 93.74 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาที่ระดับช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนกิ่งอ่อนกระถินพบว่า กิ่งกระถินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0-6.0 มิลลิเมตร ให้เปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุดเฉลี่ย 92.64 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 91.13 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันทางกายภาพ เช่น ความเปราะของกิ่ง เป็นต้น



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด(โดยท่อน)กับความเร็วรอบหัวสับที่ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งอ่อนกระถิน



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์รากที่ไม่แตกและได้ขนาด(โดยน้ำหนัก)กับ ความเร็รรอบหัวสับในช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งอ่อนกระถิน

ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์รากที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยท่อน

ความเร็รรอบหัวสับ รอบ/นาท	ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งกระถิน (มิลลิเมตร)		
	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0
150	91.92bc	85.02fg	79.00i
200	93.95ab	87.43ef	83.07gh
250	95.09a	92.26bc	89.41de
300	92.19bc	89.50de	85.75f
350	90.03cd	86.35f	81.85h

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังอย่างน้อยหนึ่งตัวซ้ำกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ทั้งนี้โดยใช้ LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ โดย $LSD_{0.05} = 2.27\%$

ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยน้ำหนัก

ความเร็วรอบหัวสับ รอบ/นาที	ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งกระถิน (มิลลิเมตร)		
	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0
150	89.87bcde	84.41gh	77.46j
200	92.09ab	86.02fg	82.17hi
250	93.74a	91.76abc	88.29ef
300	91.11bcd	89.41cde	84.59gh
350	88.85de	85.24g	80.54i

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังอย่างน้อยหนึ่งตัวซ้ำกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ โดย $LSD_{0.05} = 2.39\%$

5.2 ผลการทดสอบความสามารถในการสับและวิเคราะห์คุณภาพหลังการสับ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสับ และคุณภาพหลังการสับโดยใช้เปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดเป็นค่าชี้ผล

ความเร็วรอบที่ทดสอบใช้ความเร็วรอบหัวสับ 250 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับ เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุดเฉลี่ย 92.25 โดยท่อนและ 91.26 โดยน้ำหนัก(ค่าเฉลี่ยคิดจากกิ่งอ่อนกระถินขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่) ตามผลการทดสอบในหัวข้อ 5.1 สามารถแบ่งกลุ่มของกิ่งอ่อนกระถินออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ขนาดเล็ก (4.0-6.0 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (6.0-8.0 มิลลิเมตร) ขนาดใหญ่ (8.0-10.0 มิลลิเมตร) และคละขนาด (ในอัตรา 2:2:1 สำหรับกิ่งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ) การอภิปรายและวิเคราะห์ผลจะพิจารณาตามหัวข้อดังนี้คือ ผลต่อเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดและผลต่อความสามารถในการสับ

5.2.1 ผลต่อเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด

ตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด ระหว่างการป้อนที่ละกิ่งแล้วนำมาวิเคราะห์กับการป้อนตามความสามารถของคนทำงานจริง จะพบว่าการป้อนที่ละกิ่งแล้วนำมาวิเคราะห์จะให้เปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงกว่าการป้อนตามความสามารถของการทำงานจริง ทั้งนี้เพราะการป้อนที่ละกิ่งแล้วนำมาวิเคราะห์กิ่งอ่อนกระถินไม่มีโอกาสจะชนกันหรือซ้อนทับกันได้ต้องรอให้กิ่งกระถินนั้นหมดก่อนจึง

สามารถป้อนกิ่งอื่น ๆ เข้าไปได้ แต่การป้อนตามความสามารถของการทำงานจริง เกษตรกรจะทำการป้อนกิ่งอ่อนกระถินตามความสามารถ โดยไม่สนใจว่ากิ่งที่ป้อนเข้าไปก่อนจะสับหมดหรือไม่ก็ตาม โอกาสที่กิ่งอ่อนกระถินที่ป้อนเข้าไปก่อนและหลังชนกันหรือซ้อนทับกันจึงมีมากขึ้น เปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินส่วนที่แตกจึงสูงกว่าการป้อนทีละกิ่ง

ตารางที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดระหว่างการป้อนทีละกิ่งแล้วนำวิเคราะห์กับการป้อนตามการทำงานจริง

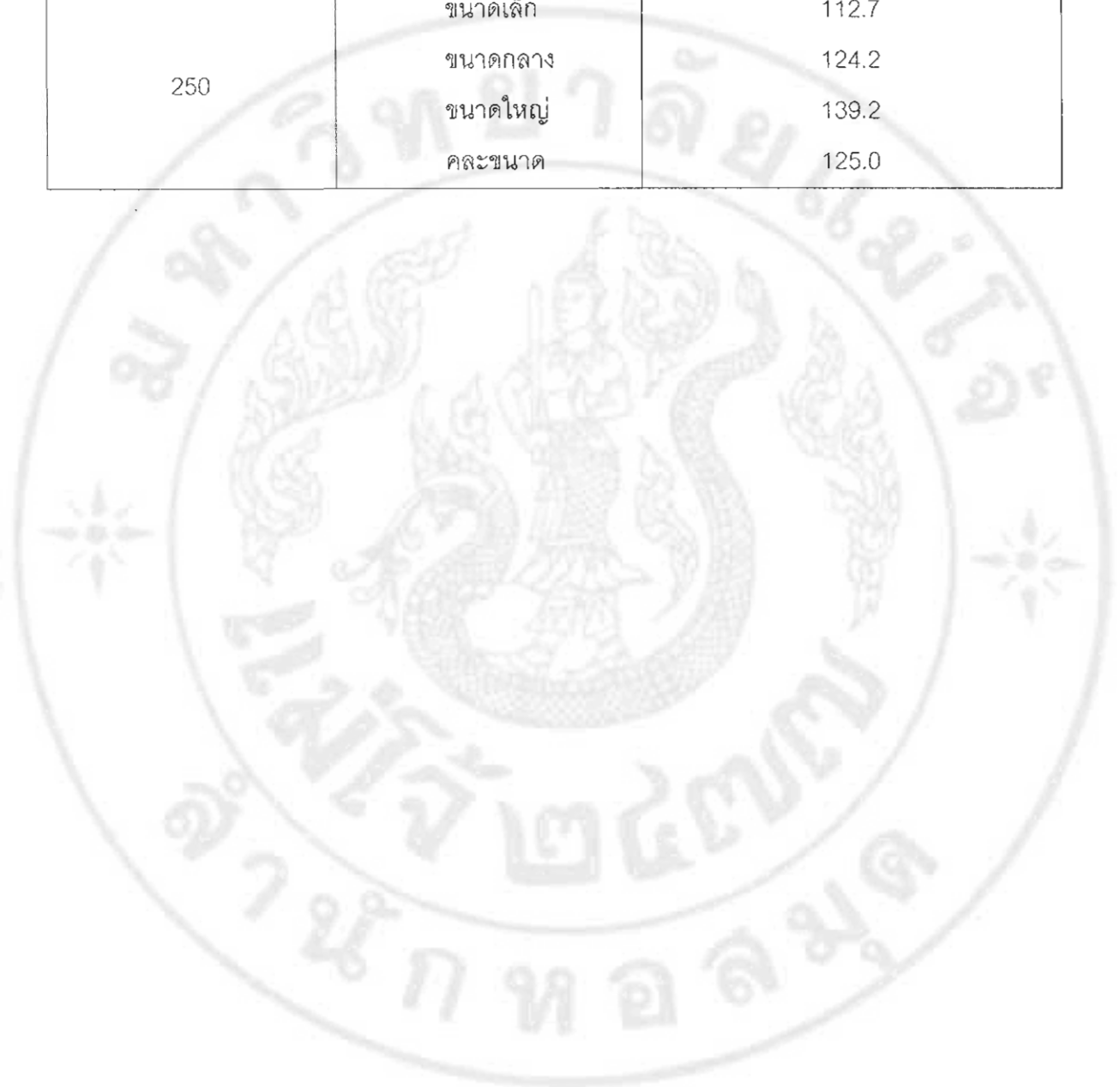
ความเร็วรอบ หัวสับ (รอบ / นาที)	กลุ่มขนาด ของกิ่ง	% กิ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาด			
		ป้อนทีละกิ่ง		ป้อนตามการทำงานจริง	
		โดยท่อน	โดยน้ำหนัก	โดยท่อน	โดยน้ำหนัก
250	เล็ก	95.09	93.74	92.71	89.36
	กลาง	92.26	91.76	91.61	87.21
	ใหญ่	89.41	88.29	87.98	89.34
	คละ	91.85	90.73	89.50	85.43

5.2.2 ผลต่อความสามารถในการสับ

ตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการสับจะแตกต่างกันไปตามช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งอ่อนกระถิน โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะในการทดสอบใช้จำนวนกิ่งอ่อนกระถินเท่ากันแต่น้ำหนักต่อกิ่งจะไม่เท่ากันในแต่ละกลุ่มที่ทำการแบ่งไว้ โดยขนาดใหญ่มิฉะนั้นน้ำหนักต่อกิ่งสูงกว่าขนาดอื่น ๆ จึงทำให้ความสามารถในการสับสูงกว่าด้วย ซึ่งความสามารถในการสับกิ่งอ่อนกระถิน ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และคละขนาด มีค่า 112.7, 124.2, 139.2 และ 125.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และความสามารถในการสับกิ่งอ่อนกระถินเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 125.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ค่าเฉลี่ยคิดจากกิ่งอ่อนกระถินขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่)

ตารางที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสืบ

ความเร็วรอบหัวสืบ (รอบ / นาที)	กลุ่มขนาดของกิ่ง	ความสามารถในการสืบ (กิโลกรัม / ชั่วโมง)
250	ขนาดเล็ก	112.7
	ขนาดกลาง	124.2
	ขนาดใหญ่	139.2
	คละขนาด	125.0



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบเพื่อหาความเร็วรอบหัวลับและช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งอ่อนกระถินที่เหมาะสมต่อการลับซึ่งมีผลต่อคุณภาพและความสมรรถนะที่ได้หลังการลับ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กึ่งอ่อนกระถินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0-6.0 มิลลิเมตร ให้เปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุด 95.09 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 93.74 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ความเร็วรอบหัวลับ 250 รอบต่อนาที เมื่อป้อนทีละกึ่ง
2. กึ่งกระถินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0-6.0 มิลลิเมตร ให้เปอร์เซ็นต์กึ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุดเฉลี่ย 92.64 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 91.13 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อป้อนทีละกึ่ง
3. ความเร็วรอบหัวลับที่ 250 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสม เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์กึ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดสูงสุดเฉลี่ย 92.25 เปอร์เซ็นต์โดยท่อนและ 91.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อป้อนทีละกึ่ง
4. ความสามารถในการลับกึ่งอ่อนกระถินมีค่าเฉลี่ย 125.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อป้อนทีละกึ่ง
5. เปอร์เซ็นต์กึ่งกระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดของกึ่งอ่อนกระถินคละขนาดมีค่าเฉลี่ย 89.50 เปอร์เซ็นต์โดยท่อน กับ 85.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อป้อนตามการทำงานจริง
6. ความสามารถในการลับกึ่งอ่อนกระถินคละขนาดมีค่าเฉลี่ย 125 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อป้อนตามการทำงานจริง

เอกสารอ้างอิง

- จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2538. เครื่องนํ้าย่อยซากพืช. ข่าวสารกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. พฤษภาคม-ตุลาคม หน้า 2-3.
- จารุวัฒน์ เศรษฐภักดี. 2528. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- จินดา สนิทวงศ์, ศศิธร ถิ่นนคร, อรรธยา เกียรติสุนทร และชาญชัย มณีดุลย์. 2529. การเปรียบเทียบการใช้ยูเรียและใบกระถินสดเสริมโปรตีนในฟางข้าวสำหรับโคเนื้อ. จุลสารโคกระบือ หน้า 37-41
- ฉลอง วชิรภากร และ เมธา วรรณพัฒน์. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชาญชัย มณีดุลย์. 2526. การปลูกกระถินเลี้ยงสัตว์. ปศุสัตว์. 10(1) : 57-67.
- บุญพร้อม อิงคเวชชากุล. 2526. คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศไทย. ปศุสัตว์. 10(3) : 41-49.
- บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2531. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการ การใช้กระถินเสริมฟางข้าวเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ณ จ. เชียงราย.
- พันทิพา พงษ์เกียรติ์. 2539. การผลิตอาหาร. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภรต ภูษธร ณ อยุธยา. 2533. เครื่องสับพืชอาหารสด. ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. มีนาคม-เมษายน หน้า 7.
- ภรต ภูษธร ณ อยุธยา, อุดล วรรณจนา, ชัยรัตน์ รางแดง และมนตรี ศรีสุระ. 2533. รายงานโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตโคนม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ภรต ภูษธร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุญยวานิชกุล และอุดล วรรณจนา. 2539. รายงานวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดเอนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- สมเกียรติ วิบูลย์ชัยเดช. 2535. 66 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล. นำอักษรการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- สุริยันต์ เทียมเพชร. 2536. กำลังวัสดุ. โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์. 2534. สถิติเพื่อการวิจัยทางพืชศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก
2540/2541. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Claude Culpin. 1992. *Farm Machinery*. Twelfth Edition. Blackwell Scientific Publications.
Oxford.

Kepner R.A., Bainer Roy, and E.L. Barger. 1982. *Principles of Farm Machinery*. Third
Edition Westport, Connecticut, U.S.A.

Persson, Sverker. 1987. *Mechanics of Cutting Plant Material*. American Society of
Agricultural Engineers, U.S.A.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบ



ตารางที่ ก.1 ผลของความเร็วรอบหัวสับกับช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับที่มีต่อเปอร์เซ็นต์
กิ่งกระเด็นที่ไม่ได้แตกและได้ขนาด โดยท่อน

ความเร็วรอบหัวสับ (รอบ/นาที)	ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	โดยท่อน			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
150	4.0-6.0	90.42	95.34	90.00	91.92
	6.0-8.0	85.62	84.22	85.23	85.02
	8.0-10.0	77.97	79.83	79.19	79.00
200	4.0-6.0	93.74	93.41	94.70	93.95
	6.0-8.0	88.83	86.79	86.67	87.43
	8.0-10.0	82.17	83.25	83.78	83.07
250	4.0-6.0	95.38	94.75	95.15	95.09
	6.0-8.0	91.06	92.00	93.72	92.26
	8.0-10.0	88.32	89.67	90.23	89.41
300	4.0-6.0	91.20	92.10	93.27	92.19
	6.0-8.0	90.07	87.05	91.39	89.50
	8.0-10.0	84.34	86.76	86.15	85.75
350	4.0-6.0	90.15	88.83	91.11	90.03
	6.0-8.0	86.18	85.58	87.28	86.35
	8.0-10.0	83.24	80.13	82.17	81.85

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยท่อน

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F- value
ความเร็วรอบ (a)	4	271.62	67.91	36.54**
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่ง (b)	2	548.01	294.01	157.14**
ab	8	58.95	7.37	3.97**
ความคลาดเคลื่อน	30	55.75	1.86	
ผลรวม	44	970.34		

หมายเหตุ ** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ก.3 ผลของความเร็วรอบหัวลับกับช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวลับที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การกระเด็นที่ไม่ได้แตกและได้ขนาด โดยน้ำหนัก

ความเร็วรอบหัวลับ (รอบ/นาที)	ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	โดยน้ำหนัก			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
150	4.0-6.0	90.11	89.12	90.37	89.87
	6.0-8.0	85.01	83.99	84.23	84.41
	8.0-10.0	76.29	77.23	78.87	77.46
200	4.0-6.0	93.88	91.23	91.15	92.09
	6.0-8.0	87.23	85.38	85.44	86.02
	8.0-10.0	81.03	81.24	84.24	82.17
250	4.0-6.0	94.21	93.82	93.20	93.74
	6.0-8.0	91.00	91.39	92.88	91.76
	8.0-10.0	87.64	87.24	90.00	88.29
300	4.0-6.0	92.79	90.29	90.24	91.11
	6.0-8.0	89.89	87.11	91.24	89.41
	8.0-10.0	82.40	85.23	86.13	84.59
350	4.0-6.0	90.21	87.14	89.21	88.85
	6.0-8.0	85.23	84.25	86.24	85.24
	8.0-10.0	81.24	78.21	82.17	80.54

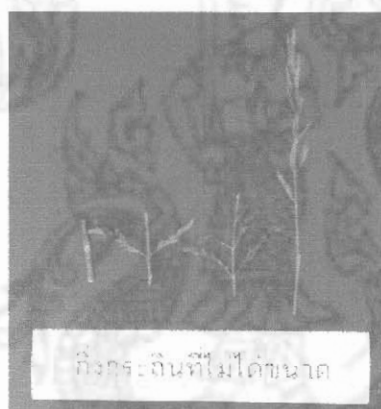
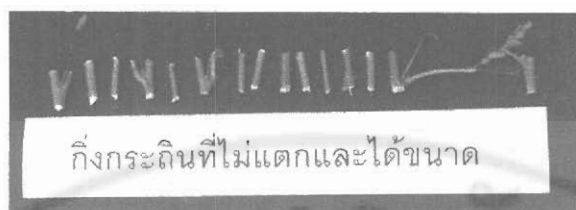
ตารางที่ ก.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กระถินที่ไม่แตกและได้ขนาดโดยน้ำหนัก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F- value
ความเร็วรอบ (a)	4	307.28	76.82	37.52**
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่ง (b)	2	546.98	273.49	133.56**
ab	8	53.46	6.68	3.26**
ความคลาดเคลื่อน	30	61.43	2.05	
ผลรวม	44	969.15		

หมายเหตุ ** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ข
ลักษณะกึ่งอ่อนกระถิ่นหลังการดับ



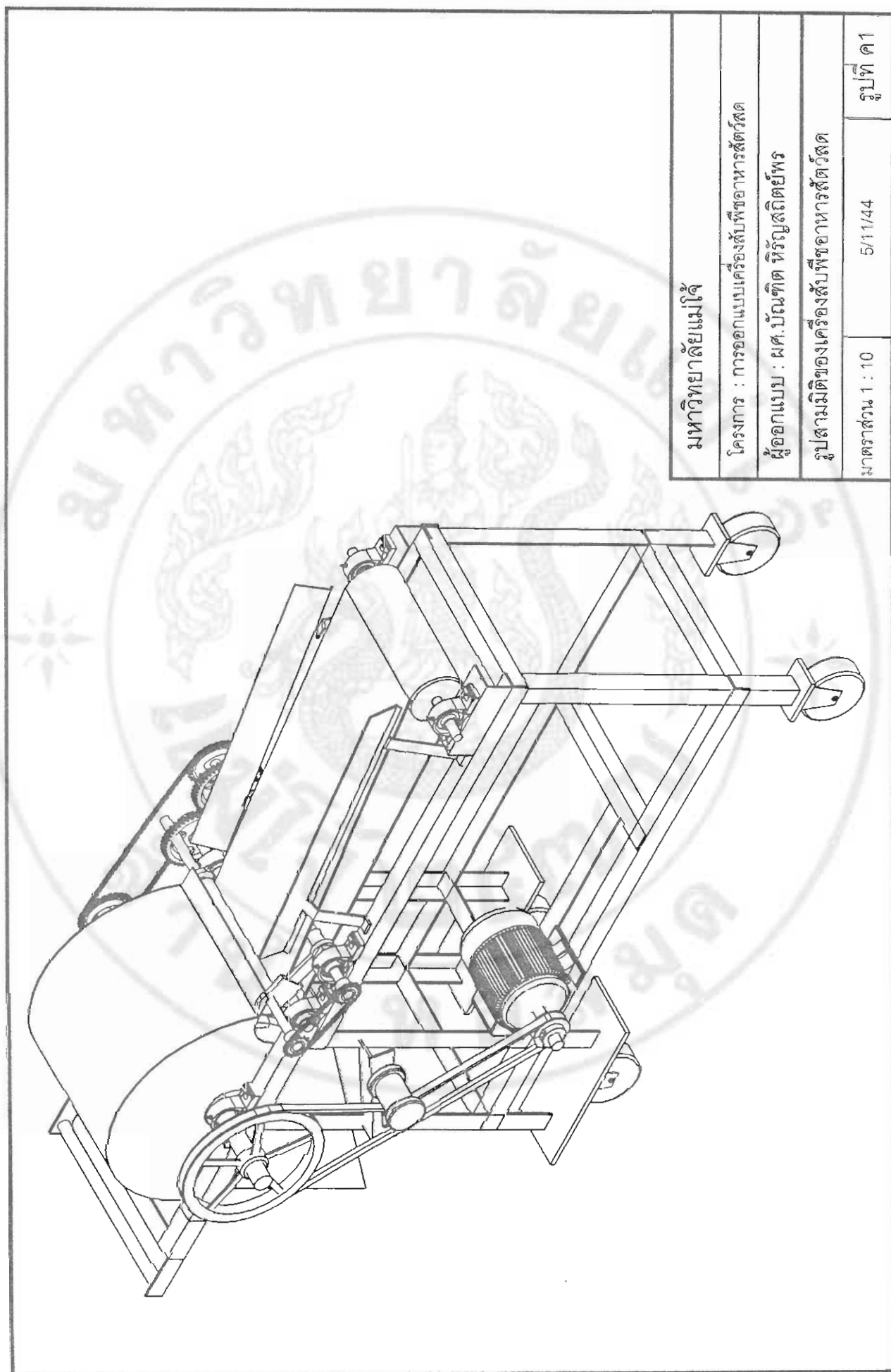


รูปที่ ๑๑ ลักษณะกิ่งอ่อนกระถินหลังการสับ

ภาคผนวก ค

ภาพเขียนเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด





มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โครงการ : การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

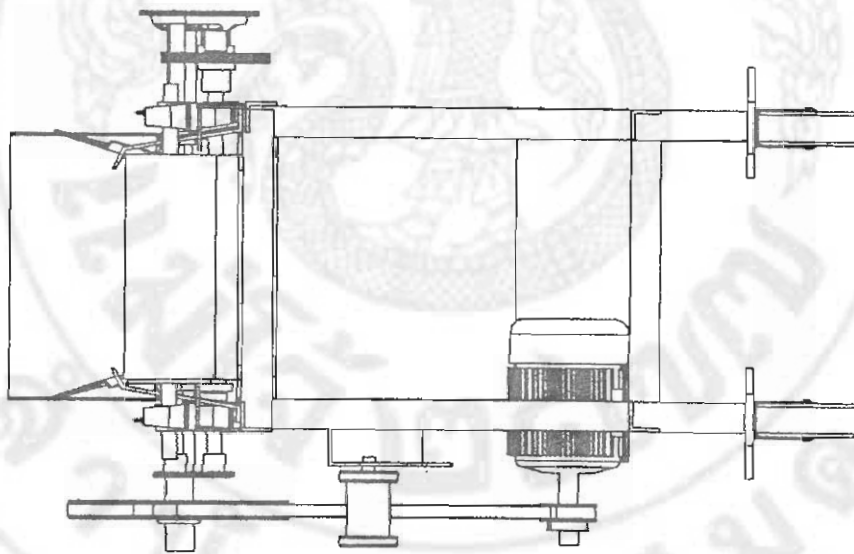
ผู้ออกแบบ : ผศ. บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

รูปตามมิติของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

มาตราส่วน 1 : 10

5/1/44

รูปที่ ค1



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โครงการ : การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

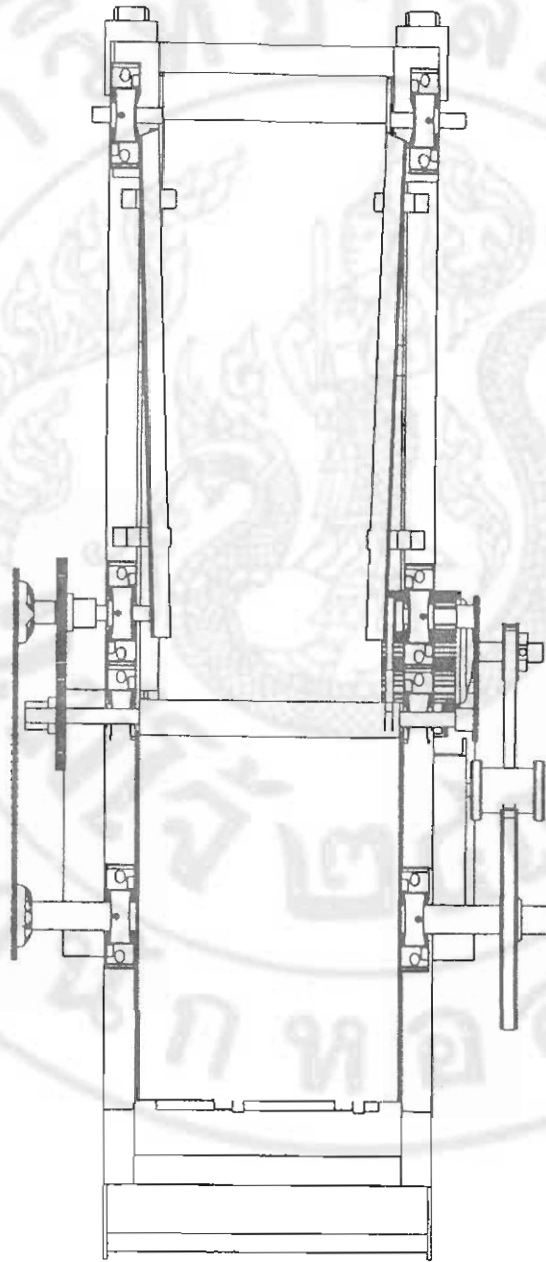
ผู้ออกแบบ : ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

รูปด้านหน้าของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

มาตราส่วน 1 : 10

5/11/44

รูปที่ ค2



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โครงการ : การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

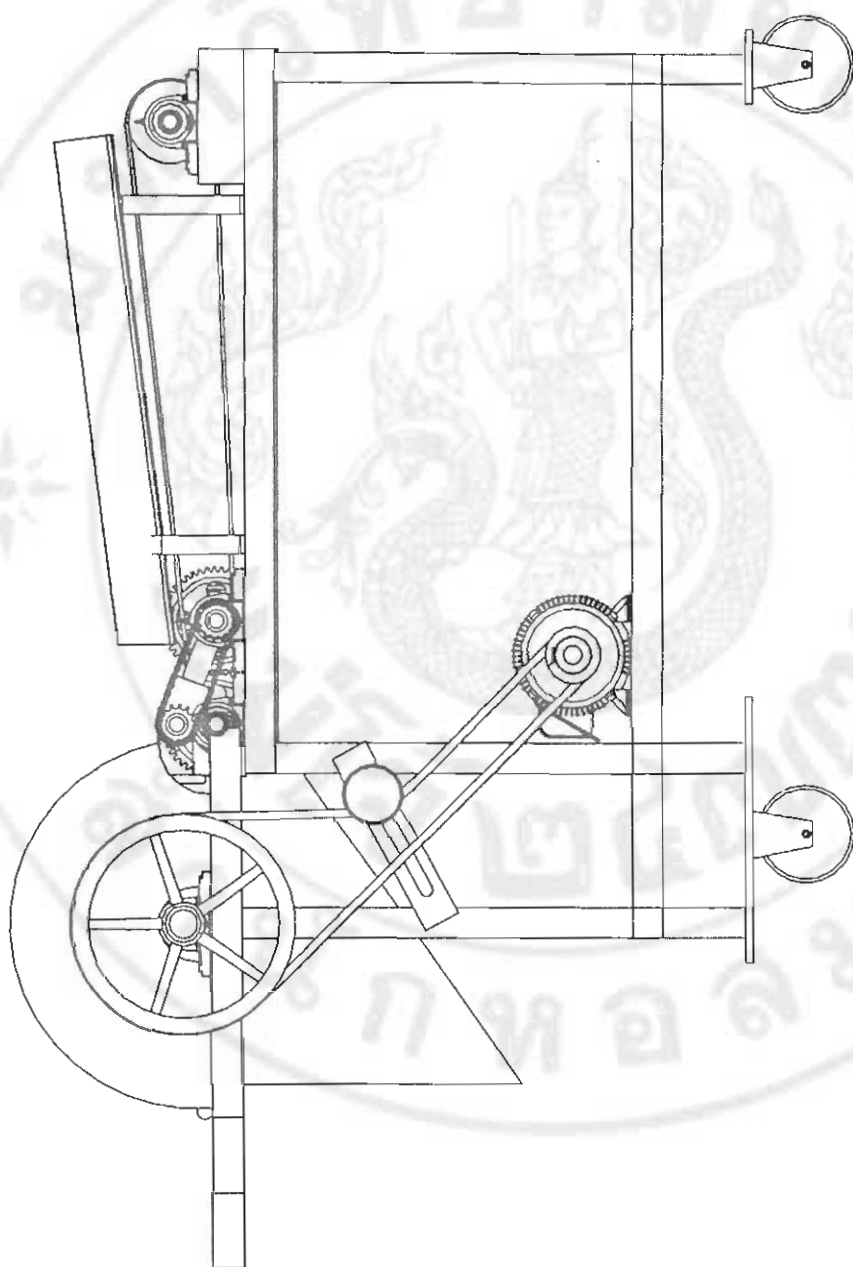
ผู้ออกแบบ : ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

รูปด้านบนของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

มาตราส่วน 1 : 10

5/11/44

รูปที่ ค3



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

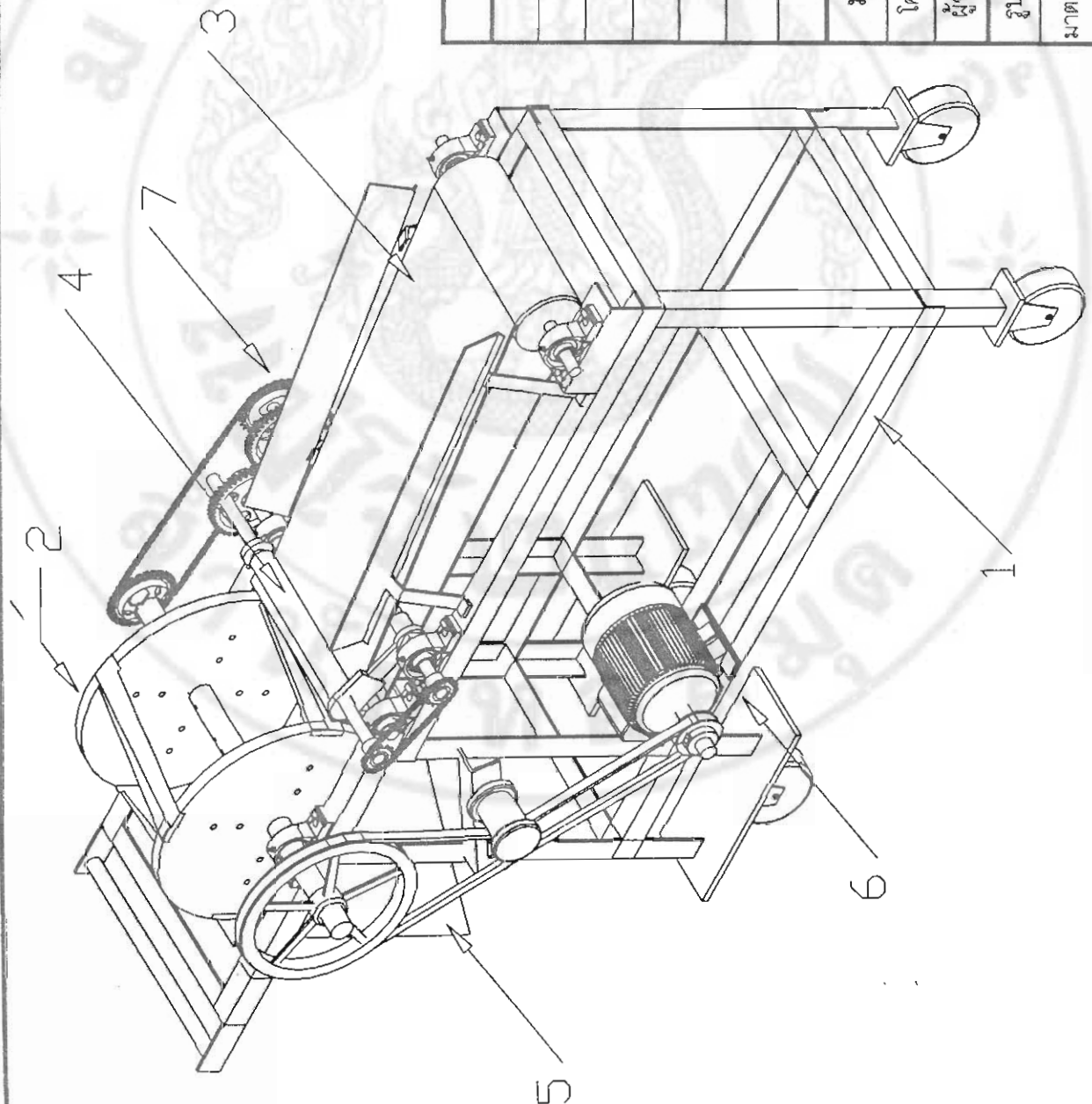
โครงการ : การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

ผู้ออกแบบ : ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

รูปด้านข้างของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด

มาตราส่วน 1 : 10

รูปที่ ค4



ชิ้นส่วนที่	รายการ
1	โครงเครื่องสับ
2	หัวสับ
3	สายพานป้อนวัสดุ
4	ลูกกลิ้งป้อนวัสดุ
5	ช่องปล่อยวัสดุ
6	มอเตอร์ไฟฟ้า
7	เฟืองโซ่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
โครงการ : การออกแบบเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	
ผู้ออกแบบ : ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร	
รูปแสดงส่วนประกอบของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สด	
มาตราส่วน 1 : 10	5/11/44
รูปที่ ค5	