

การออกแบบและสร้างเครื่องขบต้นมันสำปะหลัง

DESIGN AND FABRICATION OF CASSAVA STEM CHOPPER



จัดทำขึ้นเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของศูนย์ส่งเสริมวิชาการและพัฒนาระบบการผลิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศูนย์วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMUTL-2016-BN-M-100-045

การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

DESIGN AND FABRICATION OF CASSAVA STEM CHOPPER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-100-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND FABRICATION OF CASSAVA STEM CHOPPER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-100-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง
Thesis Title Design and Fabrication of Cassava Stem Chopper
นักศึกษา นายธีรธรรม กุญแจโงะ
รหัสประจำตัว 54072210
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วิมล กล้าจริง
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KJ5 11-2016-N-W-00 015

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ปานเนตร ศิริจนบุญรัตน์	ศ.ดร.วิมล กล้าจริง	
ผศ.ดร.ศิริพงษ์ นวลโพธิ์	ดร.ธีรธรรม กุญแจโงะ	
ผศ.ดร.กวีสาบรณ์ ปุระวัชรินทร์	รศ.ดร.วิมล กล้าจริง	
ดร.วิมล กล้าจริง	รศ.ดร.วิมล กล้าจริง	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KJNC WONGSAWAT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRAEANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. สมสัน มาลีลี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง
นักศึกษา	นายรังสรรค์ ภูงำโรง
รหัสประจำตัว	54612210
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร .วินัย กล้าจริง

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มเป็นการ การศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง เพื่อให้เกษตรกร สามารถนำต้นมันสำปะหลังที่เหลือจากขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น อาหารสัตว์ เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นต้น เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง มีส่วนประกอบหลักคือ ชุดป้อน ชุดสับย่อยและชุดถ่ายทอดกำลัง โดยชุดป้อนเป็นแบบช่องนำป้อนด้วยมือมีมุมเอียง 60 องศา ความกว้าง 21 เซนติเมตร ความยาว 23.50 เซนติเมตรเมตร ความสูง 58 เซนติเมตร ชุดสับย่อยเป็นแบบชุดใบมีดแบบจานหมุน มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ติดใบมีดจำนวน 4 ใบมีด ความกว้างในการสับ 20 เซนติเมตร เพลาใบมีดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร และชุดถ่ายทอดกำลังเป็นแบบ สายพานขับแบบร่องวีชนิดบี จำนวน 2 เส้น พูลเลย์ขับและพูลเลย์ตาม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.45 และ 7.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า จากนั้นได้ทำการทดสอบกับต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ความเร็วรอบเพลาขับ ที่ 450 600 800 และ 950 รอบต่อนาที พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 950 รอบต่อนาที ซึ่งจะมีความสามารถในการทำงาน 136.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 82.87 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) คุณภาพของ การย่อย ต้นมันสำปะหลัง 82.37เปอร์เซ็นต์ (โดยขนาด) กำลังงาน ไฟฟ้าที่ใช้ 2.07 กิโลวัตต์ และมีค่าเฉลี่ยแรงบิดของเพลาชุดใบมีด 5.56 นิวตันเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design and Fabrication of Cassava Stem Chopper
Student	Mr. Rangsan Koodsamrong
Student ID.	54612210
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Vinai Klajing

ABSTRACT

The purpose of this research was to design and fabricate a cassava stem chopper machine. This machine could help farmers to harvest cassava stem which is further used for various purposes such as animal feeding or biomass processing etc. A cassava stem chopper consists of 3 main components, a manual feeding set, a cutter head set and a power transmitting set. The manual feeding set has width, length and height of 21.0, 23.5 and 58.0 cm respectively; moreover it has a slope of 60 degree. The cutter head resemblance to a flying wheel is equipped with 4 blades and has a chopping width of 20 cm, diameter of 60 cm and chopping shaft of 3.5 cm. The power transmitting set has a main pulley of 11.45 cm diameter and has incorporated 2 lines of V-belt type B for transmitting power to other pulley (7.5 cm diameter). For the source of power, a 2 horse power electric motor has been employed. The test was carried out with Hauybong-60 variety of cassava. The different rotational speeds used by drive shaft were 400, 600, 800 and 950 rpm for testing the chopper. The result has shown that the optimum speed was 950 rpm yielding the right size and quality of cassava stem approximately 82.87% (by piece) and 82.37 % (by weight). The capacity of machine was 136.76 kg/hr, torque of chopper shaft was 5.56 N-m on average and electric power consumption was 2.07 kW.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ .ดร.วินัย กล้าจริง ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ รวมทั้งข้อชี้แนะ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณสาขาวิชากรรมเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทดสอบเครื่องในครั้งนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

รังสรรค์ กุฎสำโรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.4.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ.....	3
1.4.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของต้นมันสำปะหลังโดยการกดตัดด้วยเครื่อง UTM.....	3
1.4.3 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	4
1.4.4 การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	5
1.4.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ประวัติความเป็นมาของมันสำปะหลังและการเพาะปลูก.....	7
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....	8
2.1.2 การใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง.....	10
2.1.3 ชนิดและพันธุ์ของมันสำปะหลัง.....	11
2.2 ประเภทของเครื่องสับ เครื่องย่อยและเครื่องลดขนาดวัสดุ.....	13
2.2.1 เครื่องย่อยเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Chipping and Chunking).....	13
2.2.2 เครื่องหั่น (Shredder).....	15
2.2.3 เครื่องเลื่อย (Saw Machine).....	16
2.3 ประเภทของเครื่องผลิตชิ้นไม้สับ.....	16
2.3.1 แบบ Gravity feed.....	16
2.3.2 แบบ Horizontal Feed.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 แบบ Side Discharge.....	17
2.3.4 แบบ Blow Discharge.....	18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	22
2.5.1 การคำนวณน้ำหนักต่อความยาวของลำต้นพืช.....	22
2.5.2 ความชื้น.....	22
2.5.3 ความเค้นเฉือน.....	22
2.5.4 การออกแบบเพลลา.....	23
2.5.5 การออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพาน.....	24
2.5.6 การคำนวณเกี่ยวกับล้อสายพาน.....	24
2.5.7 การคำนวณความสามารถในการทำงาน.....	25
2.5.8. การคำนวณกำลังไฟฟ้า.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	27
3.1. อุปกรณ์.....	27
3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดย่อย.....	27
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชุดย่อย.....	27
3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบชุดย่อย.....	27
3.2. วิธีการ.....	28
3.2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ.....	28
3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	31
3.2.3 การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	32
3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	35
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ.....	35
4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง.....	35
4.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของการย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	36
4.2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง.....	39
4.2.1 ชุดป้อน.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ชุดย่อย.....	40
4.3 ผลการทดสอบเครื่องย่อยลำต้นมันสำปะหลัง.....	43
4.3.1 ผลการสอบเทียบค่าเครื่องวัดแรงบิด.....	44
4.3.2 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อคุณภาพของขนาดชิ้นสับที่ 20 มิลลิเมตร.....	44
4.3.3 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (T_{max}).....	45
4.3.4 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อย.....	46
4.3.5 ผลของความเร็วชุดย่อยต่อความสามารถและประสิทธิภาพการทำงาน.....	47
4.3.6 ผลของความเร็วชุดตัดย่อยอัตราการผลิตพลังงานทางไฟฟ้า.....	47
4.4. ผลการวิเคราะห์การทดสอบ.....	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	50
5.1 สรุป.....	50
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	52
ภาคผนวก.....	55
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ.....	56
ภาคผนวก ข ตารางผนวก.....	64
ภาคผนวก ค ภาพผนวก.....	87
ภาคผนวก ง แบบเครื่องย่อยลำต้นมันสำปะหลัง.....	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าตัวประกอบความกล้า.....	24
4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง.....	35
4.2 แรงเฉือนสูงสุด (Max. Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที.....	37
4.3 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max. shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที.....	38
4.4 แรงเฉือนสูงสุด (Max. Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา.....	38
4.5 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max. shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา.....	38
4.6 สมการทำนายค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60.....	39
4.7 สมการทำนายค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81.....	39
4.8 คุณภาพของชูด้อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน (ผ่านตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร).....	45
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของชูด้อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (T_{max}).....	46
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของชูด้อยต่อแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อย.....	46
4.11 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบ ชูด้อยที่แตกต่างกัน.....	47
4.12 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบที่ความเร็วของชูด้อยแตกต่างกัน.....	48
4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการย่อย ประสิทธิภาพการทำงานและกำลังงานไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน.....	48

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะการติดตั้งการวัดแรงเฉือนโดยเครื่อง UTM.....	4
2.1 ระบายากของต้นมันสำปะหลัง.....	8
2.2 ลักษณะของหัวมันสำปะหลัง.....	8
2.3 ส่วนประกอบของหัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวาง.....	9
2.4 ส่วนของลำต้นมันสำปะหลัง.....	9
2.5 ส่วนเขตใบของต้นมันสำปะหลัง.....	10
2.6 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90.....	12
2.7 มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50.....	12
2.8 มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60.....	13
2.9 ประเภทของเครื่องสับย่อยลดขนาด จำแนกตามประเภทของหัวสับ.....	14
2.10 เครื่องสับย่อยแบบ On-site Chipper ประเภทต่างๆ.....	15
2.11 แสดงเครื่องหั่น (Shredder).....	15
2.12 แสดงเครื่องเลื่อย (Saw Machine).....	16
2.13 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Gravity feed.....	17
2.14 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Horizontal Feed.....	17
2.15 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Side Discharge.....	17
2.16 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Blow Discharge.....	18
2.17 เครื่องตัดไม้โตเร็ว.....	18
2.18 เครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์.....	19
2.19 เครื่องย่อยวัสดุการเกษตร.....	20
2.20 เครื่องสับพืชชนิดหัวสับแบบทรงกระบอก.....	20
2.21 ลักษณะของเพลากายใต้การรับแรงต่างๆ.....	23
3.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	29
3.2 วัดความยาวและความโค้ง.....	29
3.3 ชั่งน้ำหนักน้ำหนักตัวอย่าง.....	29
3.4 อบต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้ง.....	29
3.5 แสดงลักษณะการติดตั้งการวัดแรงเฉือนโดยเครื่อง UTM.....	30
3.6 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของการย่อยต้นมันสำปะหลังโดยการกดตัดด้วยเครื่อง UTM.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.7 ติดตั้ง Strain gauge บนเพลลาชุดสับตัด.....	32
3.8 ติดตั้ง Slip ring บนเพลลาชุดย่อย.....	32
3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนการทดสอบ.....	33
3.10 การสอบเทียบค่าเครื่องวัดแรงบิด.....	33
3.11 การออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดย่อยต้มมันสำปะหลัง แบบ 3x4 Factorial.....	34
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและระยะทางของใบมีด (force - displament).....	37
4.2 ส่วนประกอบของเครื่องย่อยต้มมันสำปะหลัง.....	40
4.3 แรงที่กระทำกับชุดเพลลา.....	40
4.4 Shear Diagram และ Moment Diagram ของเพลลาชุดสับ.....	42
4.5 ลักษณะของมีดสับ.....	42
4.6 ลักษณะของใบมีดล่าง.....	43
4.7 เครื่องย่อยต้มมันสำปะหลังต้นแบบ.....	43
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงบิดและค่า V_{out} ที่ได้จากการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงบิด.....	44
4.9 ผลของการย่อยในการทดสอบที่ความเร็วรอบชุดย่อยแตกต่างกัน.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 8.1 ล้านไร่ ให้ผลผลิตรวม 28.2 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 2.9 ตันต่อไร่ ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก ทำรายได้เข้าประเทศมากกว่า 60,000 ล้านบาท ซึ่งมีประเทศคู่ค้าที่สำคัญ คือ จีน ไต้หวัน อินโดนีเซีย และสหภาพยุโรป โดยในปีเพาะปลูก 2556 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดประมาณ 4.2 ล้านไร่ ภาคกลาง 2.2 ล้านไร่ และภาคเหนือ 1.7 ล้านไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2556) ซึ่งมันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกๆ ส่วน ตั้งแต่ยอดจนถึงรากและยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้า เช่น แป้งมันสำปะหลัง แอลกอฮอล์ มันอัดเม็ด เป็นต้น โดยเกษตรกรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกมันสำปะหลังจะทำการเก็บเกี่ยว 1 ครั้งต่อปี โดยจะทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนที่เป็นหัวมันสด และเก็บเกี่ยวลำต้นมันสำปะหลังบางส่วน เพื่อนำไปเป็นท่อนพันธุ์ สำหรับเพาะปลูกในฤดูกาลต่อไป ทำให้มีต้นมันสำปะหลังจำนวนมากถูกทิ้งไว้ในแปลงปลูก โดยการเพาะปลูกแต่ละครั้งจะใช้ต้นมันสำปะหลังเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ของต้นมันสำปะหลังทั้งหมด จึงทำให้ต้นมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมากถึง 3 ตันต่อไร่ (โสภณและคณะ, 2526) นอกจากนี้ ใบมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยต้นและใบมันสำปะหลังสดทั่วไปจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับไซยาไนด์สูงจึงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ แต่เมื่อทำให้แห้งโดยการผึ่งแดด จะมีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีนจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 21 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.99 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.73 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย, 2529) นับเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเส้นใยอาหารค่อนข้างสูง มีคุณค่าทางอาหารในระดับที่ดี อีกทั้งยังมีราคาถูกจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม จากการศึกษาพบว่า การใช้ต้นมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบการให้อาหารต่อปริมาณการกิน การย่อย การให้ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในโคนม โดยใช้ต้นมันสำปะหลังตากแห้งหรือต้นมันสำปะหลังสดนำมาหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบผสมสำเร็จร่วมกับรูปแบบการให้อาหารทั่วไปนั้นจะมีความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก ความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมน และยูเรียไนโตรเจนในพลาสมาของโคนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับอาหารทั่วไป (พิรพร, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น สรุปได้ว่าสามารถนำต้นมันสำปะหลังทั้งตากแห้งหรือหมักแล้วผสมเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จได้ โดยใช้รูปแบบการให้อาหารแบบจำกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำนมของโคนม

จะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตมันสำปะหลัง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย แต่เนื่องด้วยเรื่องของต้นทุนค่าแรงงานรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและการเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มสูงขึ้น ถ้าหากจะนำของเหลือทิ้งจากการผลิตมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต เช่น การนำต้นและใบมันสำปะหลังไปใช้เป็นปุ๋ยพืชสดช่วยบำรุงดิน และนำมาตัดย่อยเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นและใบมันสำปะหลังจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่จะมีเครื่องจักรเข้ามาช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย เพื่อแปรรูปใช้สิ่งที่ทิ้งไปให้เกิดคุณค่าต่อไป

1.2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของต้นมันสำปะหลัง
2. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง
3. เพื่อทดสอบ หาความสามารถ และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยต้นมัน

สำปะหลัง

1.3. ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องย่อย เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความโค้ง ความชื้น แรงเฉือนสูงสุด และกำลังเฉือนสูงสุด ที่ใช้ในการตัดของต้นมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81 จากนั้นทำการประดิษฐ์เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังแบบจานกลม 4 ใบมีด จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบกับลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ณ พื้นที่ ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

1.4. ขั้นตอนการศึกษา

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ มีขั้นตอน การดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย การศึกษาคุณสมบัติต่างๆของต้นมันสำปะหลัง ขั้นตอนการออกแบบ การสร้างเครื่องและการทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้ ใช้สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นในขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยทำการศึกษาดังนี้

1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง ได้แก่ ความชื้น เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความโค้ง และ น้ำหนักของต้นมันสำปะหลัง โดยสามารถทำได้ดังนี้

2 ตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81 จากแปลงปลูกต้นมันสำปะหลังของเกษตรกรใน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ที่มีอายุประมาณ 8-10 เดือน มาทำการทดสอบ

3 ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81

3.1 วัดขนาดโดยทั่วไปของต้นมันสำปะหลัง

3.1.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นมันสำปะหลัง โดยแบ่งลำต้นมันสำปะหลังเป็น 3 ส่วน เท่าๆกัน ได้แก่ ส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วนปลาย โดยส่วนโคนวัดจากบริเวณส่วนล่างสุดของลำต้นมันสำปะหลังส่วนกลางวัดจากกึ่งกลางของลำต้น และส่วนปลายวัดจากบริเวณปลายสุดของลำต้นมันสำปะหลัง บันทึกผล

3.1.2 วัดความยาวโดยรวมของลำต้นมันสำปะหลัง โดยวัดจาก บริเวณส่วนโคนของต้นมันสำปะหลังจนถึงส่วนปลายสุดของต้นมันสำปะหลัง บันทึกผล

3.1.3 ชั่งน้ำหนักต้นมันแต่ละต้น บันทึกผล

3.1.4 คำนวณน้ำหนักต่อความยาวต้นมันสำปะหลัง (Mohsenin, N.N., 1987)

3.2 หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (ASAE S358.2 FEB03. 2003)

3.2.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะบรรจุตัวอย่าง

3.2.2 วางตัวอย่างในภาชนะบรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย 25 กรัม

3.2.3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างรวมกับภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ต้อง การนำไปอบหาน้ำหนัก (บันทึกข้อมูล)

3.2.4 วางภาชนะที่มีตัวอย่างในเครื่องอบแห้ง ไม่ต้องปิดฝา

3.2.5 ทำการอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70°C นาน 72 ชั่วโมง

3.2.6 เมื่อครบกำหนดนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.2.7 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสามการที่ 2 หรือ 3

1.4.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของต้นมันสำปะหลังโดยการกดตัดด้วยเครื่อง UTM

1 การเตรียมตัวอย่างและการติดตั้งอุปกรณ์

1.1 ตัดต้นมันสำปะหลังให้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตรเมตร

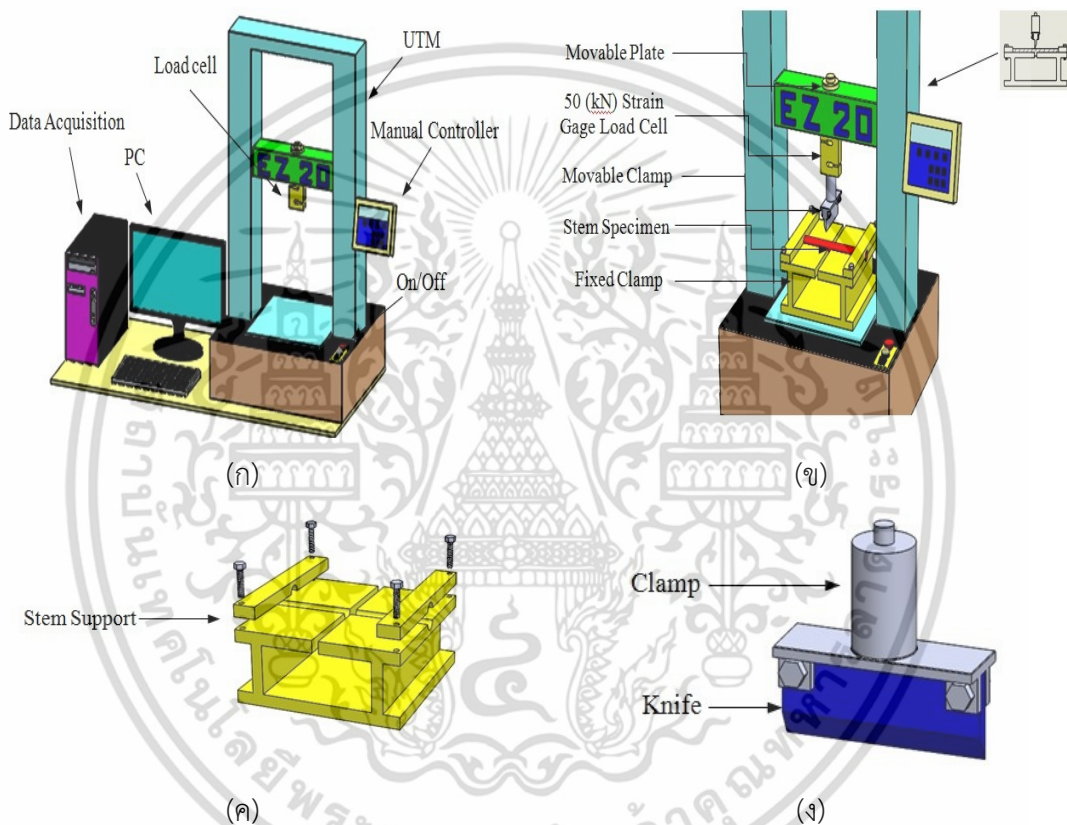
1.2 ติดตั้งอุปกรณ์ในการกดต้นมันสำปะหลัง

1.3 ทำการทดสอบกดต้นมันสำปะหลัง โดยใช้มุมมีดที่ 30 45 และ 60 องศา ที่ความเร็วในการกด 20 มิลลิเมตรต่อนาที

1.4 ทำการทดสอบ 10 ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละมุมใบมีด บันทึกผล

1.5 เมื่อได้มุมของใบมีดที่ต้องการแล้ว นำมาทดสอบกดต้นมันสำปะหลัง โดยเพิ่มความเร็วในการกดที่ความเร็วในการกด ที่ 40 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างๆ 3 ซ้ำ ในแต่ละความเร็วในการกด บันทึกผล

1.6 นำค่าที่ได้ไปคำนวณกำลังเฉือนสูงสุดและบันทึกผล



ภาพที่ 1.1 ลักษณะการติดตั้งการวัดแรงเฉือนโดยเครื่อง UTM
ที่มา; Chattopadhyay and Pandey (1999)

1.4.3. การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

จากการศึกษาข้อมูล เบื้องต้น ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง สามารถกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์การออกแบบ

1.1 สามารถย่อยต้นมันสำปะหลัง โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

1.2 เกษตรกรสามารถใช้ได้สะดวก ไม่ซับซ้อน ชิ้นส่วนและองค์ประกอบไม่มากเกินไป และมีความปลอดภัย

1.3 ง่ายต่อการบำรุงรักษา อุปกรณ์ชิ้นส่วนหากชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

2. การออกแบบระบบการทำงาน

รายละเอียดในการออกแบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

2.1 ใบมีดบนทำหน้าที่ในการย่อยต้นมันสำปะหลังที่ถูกป้อนมาจากช่องป้อน

2.2 ช่องป้อนทำหน้าที่เป็นช่องสำหรับลำเลียงต้นมันสำปะหลังเข้าไปยังชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง และยังช่วยป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเกษตรกรในขณะที่ทำการป้อนต้นมันสำปะหลัง เข้าไปยังชุดย่อยต้นมันสำปะหลังอีกด้วย

2.3 ใบมีดล่างทำหน้าที่เหมือนเขียงที่รองรับการสับจากชุดใบมีดบนเพื่อให้ได้ ขนาดของชิ้นวัสดุหลังจากการตัดตรงตามความต้องการของเกษตรกร

3. การคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

3.1 การคำนวณแรงและพลังงานที่ใช้กับการย่อยต้นมันสำปะหลัง

3.2 คำนวณหาขนาดต้นกำลังของเครื่อง

3.3 คำนวณหาขนาดของเพลลา

3.4 คำนวณหาขนาดของพูลเลย์ขับเคลื่อนมาตรฐาน

3.5 ออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพาน

1.4.4. การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณา มีดังนี้ ขนาดชิ้นส่วนของต้นมันสำปะหลังหลังการย่อย ความสามารถในการทำงานและกำลังที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมต้นมันสำปะหลัง สำหรับการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81 จากแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรใน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ที่มีอายุประมาณ 8-10 เดือน จำนวน 50 กิโลกรัม

1.2 นำต้นมันสำปะหลัง แบ่งเป็น 20 ชุดๆ ละ 3 กิโลกรัม

2. การทดสอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 สตาร์ทมอเตอร์และปรับความเร็วรอบที่ 400 รอบต่อนาที

2.2 ป้อนต้นมันสำปะหลังเข้าสู่ชุดย่อยมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องจำนวน 1 ชุด บันทึกเวลาในการป้อน ความเร็วรอบ กระแส และแรงดันไฟฟ้า โดยทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำผลที่ได้ มาคำนวณหาความสามารถในการทำงานและกำลังที่ใช้ในการย่อยมันสำปะหลัง

2.3 นำต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับแล้วมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปเข้าตะแกรงคัด ขนาด เพื่อหาคุณภาพในการสับย่อย

2.4 ดำเนินการทดสอบที่ความเร็วรอบ 600 800 และ 950 รอบต่อนาที ตามลำดับ

1.4.5. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในการศึกษานี้ ค่าที่ชี้วัดผลการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน ขนาดชิ้นส่วนหลังการย่อย และกำลังที่ใช้ในการ ย่อยต้นมันสำปะหลัง ทำการวิเคราะห์ ตัวบ่งชี้ที่มีผลกระทบต่อกันระหว่างตัวแปรต่างๆ คือ ความเร็วรอบ ของชุดย่อยต่อขนาดชิ้นส่วนหลังย่อย และความเร็วรอบ ของชุดย่อยต่อกำลังที่ใช้ หรือไม่อย่างไร ระบุถึงความสามารถของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังที่สร้างขึ้น รวมทั้ง หาสภาวะ การ ใช้งานที่เหมาะสมได้ เช่นความเร็วรอบ กำลังที่ใช้ และขนาด ของต้นมันสำปะหลังที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของมันสำปะหลังและการเพาะปลูก

दन्य (2537) กล่าวว่า มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Mani hot esculent a chants* มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yucca, Mandioa, Manioc, Tapioca มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบียและเวเนซุเอลามานานกว่า 3,000–7,000 ปีมาแล้ว สันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดมันสำปะหลังมี 4 แหล่งด้วยกันคือ

1. แถบประเทศกัวเตมาลาและเม็กซิโก
2. ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้
3. ทางทิศตะวันออกของประเทศโบลิเวียและทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอาร์เจนตินา
4. ทางทิศตะวันออกของประเทศบราซิล

ในทวีปเอเชียมีการนำมันสำปะหลังมาปลูกครั้งแรกที่ประเทศฟิลิปปินส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจาก ประเทศเม็กซิโก และในเวลาต่อมาก็มีการปลูกที่อินโดนีเซียและเมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจาก ประเทศแอฟริกามาปลูกที่ ประเทศ อินเดีย เพื่อใช้ในการทดลอง สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใด แต่คาดว่าเข้ามาในระยะ เวลาเดียวกันกับการเข้าสู่ ประเทศศรีลังกาและ ประเทศฟิลิปปินส์ คือ ประมาณปี พ.ศ. 2329–2383 มันสำปะหลังเดิมเรียกกันว่า มันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกว่า มันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่ามันหลา)

ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าเพื่อใช้ทำแป้งและสาकुในภาคใต้ โดยปลูก ระหว่างแถวของต้นยางพารากันมากกว่า 70 ปีมาแล้ว โดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรม ทำ แป้งและสาकुจำหน่ายไปยัง รัฐปีนังประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์ แต่การปลูกมันสำปะหลัง ทางภาคใต้ค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการขยายการปลูกยางพารา ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาค ตะวันออก คือจังหวัดชลบุรี ระยองและจังหวัดใกล้เคียง เมื่อความต้องการผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ในภาคตะวันออกผลิตได้ไม่เพียงพอ ต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ เพาะ ปลูกไปยังจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะ จังหวัดใน ทางภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ จนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศไทย

2.1.1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

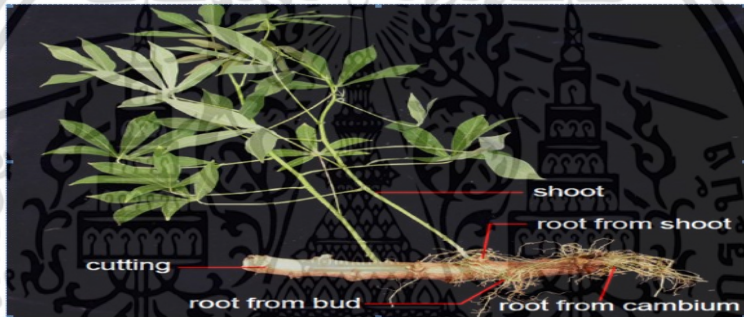
1. ราก

ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535) กล่าวว่า ระบบรากมันสำปะหลัง เป็นแบบรากฝอย (ภาพที่ 2.1) เกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกลงและขยายใหญ่เป็นหัว (ภาพที่ 2.2) หัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวางมีส่วนประกอบ (ภาพที่ 2.3) ดังนี้

1.1 เปลือกชั้นนอก (periderm) เป็นชั้นของเซลล์ผิวชั้นนอก (epidermal cell) และชั้นของคอร์ทรวมกัน

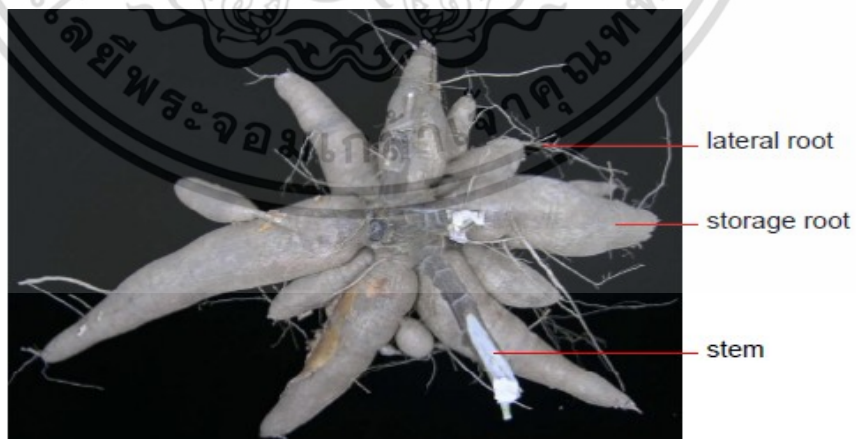
1.2. เปลือกชั้นใน (cortical region) เป็นส่วนของคอร์เทกซ์ และกลุ่มโฟลเอ็ม (phloem bundle) เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน เรียกรวมกันว่า peel

1.3. ส่วนสะสมแป้งหรือไส้กลาง (starchy หรือ central pith) ประกอบด้วยเซลล์ พาเรนไคมา (parenchyma cell) กลุ่มท่อน้ำ (xylem bundle) และท่อน้ำยาง (latex tube)



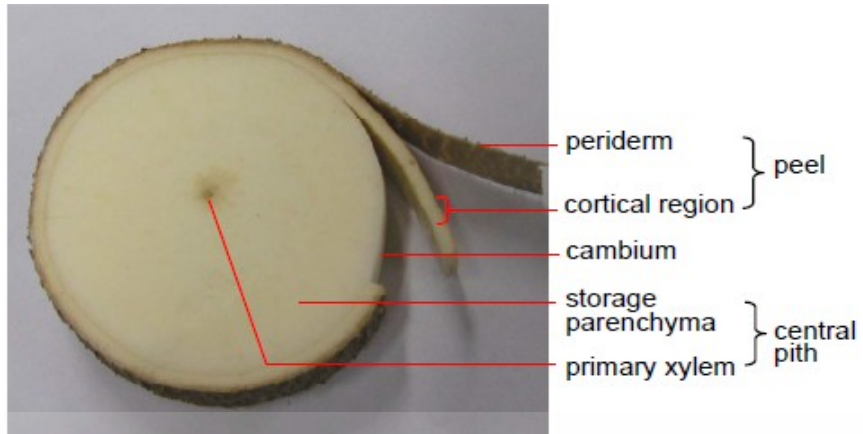
ภาพที่ 2.1 ระบบรากของต้นมันสำปะหลัง

ที่มา; ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของหัวมันสำปะหลัง

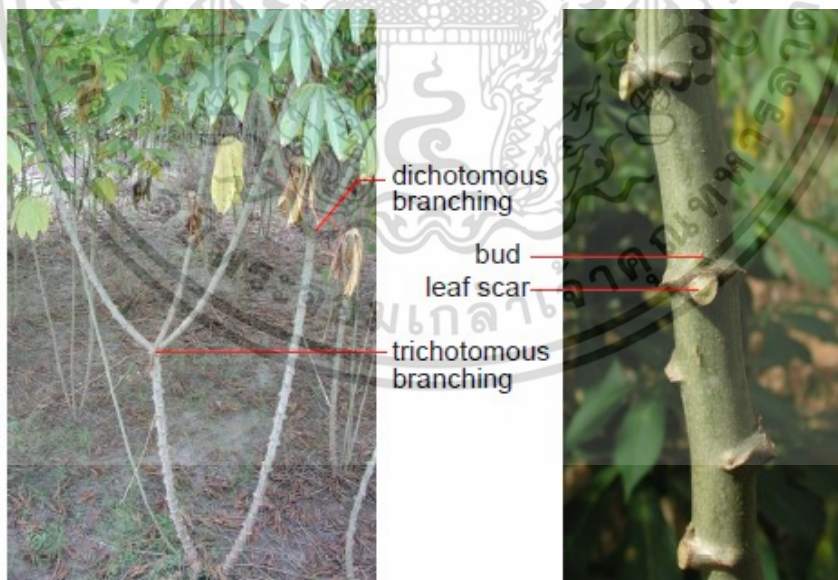
ที่มา; ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535)



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของหัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวาง
ที่มา; ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535)

2. ลำต้น

ลำต้นตั้งตรง เป็นไม้เนื้อแข็ง สูง 1-5 เมตร มีการแตกกิ่ง กิ่งที่แตกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) และกิ่งที่แตกจากกิ่งชุดแรกเรียกว่า กิ่งชุดที่สอง (secondary branch) มันสำปะหลังจะแตกกิ่งเป็นแบบ 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) บนลำต้นจะเห็นรอยของก้านใบที่หลุดร่วงไปเรียกว่า รอยแผลใบ (leaf scar) ระหว่างรอยแผลใบเรียกว่า ความยาวของชั้น (storey length) เหนือรอยแผลใบมีตา (bud) (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 ส่วนของลำต้นมันสำปะหลัง

ที่มา; ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใบ

ใบเป็นใบเดี่ยว (Simple leaf) เกิดเวียนสลับรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) เท่ากับ $2/5$ แผ่น ใบเว้าลึกเป็นแฉก (lobe) แบบ palmate ใบมีก้านใบ (petiole) ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule) (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 ส่วนเขตใบของต้นมันสำปะหลัง
ที่มา; ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535)

2.1.2. การใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง

บวรเพชร (2537) กล่าวว่า มันสำปะหลังเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยที่มีลำดับเป็นรองก็แต่ข้าวและยางพารา มันสำปะหลังสามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 2 หมื่นล้านบาท และผูกพันกับเกษตรกรไม่น้อยกว่า 6 ล้านคน ซึ่งสามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ประมาณ 20 ล้านตันต่อปี บนพื้นที่เพาะปลูก 10 ล้านไร่ นอกจากนี้เศรษฐกิจมันสำปะหลังยังสัมพันธ์กับการเป็นอาหารเพื่อบริโภคในรูปของแป้งมันและการเป็นอาหารสัตว์ที่ผลิตจากมันสำปะหลังอัดเม็ดหรือมันเส้น โดยส่วนประกอบของมันสำปะหลังประกอบไปด้วย

1. หัวสด

ใช้เป็นอาหารมนุษย์ โดยรับประทานสด ต้ม นึ่ง ย่าง อบ เชื่อม ทำเป็นแป้งแล้วแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ ตลอดจนนำมาผานเป็นแผ่นบางๆ แล้วทอด

ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งที่เป็นหัวสด กากที่เหลือจากการทำแป้งและเปลือกของหัวสด

ใช้ส่งโรงงานอุตสาหกรรมทำแป้ง มันเส้น มันอัดเม็ด แอลกอฮอล์ ฯลฯ

2. ใบ

ใช้เป็นอาหารมนุษย์ รับประทานสด ต้มจิ้ม น้ำพริก นำมาแกงได้

ใช้เป็นอาหารสัตว์ ในรูปใบ สด หรือ ตากแห้งปนผสมกับอาหารชั้นเลี้ยงสัตว์และเป็น

อาหารผสม

3. ลำต้น

ใช้ทำเป็นท่อนพันธุ์ โดยตัดออกเป็นท่อนๆ นำไปปลูกได้

ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยตัดส่วนยอดผสมกับไบสดใช้เลี้ยงสัตว์ ตากแห้งเป็นอาหารหยาบ

4. เมล็ด

ใช้สกัดน้ำมันที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยา

พิรพร (2552) กล่าวว่า ต้นมันสำปะหลังสามารถนำมาเป็นอาหารโคนมได้ โดยการนำต้นมันสำปะหลัง ขนาดไม่เกิน 20 มิลลิเมตร นำมาตากแห้งหรือหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบผสมสำเร็จร่วมกับรูปแบบการให้อาหารทั่วไป โดยใช้รูปแบบการให้อาหารแบบจำกัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำนม

2.1.3. ชนิดและพันธุ์ของมันสำปะหลัง

อัจฉรา และจรุงสิทธิ์ (2537) กล่าวว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดหวาน (Sweet type) เป็นมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขม ใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ มีทั้งเนื้อร่วนนุ่ม และเนื้อแน่นเหนียว แต่ในประเทศไทยไม่มีการปลูกในพื้นที่ใหญ่ๆ ส่วนใหญ่จะปลูกรอบๆ บ้านหรือตามร่องสวน เพื่อบริโภคเองในครัวเรือน หรือเพื่อจำหน่ายตามตลาดสดในท้องถิ่นในปริมาณไม่มาก

2. ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษและมีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์ หรือใช้หัวมันสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่ใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้ง มันอัดเม็ด แอลกอฮอล์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง

มันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขม สำหรับใช้ในอุตสาหกรรม พันธุ์ที่ปลูกกันมากเรียกกันว่าพันธุ์พื้นเมือง ต่อมากรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทำการปรับปรุง พันธุ์มันสำปะหลัง จนในปัจจุบันมีพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในอุตสาหกรรมจำนวน 9 สายพันธุ์

2.1. พันธุ์ระยะยง 60 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพดี รับรองพันธุ์ในปี พ.ศ. 2530 นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2. พันธุ์ระยะยง 90 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพดี รับรองพันธุ์ในปี พ.ศ. 2534 ปลูกได้ทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีดินค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90
ที่มา; Siam Quality Starch Co., Ltd. (2014)

2.3. พันธุ์ระยอง 5 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพดี รับรองพันธุ์ในปี พ.ศ. 2537 ปลุกได้ดีทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.4. พันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะปลุกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือรับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2543

2.5. พันธุ์ระยอง 7 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงเหมาะสมสำหรับปลุกทั้งต้นและปลายฤดูฝนรับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2548 ปลุกได้ดีในทุกแหล่งปลุกมันสำปะหลัง

2.6. พันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งและมันแห้งสูงและยังเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการใช้ผลิตเอทานอล รับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2549 ปลุกได้ดีในทุกแหล่งปลุกมันสำปะหลัง

2.7. พันธุ์ระยอง 11 รับรองพันธุ์ เมื่อปี พ.ศ.2553

2.8. พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 1 กับพันธุ์ระยอง 90 (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50
ที่มา; Siam Quality Starch Co., Ltd. (2014)

2.9. พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 กับพันธุ์ระยอง 5 ในปี พ.ศ.2534 ได้ทำการคัดเลือกทดสอบเปรียบเทียบพันธุ์จนถึงปี พ.ศ. 2544 ได้รับรองพันธุ์เมื่อปี พ.ศ. 2548 (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60
ที่มา; Siam Quality Starch Co., Ltd. (2014)

นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีการพัฒนาสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม ทนทานต่อโรคและแมลง

2.2. ประเภทของเครื่องสับ เครื่องย่อยและเครื่องลดขนาดวัสดุ

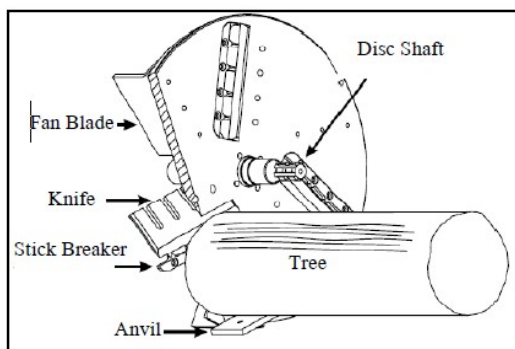
ณัฐพงษ์ (2551) กล่าวว่า ปัจจุบันเครื่องจักรกลสำหรับการลดขนาดเชื้อเพลิงชีวมวลมีมากมาย ผลิตทั้งในและต่างประเทศ โดยหลักการทำงานจะใช้แรงบีบอัด (Compression Forces) แรงกระแทก (Impact Forces) หรือแรงเฉือน (Shearing Forces) ขึ้นอยู่กับการออกแบบ โดยทั่วไป การสับ หรือย่อยลดขนาดเชื้อเพลิงชีวมวลจะใช้เครื่องจักร 3 ประเภท คือ

2.2.1. เครื่องย่อยเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Chipping and Chunking)

เป็นเครื่องสับย่อยที่ใช้แรงกระแทกและแรงเฉือนประกอบกัน เป็นเครื่องจักรที่ได้รับความนิยมใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีขนาดเล็ก เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ได้ในการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวล ณ แหล่งกำเนิด (On-site Biomass Feedstock Processing) และแบบรวมศูนย์ (Centralized Biomass Feedstock Processing) โดยการเปลี่ยนต้นกำลังเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในแปลงได้ เครื่องย่อยสามารถจำแนกออกได้ตามประเภทของหัวสับออกเป็น 2 ประเภท คือ หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) และหัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder Type) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 ส่วนหัวสับ (Cutter Head) ทั้ง 2 ประเภทจะมีคุณสมบัติเหมือนกันอยู่ 2 ประการ ดังนี้

- การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างของใบมีดจะทำให้เกิดการตัดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น ลำดับ
- ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับแต่ใบมีดที่เหลือนจะต้องมีระยะห่างเท่า ๆ กันเพื่อให้เกิดความสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) (ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder Type)

ภาพที่ 2.9 ประเภทของเครื่องสับย่อยลดขนาด จำแนกตามประเภทของหัวสับ
ที่มา; ญัฐพงษ์ (2551)

สำหรับเครื่องสับย่อย แบบ Onsite-Chipper ที่ผลิตในต่างประเทศนั้นสามารถจำแนก
ออกเป็น 6 แบบ ตามประเภทของการลากจูงและระบบขับเคลื่อน ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ซึ่งปัจจุบัน
มี ราคาแพงและยังไม่มีกรนำมาเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย



(a) Trailer-mounted Chipper



(b) Tractor-mounted Chipper



(c) Self-propelled Chipper



(d) Forwarder-mounted Chipper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(e) Heavy-duty Trailer-mounted Chipper



(f) Truck-mounted Chipper

ภาพที่ 2.10 เครื่องสับย่อยแบบ On-site Chipper ประเภทต่างๆ

ที่มา; ณัฐพงษ์ (2551)

2.2.2. เครื่องหั่น (Shredder)

ซึ่งเป็นเครื่องสับ/ย่อยที่ใช้แรงกดและแรงเฉือนประกอบกันเป็นเครื่องจักรที่ได้รับความนิยมใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดใหญ่และมีกิ่งก้าน เช่น ท่อนไม้ เศษไม้ เพอร์นิเจอร์และรากไม้ ลักษณะการทำงานจะใช้หลักการขบกันของเล็บสับที่ติดกับเพลลาขับ 2 เพลลา หรือมากกว่าสามารถ นำไปใช้ได้ในการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวล ณ แหล่งกำเนิด (On-site Biomass Feedstock Processing) และแบบรวมศูนย์ (Centralized Biomass Feedstock Processing) ได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 เครื่องหั่น (Shredder)

ที่มา; ณัฐพงษ์ (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. เครื่องเลื่อย (Saw Machine)

เป็นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับลดขนาดเชื้อเพลิงชีวมวล โดยหลักการกระแทกเป็นเครื่องที่สามารถลดขนาดได้ตามความต้องการของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเตาแก๊สซิฟิเคชัน และมีขีดจำกัดของสมรรถนะของเครื่องที่มีความสามารถต่ำมากทำให้ต้นทุนการเตรียมเชื้อเพลิงสูง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องเลื่อยไม้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงแก๊สซิฟิเคชันแบบใช้ใบเลื่อยหลายใบในการเลื่อย เพื่อเพิ่มความสามารถในการแปรรูปให้สูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.12 ซึ่งในการเตรียมเชื้อเพลิงยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 2.12 เครื่องเลื่อย (Saw Machine)

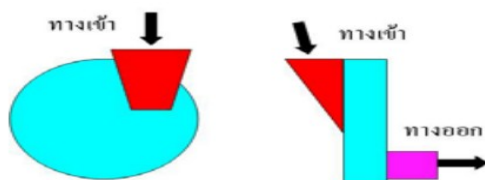
ทีมา; ณัฐพงษ์ (2551)

2.3. ประเภทของเครื่องผลิตชิ้นไม้สับ

ประพัทธ์และคณะ (2551) กล่าวว่า โดยทั่วไปเครื่องผลิตชิ้นไม้สับมีอยู่ 3 ประเภท คือ เครื่องผลิตชิ้นไม้สับแบบล้อหมุนแผ่นดิสก์ (Disk Chipper Machine) เครื่องผลิตชิ้นไม้สับแบบถัง (Drum Chipper Machine) และเครื่องผลิตชิ้นไม้สับแบบผสม ซึ่งประเภทที่นิยมใช้งานคือแบบล้อหมุนแผ่นดิสก์ซึ่งมีทั้งหมด 4 แบบคือ

2.3.1. แบบ Gravity feed

เป็นเครื่องผลิตชิ้นไม้สับที่ใช้แรงดึงดูดของโลกช่วยในการป้อนไม้ ซึ่งจะทำให้ไม้ต้องออกแรงดันต้นไม้อื่นเข้าไปในช่องสับตาม (ภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.13 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Gravity feed
ที่มา; ประพัทธ์และคณะ (2551)

2.3.2. แบบ Horizontal Feed

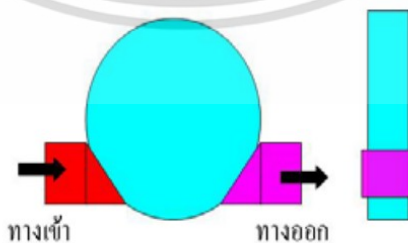
เป็นเครื่องที่ใช้ผลิตชิ้นไม้สับที่มีการป้อนในทิศทางขนานกับพื้นและตั้งฉากกับล้อหมุนสับ ซึ่งจะทำให้ต้องออกแรงดันไม้เข้าไปในช่องสับ (ตามภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Horizontal Feed
ที่มา; ประพัทธ์และคณะ (2551)

2.3.3. แบบ Side Discharge

เป็นเครื่องผลิตชิ้นไม้สับที่มีการป้อนไม้ในทิศทางขนานกับล้อหมุนสับและตั้งฉากกับล้อหมุนสับ ซึ่งจะทำให้ต้องออกแรงดันไม้เข้าไปในช่องสับ การสับจะสับด้านข้าง และส่งชิ้นไม้สับในทิศทางเดียวกัน(ตามภาพที่ 2.15)

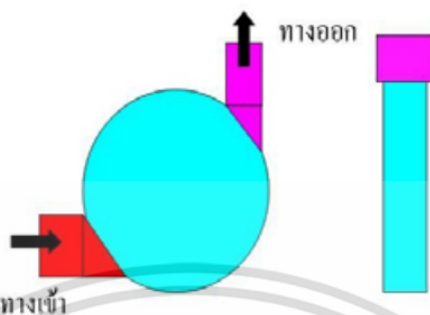


ภาพที่ 2.15 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Side Discharge
ที่มา; ประพัทธ์และคณะ (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4. แบบ Blow Discharge

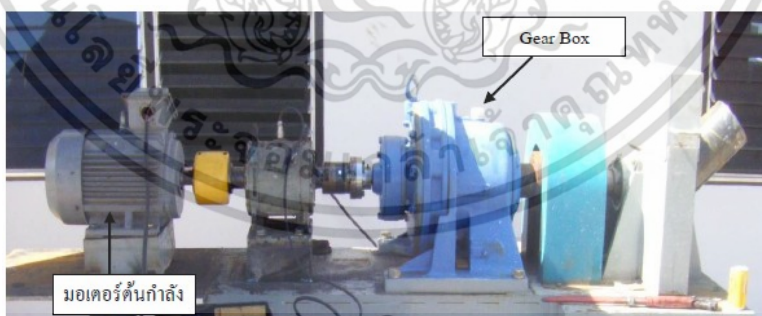
เป็นเครื่องผลิตชิ้นไม้สับที่มีการป้อนในทิศทางขนานกับล้อหมุนสับและตั้งฉากกับล้อหมุนสับ ซึ่งจะทำให้ต้องออกแรงดันไม้เข้าไปในช่องสับ การสับจะสับด้านข้างและส่งชิ้นไม้สับในทิศทางตั้งฉากกัน (ตามภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 เครื่องสับย่อยที่มีการป้อนแบบ Blow Discharge
ที่มา; ประพัทธ์และคณะ (2551)

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

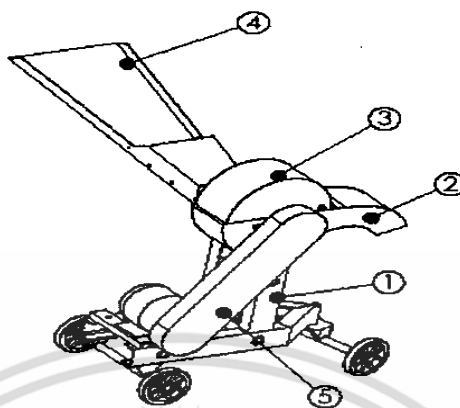
ณัฐพงษ์ (2551) ได้ทำการศึกษาพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องตัดเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน โดยทำการตัดไม้กระถินยักษ์สด ไม้ยูคาลิปตัสสด และกระถินยักษ์แห้งมีกำลังผลิตเท่ากับ 338.74 270.54 และ 176.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีสมรรถนะหลังจากเปลี่ยนใบมีดจาก 2 ใบ เป็น 4 ใบ เพิ่มขึ้น เท่ากับ 97.88 29.95 และ 174.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2.17)



ภาพที่ 2.17 เครื่องตัดไม้โตเร็ว
ที่มา; ณัฐพงษ์ (2551)

รณชัย (2551) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์ สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงโคนม ภายใต้เวลาในการสับย่อยพืชอาหารสัตว์ 300 กิโลกรัมต่อ 1 ชั่วโมง โดยการสับย่อยพืชอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ได้ทำการหาประสิทธิภาพทั้งหมด 3 ครั้ง เครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์มีประ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิทธิภายใต้วเวลาในการสับย่อยพืชอาหารสัตว์ 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 2.18)



ภาพที่ 2.18 เครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์
ที่มา; รณชัย (2551)

ประพันธ์ (2546) ได้สร้างเครื่องย่อยวัสดุการเกษตร เพื่อให้ได้คุณภาพเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป จากเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ และให้มีประสิทธิภาพการย่อยวัสดุการเกษตรเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีลักษณะเด่น 3 ลักษณะ คือ มีใบมีดกึ่งไม้สองใบ ใบมีดย่อยสามารถหมุนได้รอบตัวเอง ขนาดครุตะแกรงมีขนาด 12 มิลลิเมตร แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน ประเมินคุณภาพของเครื่องย่อยวัสดุการเกษตร ทั้งทางด้านกายภาพ ด้านวิศวกรรมและด้านความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยวัสดุการเกษตร ผลปรากฏว่า เครื่องมีคุณภาพด้านกายภาพเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 คุณภาพเชิงวิศวกรรมเฉลี่ย 4.54 ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 และคุณภาพด้านความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยวัสดุการเกษตร มีคุณภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 คุณภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.51 อยู่ในระดับความหมายมากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกัน และได้ทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยนำกึ่งไม้และใบไม้ 20 กิโลกรัม แยกเป็นกึ่งไม้สด 5 กิโลกรัม กึ่งไม้แห้ง 5 กิโลกรัม ใบไม้สด 5 กิโลกรัมและใบไม้แห้ง 5 กิโลกรัม และ จับเวลาการย่อยวัสดุดังกล่าว ครั้งละ 1 กิโลกรัม แล้วบันทึกผลการทดลอง ผลปรากฏว่าเครื่องย่อยวัสดุการเกษตรที่สร้างขึ้นสามารถย่อยได้ปริมาณถึง 123.96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับสมมติฐานที่ตั้ง ดังนั้นเครื่องจึงมีคุณภาพและประสิทธิภาพสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 2.19)



ภาพที่ 2.19 เครื่องย่อยวัสดุการเกษตร

ที่มา: ประพันธ์ (2546)

ศุภชัยและคณะ (2544) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องสับพืชเป็นชนิดที่มีหัวสับแบบ

ทรงกระบอก ขนาดรัศมีวัดจากศูนย์กลางเพลาลงถึงปลายมีดได้ 200 มิลลิเมตร ความกว้างการสับ 300 มิลลิเมตร ใช้ใบมีด 4 ใบ และ 2 ใบ วางใบมีดเอียง 45 องศากับแนวระดับ เครื่องยนต์ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซินสูบเดี่ยวยี่ห้อ Honda ขนาด 5.2 แรงม้า ทดลองสับต้นมันสำปะหลังที่มีความชื้น 63.9 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ความเร็วรอบหัวสับตั้งแต่ 350 ถึง 800 รอบต่อนาที โดยใช้แรงงานคนป้อน ต้นมันสำปะหลังเข้าเครื่องสับพืชที่ความเร็วรอบหัวสับ 800 รอบต่อนาที ได้อัตราการสับสูงสุด 95.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 82.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อใช้ใบมีด 2 ใบ และ 4 ใบ ตามลำดับ อัตราการสับ ต้นมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ต้นมันสำปะหลังที่ป้อนเข้าเครื่องถูกสับขาด ทั้งหมด เหลือเพียงส่วนที่ติดมือในเวลาที่ทำการป้อนไม่สามารถทำการตัดได้ ใบมีด 4 ใบ สับต้นมันสำปะหลังได้ละเอียดมากกว่าใบมีด 2 ใบ แต่อัตราการสับต้นมันสำปะหลังเมื่อใช้ใบมีด 4 ใบ น้อยกว่าใบมีด 2 ใบ ที่ความเร็วรอบหัวสับเดียวกัน (ภาพที่ 2.20)



ภาพที่ 2.20 เครื่องสับพืชชนิดหัวสับแบบทรงกระบอก

ที่มา; ศุภชัยและคณะ (2544)

Chattopadhyay and Pandey (1999) ได้ศึกษาการเฉือนการกดและการโค้งตัวของต้นข้าวฟ่างโดยใช้เครื่องมือวัดคุณสมบัติทางกล (Universal Testing Machine: UTM) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อมอดุมของใบมีดเพิ่มขึ้นจาก 30-70 องศา ค่ากำลังทางกลและพลังงานที่ใช้ ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กต หรือเฉือนจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าเหล่านี้จะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วของหัวกตเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังและพลังงานการโก่งเดาะจะไม่มีความสัมพันธ์กับค่ามุมคมของใบมีดและอัตราเร็วของใบมีดกต

Chancellor (1957) แบ่งประเภทของวัสดุชีวภาพโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการตัดออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุชีวภาพที่ไม่มีเส้นใย (Non-fibrous Materials) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกันในทุกทิศทางของการตัด โดยทั่วไปแล้วเซลล์ของวัสดุจะเต็มไปด้วยของเหลวและวัสดุชีวภาพที่มีเส้นใย (Fibrous Materials) วัสดุชีวภาพแบบนี้จะมีเส้นใยที่แข็งแรงและกำลังที่ใช้ในการตัดจะขึ้นอยู่กับทิศทางของการตัดผ่าน ซึ่งพฤติกรรมการตัดวัสดุเส้นใยประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่แรงกตกระทำอย่างเดี่ยว แรงกตกระทำร่วมกับแรงเฉือน และแรงเฉือนกระทำอย่างเดี่ยว (Ince et al. 2005)

Prasad and Gupta (1975) ได้ทำศึกษาคูณสมบัติทางกลในการตัดต้นข้าวโพด พบว่า ที่ความชื้น 74 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) มุมคมของใบมีด (Knife Bevel Angle) และมุมในการตัด (Cutting Directions) ที่เหมาะสม คือ 23 และ 55 องศา ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่า พื้นที่หน้าตัดและค่าความชื้นมีผลต่อค่าแรงเฉือนสูงสุดและค่าพลังงานที่ใช้ โดยที่ค่าแรงเฉือนสูงสุดและพลังงานที่ใช้ในการตัดแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัด แต่แปรผกผันกับค่าความชื้น ส่วนค่าความเร็วในการตัดก็มีผลต่อค่าแรงสูงสุดเช่นกัน โดยเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 20 เซนติเมตรต่อนาที เป็น 100 เซนติเมตรต่อนาที ค่ากำลังเฉือนสูงสุดจะลดลงจาก 3.3 ถึง 2.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

Womac et al., (2005) เสนอว่าในการออกแบบเครื่องตัดจะต้องรู้ค่ากำลังเฉือนสูงสุดและพลังงานที่ใช้ในการเฉือน ซึ่งค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ขนาด อายุ ความชื้น และโครงสร้างของเซลล์ภายในวัสดุ

Persson (1987) ได้อธิบายพฤติกรรมในการตัดวัสดุชีวมวลว่า เมื่อใบมีดเคลื่อนที่ลงไปสัมผัสกับผิววัสดุชีวมวลจะทำให้เกิดแรงเค้นภายในเนื้อ ของวัสดุชีวภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดแตกหัก (Failure Point) ซึ่งวัสดุชีวมวลบางชนิดจะเกิดการแตกหักอาจเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในขณะที่วัสดุชีวภาพบางชนิดเกิดจุดแตกหักขึ้นหนึ่งจุดก่อน แล้วแรงเค้น จะค่อย ๆ สูงขึ้นและเกิดจุดแตกหักอีกครั้งเมื่อใบมีดผ่านเนื้อวัสดุ นั่นหมายความว่าพฤติกรรมในการตัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุชีวภาพซึ่งต้องใช้หลายหลักการในการอธิบาย

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัด คือ Mesquita and Hanna (1995) ได้ศึกษาพลังงานที่ใช้ในการตัดต้นถั่วเหลือง ซึ่งพบว่า ค่าพลังงานในการตัดจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกล (แรงและกำลังที่ใช้ในการตัดสูงสุด) และคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ (ขนาด ความหนาแน่น และความชื้น)

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5.1. การคำนวณน้ำหนักต่อความยาวของลำต้นพืช

Mohsenin, N.N. (1987) กล่าวว่า การคำนวณหาน้ำหนักต่อความยาวของลำต้นพืชสามารถหาได้จาก

$$M = \frac{md}{l} \quad (2.1)$$

โดยที่ m คือ น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
l คือ ความยาว (มิลลิเมตร)

2.5.2. ความชื้น (ASAE S358.2 FEB03, 2003)

$$MC (\% \text{ wd}) = \frac{\text{Loss in Weight}}{\text{Weight of Wet Sample}} \times 100 \quad (2.2)$$

หรือ

$$MC (\% \text{ db}) = \frac{\text{Loss in Weight}}{\text{Weight of Dry Sample}} \times 100 \quad (2.3)$$

2.5.3. ความเค้นเฉือน

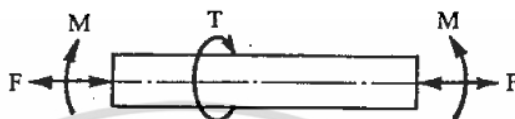
ความเค้นเฉือนหาได้โดยนำค่า ความเค้นเฉือนสูงสุด ในกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง ความเค้นเฉือนและระยะที่กดผ่านเนื้อไม้ (Force displacement) ทหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของไม้ ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการดังนี้

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

โดยที่ τ คือ ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น (นิวตันต่อตารางเมตร)
F คือ แรงเฉือนที่กระทำกับวัตถุ (นิวตัน)
A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

2.5.4. การออกแบบเพลลา

วรทีธิและชาญ (2535) กล่าวว่ วิธีกรนนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดโดยไม่พิจารณาถึง ความล้า หรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิติศาสตร์ ในการหา สมการสำหรับการออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในภาพที่ 2.21 ให้เพลลาเป็นแบบกลมกลวง โดยมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d_o ตามลำดับ ความเค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นบน เพลลาที่ตั้งตอไปนี้คือ



ภาพที่ 2.21 ลักษณะของเพลลาภายใต้การรับแรงต่างๆ
ที่มา; วรทีธิและชาญ (2535)

เพลลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ด้วย ดังนั้นเพลลาจึงเกิดความเสียหาย เนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นสำหรับการคำนวณของ ที่ใช้วิธีแบบสถิติศาสตร์ จึงต้องมีตัว ประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

โดยที่ C_m คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด
 C_t คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด
 T คือ ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตร)

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากกระทำซึ่งดูได้จาก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 2.1 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายู่ง : แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลายู่ง : แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5

ที่มา : วริทธิ์ และชาญ (2535)

2.5.5. การออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพาน

วริทธิ์และชาญ (2535) กล่าวว่า การส่งกำลังจากเพลานหนึ่งไปยังเพลานอีกอันหนึ่ง โดยใช้สายพาน การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้และมีข้อดี คือ ราคาถูก ใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและแรงสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือ สายพานแบนมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิม มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลมมีหน้าตัดเป็น รูปวงกลม และโหม่มิงเบิ้ลท์ มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูแต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อลดความยาวสายพาน

สายพานที่นิยมใช้กันมากในการส่งกำลังสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร คือ สายพานลิม เนื่องจากใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย เพราะผลจากการเกาะยึดกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิมของสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง เป็นผลให้สายพานทำงานมีประสิทธิภาพดี การส่งกำลังด้วยสายพานลิมมีข้อดีคือ เรียบ สามารถรับแรงกระตุกได้ ขนาดกะทัดรัด และแบริงของเพลานไม่ต้องรับแรงมากเกินไป สายพานลิมมีหน้าตัดเป็นรูปลิม ดังนั้นการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ ความกว้างพิชและความหนาของสายพาน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิมแบบแคบและสายพานลิมแบบธรรมดา

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิม ในทางปฏิบัติจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิช ของล้อยสายพานเป็นพื้นฐาน ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

2.5.6. การคำนวณเกี่ยวกับล้อยสายพาน

ล้อยสายพานขับเคลื่อนขนาดได้จากขนาดของล้อยสายพานขับเคลื่อนมาตรฐาน (d_p) และสามารถคำนวณหาขนาดของล้อยสายพานตามได้จากสมการ (จำรูญ, 2541)

$$d_p = D_p \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่	d_p	คือ	ขนาดของพูลเลย์ขับเคลื่อนมาตรฐาน (มิลลิเมตร)
	D	คือ	ขนาดของพูลเลย์ตาม (มิลลิเมตร)
	n_2	คือ	ขนาดความเร็วรอบของมอเตอร์ (มิลลิเมตร)
	n_1	คือ	ความเร็วรอบของล้อหมุนสับ (รอบต่อนาที)

เมื่อรู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานจะสามารถคำนวณความยาวรอบเส้นของสายพานได้จากสมการนี้ (สมยศและศิโยคัตสี, 2523)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \quad (2.7)$$

โดยที่	L	คือ	ความยาวรอบของสายพาน (มิลลิเมตร)
	D_p	คือ	ขนาดของพูลเลย์ตาม (มิลลิเมตร)
	d_p	คือ	ขนาดของพูลเลย์ขับเคลื่อนมาตรฐาน (มิลลิเมตร)
	C	คือ	ระยะห่างจุดศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

2.5.7. การคำนวณความสามารถในการทำงาน

ความสามารถในการทำงานของเครื่องสับไม้พิจารณาจากปริมาณไม้ที่สับได้ต่อชั่วโมง ดังนี้

$$Q = 0.36 \times \rho_w \times n \times N_k \times V \quad (2.8)$$

โดยที่	Q	คือ	ความสามารถในการทำงาน (ตันต่อชั่วโมง)
	ρ_w	คือ	ความหนาแน่นของไม้เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	N_k	คือ	จำนวนใบมีด
	n	คือ	ความเร็วรอบของล้อหมุนสับ (รอบต่อนาที)
	V	คือ	ปริมาตรของชิ้นไม้สับ (ลูกบาศก์เมตร) โดยมีปริมาตรเท่ากับ

$$V = th \times L \times W \quad (2.9)$$

โดยที่	th	คือ	ความหนาของชิ้นไม้สับ
	L	คือ	ความยาวของชิ้นไม้สับ
	W	คือ	ความกว้างของชิ้นไม้สับ

2.5.8. การคำนวณกำลังไฟฟ้า

กลิน (2552) กล่าวว่า กำลังไฟฟ้ามีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นต่ออยู่ โดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้า

$$P = \sqrt{3}VI\cos\theta \quad (2.10)$$

โดยที่	P	คือ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
	V	คือ	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลท์)
	I	คือ	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
	Cos θ	คือ	ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. อุปกรณ์

อุปกรณ์ประกอบด้วย วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง เครื่องมือช่าง และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ ดังนี้

3.1.1. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง

- 1 โลหะรูปพรรณชนิดต่างๆ
- 2 เหล็กเพลลา ขนาดต่างๆ
- 3 ตู๊กตา
- 4 สายพานลิ่ม และล้อสายพาน
- 5 นี้อต สลัก
- 6 มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 380 V 50 Hz

3.1.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง

- 1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
- 2 เครื่องตัดแก๊ส
- 3 เครื่องกลึง
- 4 เครื่องเจาะไฟฟ้า
- 5 เครื่องเจียรไฟฟ้า
- 6 เครื่องเลื่อยไฟฟ้า
- 7 เครื่องมือช่างอื่นๆ

3.1.3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบชุดต้นมันสำปะหลัง

- 1 ต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81
- 2 เครื่องวัดแรงบิด (Torque Transducer) ยี่ห้อ Kyowa รุ่น Lu-1te
- 3 นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio รุ่น HS-80
- 4 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น 10U60 USA
- 5 เครื่องคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ ASUS รุ่น K40IE และโปรแกรม CADMAN
- 6 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Spider 8) รุ่น P2.20
- 7 เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ Teclock Type H. รุ่น TC07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 ตะแกรงแยกขนาด 5 และ 20 มิลลิเมตร

9 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ Fluke รุ่น ST-9800T

10 เครื่องวัดคุณสมบัติทางกล (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Lloyd รุ่น UZ-20

11 เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverters) รุ่น FREQROL-A700

3.2. วิธีการ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ มีขั้นตอนดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนการออกแบบ การสร้างเครื่องและการทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้เพื่อ ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ที่จำเป็นซึ่งได้แก่ มุมคมตัดที่เหมาะสมของใบมีด แรงตัดสูงสุด ตลอดจนศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นขณะตัดของต้นมันสำปะหลัง เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในขั้นตอนการออกแบบของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง ได้แก่ ความชื้น ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความโค้ง และ น้ำหนักของต้นมันสำปะหลัง โดยสามารถทำได้ดังนี้

1.1 ตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81 จากแปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรใน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ที่มีอายุประมาณ 8-10 เดือน มาทำการทดสอบ

1.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81

1.2.1 วัดขนาดโดยทั่วไปของต้นมันสำปะหลัง

1.2.1.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 3.1) โดยแบ่งลำต้นมันสำปะหลังเป็น 3 ส่วน เท่าๆกัน ได้แก่ ส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วนปลาย โดยส่วนโคนวัดจากบริเวณส่วนล่างสุดของต้นมันสำปะหลัง ส่วนกลางวัดจากกึ่งกลางของต้น และส่วนปลายวัดจากบริเวณปลายสุดของต้นมันสำปะหลัง บันทึกผล

1.2.1.2 วัดความยาวโดยรวมของต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 3.1) โดยวัดจากบริเวณส่วนโคนของต้นมันสำปะหลังจนถึงส่วนปลายสุดของต้นมันสำปะหลัง และวัดความโค้งของต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 3.2) โดยวางต้นมันสำปะหลังไว้ที่พื้นแล้วใช้ไม้บรรทัดหาบริเวณส่วนโคนและส่วนปลายของต้นมันสำปะหลังแล้วใช้ตลับเมตรวัดระยะจากขอบไม้บรรทัดที่ติดกับต้นมันสำปะหลังจนถึงส่วนโค้งของต้นมันสำปะหลังที่ต้องการวัดระยะ บันทึกผล

1.2.1.3 ชั่งน้ำหนักต้นมันสำปะหลังแต่ละต้น บันทึกผล

1.2.1.4 คำนวณน้ำหนักต่อความยาวของต้นมันสำปะหลัง (Mohsenin,

N.N. 1987) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 3.2 วัดความยาวและความโค้ง

1.2.2 ทาความชื้น (ASAE S358.2 FEB03, 2003)

1.2.2.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะบรรจุตัวอย่าง

1.2.2.2 วางตัวอย่างในภาชนะบรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย 25 กรัม

1.2.2.3 ชั่งน้ำหนักน้ำหนักตัวอย่างรวมกับภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ต้องการนำไปอบน้ำหนัก (บันทึกข้อมูล) (ภาพที่ 3.3)

1.2.2.4 วางภาชนะที่มีตัวอย่างในเครื่องอบแห้งไม่ต้องปิดฝา (ภาพที่ 3.4)

1.2.2.5 ทำการอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70°C นาน 72 ชั่วโมง

1.2.2.6 เมื่อครบกำหนดนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

1.2.2.7 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสมการที่ 2 หรือ 3



ภาพที่ 3.3 ชั่งน้ำหนักน้ำหนักตัวอย่าง



ภาพที่ 3.4 อบต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้ง

2. ศึกษาคุณสมบัติทางกลของการย่อยต้นมันสำปะหลังโดยการกดตัดด้วยเครื่อง UTM ดังแสดงใน (ภาพที่ 3.5-3.6)

2.1 การเตรียมตัวอย่างและการติดตั้งอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ตัดต้นมันสำปะหลังให้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร

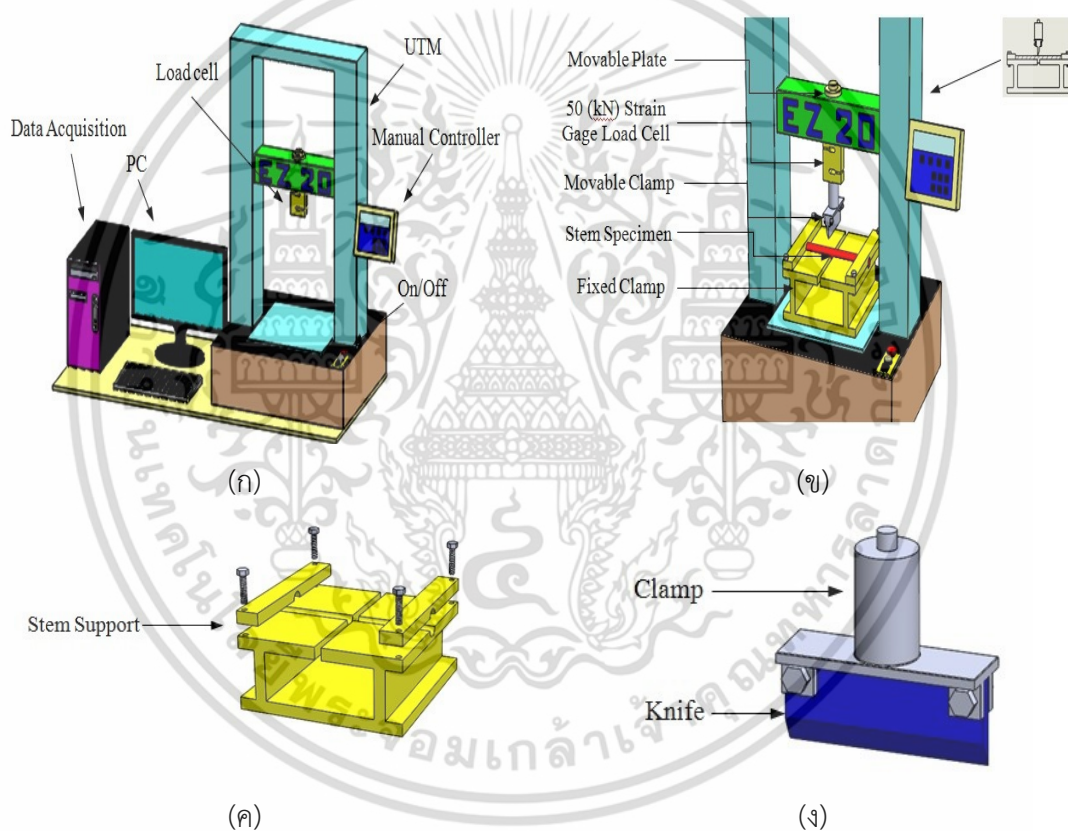
2.1.2 ติดตั้งอุปกรณ์ในการกดต้นมันสำปะหลัง

2.1.3 ทดสอบกดต้นมันสำปะหลัง โดยใช้มุม ใบมีดที่ 30 45 และ 60 องศา ที่ความเร็วในการกดทับ 20 มิลลิเมตรต่อนาที

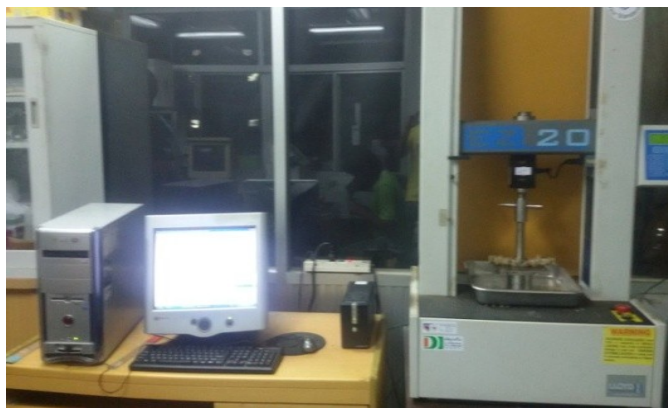
2.1.4 ทำการทดสอบ 10 ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละมุมของใบมีด บันทึกผล

2.1.5 เมื่อได้มุมของใบมีดที่ต้องการแล้ว นำมาทดสอบกดต้นมันสำปะหลัง โดยการเพิ่มความเร็วในการกดที่ความเร็วในการกด 40 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบ 10 ตัวอย่าง 3 ซ้ำ ในแต่ละความเร็วในการกด บันทึกผล

2.1.6 นำค่าที่ได้ไปคำนวณกำลังเฉือนสูงสุด (สมการที่ 4) บันทึกผล



ภาพที่ 3.5 ลักษณะการติดตั้งการวัดแรงเฉือนโดยเครื่อง UTM
ที่มา; Chattopadhyay and Pandey (1999)



ภาพที่ 3.6 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของการย่อยต้นมันสำปะหลังโดยการกดตัดด้วยเครื่อง UTM

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

1 เกณฑ์การออกแบบ

1.1 สามารถย่อยต้น มันสำปะหลัง โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์เล็ก เอนกประสงค์

1.2 เกษตรกรสามารถใช้ได้สะดวก ไม่ซับซ้อน ชิ้นส่วนและองค์ประกอบไม่มากเกินไป และมีความปลอดภัย

1.3 ง่ายต่อการบำรุงรักษา อุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนหากชำรุด สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

2 การออกแบบระบบการทำงาน

รายละเอียดในการออกแบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

2.1. ใบมีดบนทำหน้าที่ในการย่อยต้นมันสำปะหลังที่ถูกป้อนมาจากช่องป้อน

2.2. ช่องป้อนทำหน้าที่เป็นช่องสำหรับลำเลียงต้นมันสำปะหลังเข้าไปยังชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง และยังช่วยป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเกษตรกร ในขณะที่ทำการป้อนต้นมันสำปะหลังไปยังชุดย่อยอีกด้วย

2.3. ใบมีดล่างทำหน้าที่เหมือน เป็นเชิงที่รองรับการสับจากใบมีดบนเพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นวัสดุหลังจากการย่อยตรงตามความต้องการของเกษตรกร

3 การคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

3.1 การออกแบบเพลลา (วรสิทธิ์และชาญ. 2541) ดังสมการที่ (2.5)

3.2 คำนวณหาขนาดของพูลเลย์ขับเคลื่อนมาตรฐาน (จำรูญ. 2541) ดังสมการที่ (2.6)

3.3 ออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพาน (สมยศและศิโยคัตสี. 2523) ดังสมการที่ (2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบและสร้างชุดทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

เกณฑ์ในการออกแบบชุดทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง มีข้อกำหนดที่สำคัญดังต่อไปนี้

1 ชุดทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง สามารถเก็บค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องส่วนข้อกับแรงบิดของชุดตัดสับได้

2 กลไกการทำงานของชุดทดสอบชุดย่อยต้นมันสำปะหลังทำงานง่ายๆ ไม่ซับซ้อนมากเกินไป และผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติได้สะดวก มีความปลอดภัย

3 สามารถรองรับการเพิ่มความเร็วยรอบ หรือกำลังที่ใช้ในการทดสอบได้

4 โปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและบันทึกข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์

3.2.3 การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

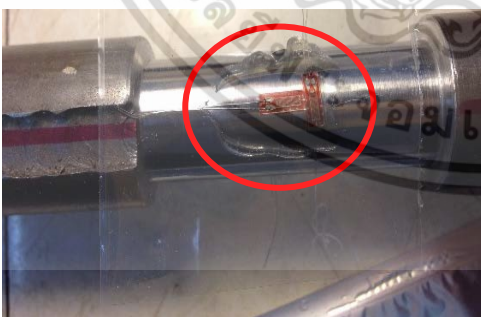
การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง ซึ่งมีปัจจัยที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ขนาดชิ้นต้นมันสำปะหลัง หลังการย่อยความสามารถในการทำงานและกำลังที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1 การเตรียมต้นมันสำปะหลัง สำหรับการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ระยอง 81 จากแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรใน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ที่มีอายุประมาณ 8-10 เดือน จำนวน 150 กิโลกรัม

1.2 นำต้นมันสำปะหลัง แบ่งเป็น 20 ชุด ๆ ละ 3 กิโลกรัม

2. การติดตั้งเครื่องวัดแรงบิด พร้อมทั้งการสอบเทียบ (Calibrate) เครื่องวัดแรงบิด การสร้างเครื่องวัดแรงบิด (Torque Transducer) สามารถทำได้ดังภาพที่ 3.7 – 3.8 โดยมีรายละเอียดคือ



ภาพที่ 3.7 ติดตั้ง Strain gauge บนเพลาชุดสับตัด ภาพที่ 3.8 ติดตั้ง Slip ring บนเพลาชุดสับตัด

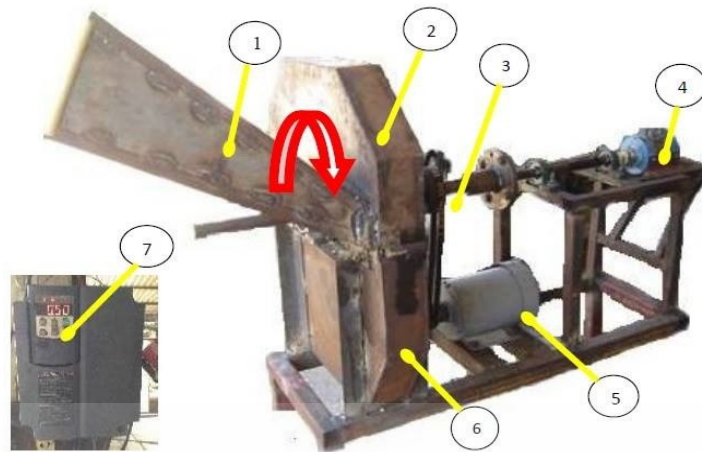
2.1 การติดตั้งเครื่องวัดแรงบิดมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 นำเครื่องวัดแรงบิดประกอบเข้ากับชุดทดสอบตัดสับ ดังรูปที่ 3.9

2.1.2 ต่อสายสัญญาณจากเครื่องวัดแรงบิดเข้ากับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

(Spider 8) ไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านช่องรับสัญญาณแบบ USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนการทดสอบ ประกอบด้วย 1)ช่องป้อน 2)โครงชุดย่อย 3) ล้อขับเคลื่อนสายพาน 4) เครื่องวัดแรงบิด 5) มอเตอร์ 6) ช่องทางออกของเซ็นหลังตัดสับ 7)

inverter

2.2 การสอบเทียบค่า (Calibrate) เครื่องวัดแรงบิด มีขั้นตอนดังนี้ ดังภาพที่ 3.10

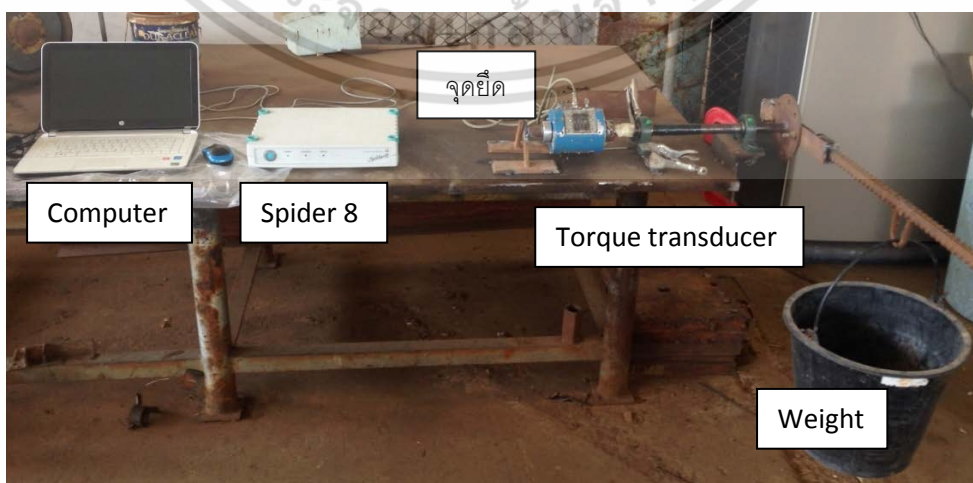
2.2.1 ยึดปลายเพลาด้านหนึ่งเพื่อให้เพลานิ่งตามขณะทำการสอบเทียบค่า

2.2.2 ชั่งน้ำหนักและยึดชุดการรับน้ำหนักเข้ากับ Torque Transducer แล้วแขวนน้ำหนักมาตรฐานลงบนปลายด้านรับน้ำหนัก โดยทราบระยะที่น้ำหนักกระทำเพื่อคำนวณหาค่า Torque ที่กระทำกับเครื่องมือวัด

2.2.3 บันทึกค่า Voltage Output (Vout) ที่แสดงออกมา

2.2.4 ทำซ้ำข้อ 1 ถึงข้อ 3 เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.2.5 นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนสมการเพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมอ่านค่าแรงบิด



ภาพที่ 3.10 การสอบเทียบค่าเครื่องวัดแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกวีเชิงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การติดตั้งโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลจากการทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 โปรแกรมสำหรับบันทึกค่าของแรงบิดที่เฟลาทดสอบใช้คอมพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรม Catman (Version 4.5; Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Germany)

3 การทดสอบ

3.1 สตาร์ทมอเตอร์และปรับความเร็วรอบที่ 400 รอบต่อนาที

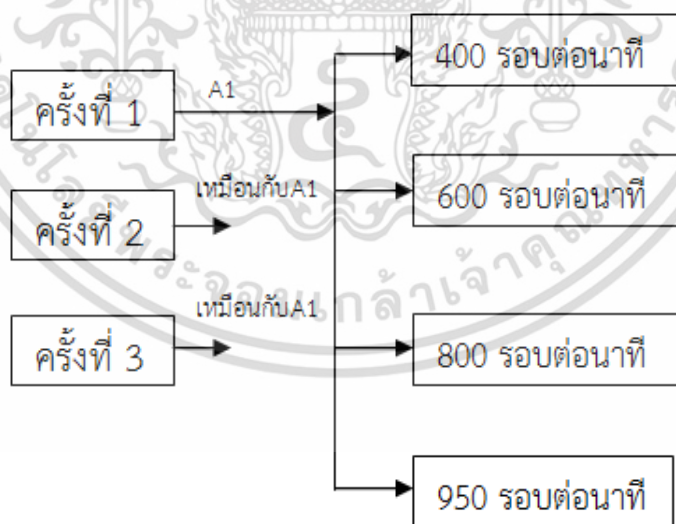
3.2 ป้อนต้นมันสำปะหลังเข้าชุดย่อยอย่างต่อเนื่องจำนวน 1 ชุด บันทึกเวลาในการป้อนความเร็วรอบ กระแส แรงดันไฟฟ้า และแรงบิด โดยทำการทดสอบจำนวน 5 ชั่วโมง แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาความสามารถในการทำงานและกำลังที่ใช้

3.3 นำต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับแล้ว มาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปเข้าตะแกรงคัดขนาดเพื่อหาคุณภาพในการสับย่อย

3.4 ดำเนินการทดสอบที่ความเร็วรอบ 600 800 และ 950 รอบต่อนาที ตามลำดับ

3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยมี ค่าที่ชี้วัดผลการศึกษา ในครั้งนี้ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน คุณภาพการย่อย และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบของชุดใบมีดเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังที่มีระดับความแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 400 600 800 และ 950 รอบต่อนาที ทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของค่าที่ชี้วัดผลการศึกษา (A1) ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 การออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง แบบ 3x4 Factorial

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากวิธีการดำเนินการที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนด้วยกัน โดยประกอบไปด้วย

- 4.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ
- 4.2 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง
- 4.3 การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง
- 4.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ดังนั้นจึงแยกการนำเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ผลออกเป็น 4 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลำต้นมันสำปะหลัง

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง

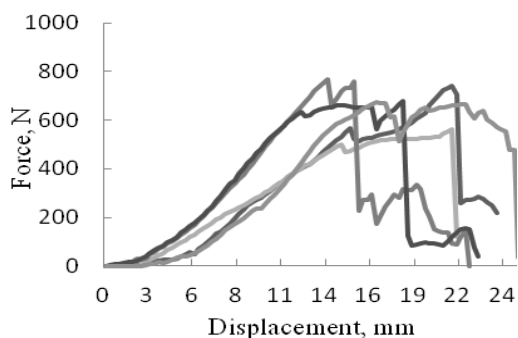
No.	ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพ	ระยอง 81	ห้วยบง 60
1.	อายุ (เดือน)	10	10
2.	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	5	5
3.	เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนโคน (มิลลิเมตร)	18.87±0.31	18.04±0.39
4.	เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนกลาง (มิลลิเมตร)	15.79±0.40	16.55±0.30
5.	เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนปลาย (มิลลิเมตร)	11.71±0.65	14.51±0.30
6.	ความยาวลำต้น (มิลลิเมตร)	1,597.43±19.68	855.1±19.97
7.	ความโค้งลำต้น (มิลลิเมตร)	107.13±5.69	89.73±7.49
8.	น้ำหนักลำต้น (กรัม)	392±20.68	245.33±14.92
9.	ความชื้น (% w.b.)	71.60±0.48	68.33±0.15
10.	น้ำหนักลำต้นต่อความยาว (กรัมต่อมิลลิเมตร)	0.29±0.01	0.24±0.06

*ค่าของข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=30

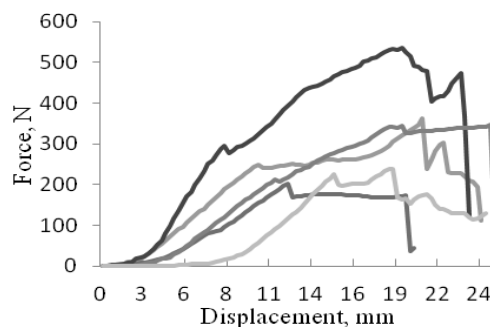
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังก่อนทำการทดสอบโดยมันสำปะหลังที่นำมาทดสอบเป็นพันธุ์ระยอง 81 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีอายุประมาณ 10 เดือน โดยต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย ความยาวของลำต้น และความโค้งของลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 18.87 15.79 11.71 1,597.43 และ 107.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักของต้นมันสำปะหลัง เฉลี่ยเท่ากับ 392 กรัม น้ำหนักของต้น มันสำปะหลังต่อความยาว เฉลี่ยเท่ากับ 0.29 กรัมต่อมิลลิเมตร ความชื้น ของต้นมันสำปะหลัง ก่อนการทดสอบ เฉลี่ยเท่ากับ 71.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย ความยาวของลำต้น และความโค้งของลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 18.09 16.55 14.51 855.1 และ 89.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักของต้นมันสำปะหลัง เฉลี่ยเท่ากับ 245.33 กรัม น้ำหนักของต้นมันสำปะหลังต่อความยาว เฉลี่ยเท่ากับ 0.24 กรัมต่อมิลลิเมตร ความชื้นก่อนการทดสอบ เฉลี่ยเท่ากับ 68.33 เปอร์เซ็นต์

4.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของการย่อยลำต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงตัดเฉือนในการกดต่อระยะการเคลื่อนที่ของหัวกด (force-displacement) ของต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ จะเห็นได้ว่า ลักษณะรูปร่างของกราฟค่อนข้างที่จะคล้ายกัน แต่จะมีความแตกต่างกันที่ระดับของแรงเฉือน โดยที่แรงเฉือนสูงสุดของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่ามากกว่าแรงเฉือนสูงสุด ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81 อยู่ประมาณสองเท่า โดยลักษณะของกราฟทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน คือจะมีพฤติกรรมผสมระหว่างวัสดุแบบมีเส้นใย (fibrous materials) และวัสดุแบบไม่มีเส้นใย (non-fibrous materials) โดยลักษณะของกราฟจะเกิดจุดสูงสุด (peak point) เพียงจุดเดียวเหมือนวัสดุไม่มีเส้นใย แต่หลังจากนั้นแทนที่แรงจะตกลงทันที แต่แรงกลับค่อยๆ เพิ่มขึ้นเหมือนวัสดุที่มีเส้นใย แต่บางครั้งก็ไม่เกิดจุดสูงสุดที่ชัดเจนเหมือนกับวัสดุเส้นใย หรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นวัสดุกึ่งเส้นใย (semi-fibrous materials) ซึ่งทั่วไปแล้วสามารถพบได้กับวัสดุที่มีต่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ โดยพฤติกรรมของการตัดต้นมันสำปะหลังจากลักษณะกราฟของแรงกด (force-displacement) โดยกราฟถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังภาพที่ 4.1 ส่วน A จะแสดงถึงส่วนที่แรงกดกระทำอย่างเดี่ยว และส่วน B เป็นส่วนที่แรงกดกระทำร่วมกับแรงเฉือน โดยส่วน A แรงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากศูนย์จนถึงจุดแตกหัก (failure point) (ในโครงสร้างของเซลล์จะเกิดการยุบตัวของแกนกลาง) หลังจากนั้นในส่วน B เมื่อใบมีดเคลื่อนที่ต่อไป แรงกดและแรงเฉือนจะกระทำร่วมกันทำให้ แรงกดในกราฟเพื่อขึ้นแต่ไม่เกิดจุดสูงสุดที่ชัดเจน เหมือนกับวัสดุเส้นใย



(ก) พันธุ์ห้วยบง 60



(ข) พันธุ์ระยอง 81

ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนและระยะทางของใบมีด (force-displacement)

1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงเฉือนและกำลังเฉือนสูงสุด

จากการทดสอบหาความเค้นเฉือนและกำลังเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัด ต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 พบว่าค่า ค่าแรงเฉือนและกำลังเฉือนสูงสุดในการตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มุมคมใบมีด 30 องศา ความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมใบมีด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงเฉือนและกำลังเฉือนสูงสุดในการตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา ความเร็วในหัวตัดเปลี่ยนแปลงจาก 20-100 มิลลิเมตรต่อนาที มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ ความเร็ว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถระบุได้ว่าโครงสร้างภายในของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีความแข็งแรง มากกว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81 และมุมคมใบมีดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการออกแบบชุดย่อยคือ มุมคมใบมีดที่ 30 องศา เนื่องจากมีความเค้นเฉือนน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.2 แรงเฉือนสูงสุด (Max. Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที

ความเร็วหัวตัด	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
	มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
20 mm/min	1,504.88 ^a	1,663.18 ^b	2,086.90 ^c	742.31 ^A	839.30 ^B	937.94 ^C
SD	119.83	158.58	230.02	77.62	57.17	71.54

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญ ($p < 0.05$)
n=30

ตารางที่ 4.3 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max. shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที

ความเร็วหัวตัด	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
	มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
20 mm/min	5.89 ^a	6.55 ^b	8.14 ^c	2.90 ^A	3.28 ^B	3.67 ^C
SD	0.47	0.61	0.89	0.30	0.22	0.28

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญ ($p < 0.05$)
n=30

ตารางที่ 4.4 แรงเฉือนสูงสุด (Max. Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา

มุมคมใบมีด	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
	ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
	20	40	60	100	20	40	60	100
30°	1,557.17 ^a	1,428.24 ^b	1,337.82 ^c	1,256.07 ^d	765.31 ^A	754.45 ^A	716.14 ^B	676.75 ^C
SD	97.03	102.41	99.14	107.94	20.00	17.22	29.98	36.53

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญ ($p < 0.05$)
n=30

ตารางที่ 4.5 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max. shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา

มุมคมใบมีด	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
	ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
	20	40	60	100	20	40	60	100
30°	6.09 ^a	5.58 ^b	5.23 ^c	4.91 ^d	2.99 ^A	2.95 ^A	2.80 ^B	2.65 ^C
SD	0.38	0.40	0.39	0.42	0.08	0.07	0.12	0.14

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญ ($p < 0.05$)
n=30

2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของการตัด

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการตัดต้นมันสำปะหลังนั้น จะใช้หลักการ Multiple linear regressions ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น มุมคมใบมีด และความเร็วในการตัด ส่วนค่าคุณสมบัติทางกลในที่นี้คือ ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force) และค่ากำลังเฉือนสูงสุด (Max Shear Strength) จากตารางที่ 4.6 ค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 สามารถที่จะทำนายได้ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าสูง โดยสมการทำนาย ความเค้นเฉือนสูงสุดและค่ากำลังเฉือนสูงสุดมีค่าเท่ากันที่ $R^2 = 0.994$ จากตารางที่ 4.7 ค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81 ก็สามารที่จะทำนายคุณสมบัติทางกลของการตัดได้เช่นกัน ซึ่งดูจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูง โดยสมการทำนาย ความเค้นเฉือนสูงสุดและค่ากำลังเฉือนสูงสุดมีค่าเท่ากันที่ $R^2 = 0.992$ นอกจากนี้ จากสมการทั้งสองสมการทำให้เราทราบว่าค่าของมุมคมใบมีด และค่าความเร็วในการตัดเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดในมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์

ตารางที่ 4.6 สมการทำนายค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60

Cutting Properties	Predictive	R^2
Max. Cutting Force (N)	$1.2495+0.00865K-0.00165S$	0.994
Max. Shear Strength (MPa)	$4.5985+0.03085K-0.00595S$	0.994

เมื่อ: K = มุมคมใบมีด (องศา) และ S = ความเร็วของหัวตัด (mm/min)

ตารางที่ 4.7 สมการทำนายค่าคุณสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81

Cutting Properties	Predictive	R^2
Max. Cutting Force (N)	$0.6937+0.00285K-0.00065S$	0.992
Max. Shear Strength (MPa)	$2.81595+0.01035K-0.00245S$	0.992

เมื่อ: K = มุมคมใบมีด (องศา) และ S = ความเร็วของหัวตัด (mm/min)

4.2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

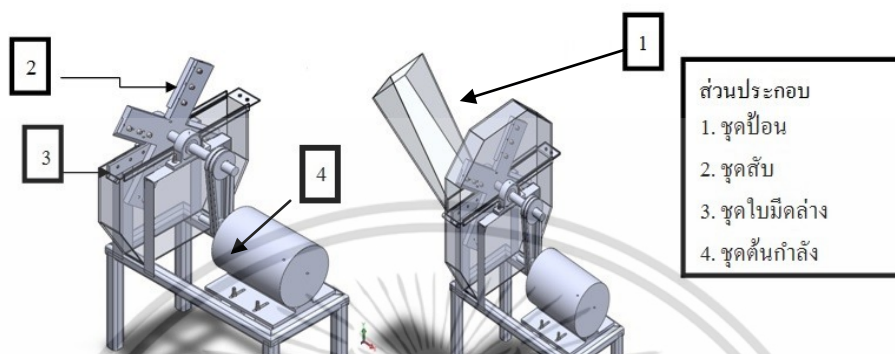
เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังมีส่วนประกอบหลักๆ มีอยู่ 4 ส่วนด้วยกันคือ

4.2.1 ชุดป้อน

ชุดป้อนเป็นช่องป้อน 1 ช่อง ยาว 582 มิลลิเมตร ความกว้างช่องป้อน 213 มิลลิเมตร ยาว 235 มิลลิเมตร มีมุมเอียง 60 องศา (ภาพที่ 4.2 หมายเลขที่ 1) โดยการป้อนจะเป็นการป้อนด้วยมือ

4.2.2 ชุดย่อย

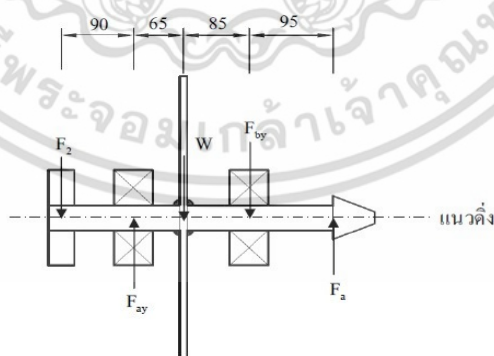
จากการศึกษาข้อมูลการสืบได้ทำการคัดเลือกชุดสืบลักษณะล้อช่วยแรง (Flywheel Cutter) ยึดติดด้วยใบมีด ผลการออกแบบชุดย่อยดังรูปลายเส้น (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 2) ชุดสืบ และ ใบมีดสืบ รายละเอียดการออกแบบมีดังนี้



ภาพที่ 4.2 ส่วนประกอบของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง

1 ชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง

ชุดย่อยเป็น ลักษณะล้อช่วยแรงนี้มีหน้าที่การถ่วงน้ำหนักเพื่อเพิ่มแรงเหวี่ยงให้กับชุดย่อย และใช้สำหรับยึดติดใบมีดสืบ โดยชุด ใบมีด ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อน ขนาด 15 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม ตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับเพลานาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อนเช่นกัน ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปการคำนวณขนาดเพลานาทำได้โดยกำหนดชุดสืบมีระยะดังภาพที่ 4.3 และสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.3 แรงที่กระทำกับชุดเพลานา

การออกแบบขนาดเพลานาเป็นไปตามมาตรฐานของ AMSE โดยใช้สูตรเพลารับแรงบิดและโมเมนต์ตัด

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่	d	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา (เมตร)
	τ	คือ	ความเค้นเฉือนนอกแบบหาจาก
	τ	คือ	$0.18(0.75) \sigma_y$ (เพลามีร่องลิ้ม)
โดยที่	σ_y	คือ	210 MPa (เหล็กกล้ารีดร้อน AISI 1020 HR; ตารางผนวกที่ 21)
แทนค่า	τ	คือ	28.35 MPa
	C_t	คือ	ตัวประกอบความล้ากำหนดเป็นเพลาระตุก เล็ก
	C_t	คือ	1.0 (ตารางผนวกที่ 22)
	C_m	คือ	ตัวประกอบความล้ากำหนดเป็นเพลามหุน
	C_m	คือ	1.0 (ตารางผนวกที่ 22)
	T	คือ	แรงบิดสูงสุดที่กระทำกับเพลลา หาจาก

$$W = 2\pi nT$$

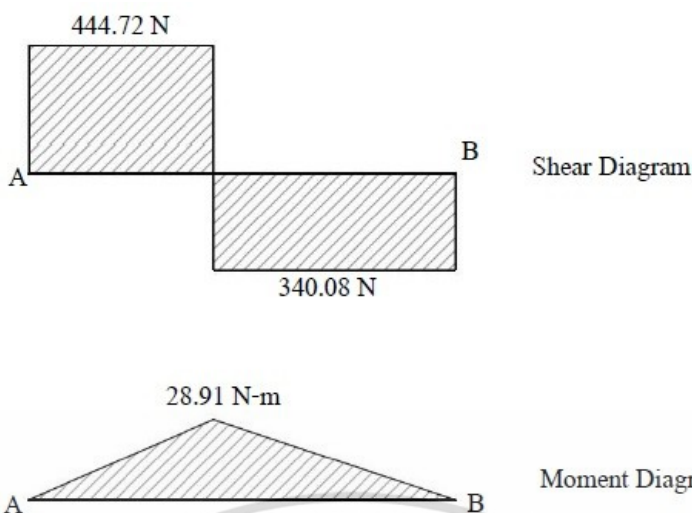
เมื่อ n คือ ความเร็วรอบชุดย่อยในการคำนวณนี้เลือกใช้ 1500 รอบต่อนาที เนื่องจากข้อมูลการทดลองของสุวรรณและคณะ

แทนค่าลงสมการได้ $7.46 \times 10^3 = 2\pi \times 1500 / 60 \times \text{Torque}$

ได้ T คือ 47.492 N-m

M คือ โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำกับเพลลา หาจาก

กำหนดชุดสับหนัก 50 กิโลกรัม และเพลลาเสียหายโดยการหักเนื่องจากน้ำหนักชุดสับ เพราะฉะนั้นจะคำนวณโมเมนต์สูงสุดที่เกิดจากชุดสับเท่านั้น จึงได้ค่า $M = 28.91$ นิวตันต่อตารางเมตร ได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 Shear Diagram และ Moment Diagram ของเพลาชุดสับ

กำหนดค่าความปลอดภัย (N_s) ประมาณ 1.5 และแทนค่าในสมการคำนวณขนาดเพลา

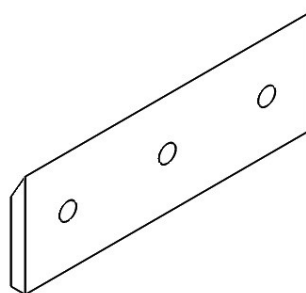
$$\frac{d^3}{1.5} = \frac{16}{\pi 28.35 \times 10^6 (1)} [(1.0 \times 47.492)^2 + (1.5 \times 28.91)^2]^{\frac{1}{2}}$$

คำนวณได้ d คือ 33.90 mm

ทำการคัดเลือกขนาดเพลา 35 มิลลิเมตร (ตารางผนวกที่ 23) เนื่องจากมีค่าความปลอดภัย 1.5 ซึ่งสามารถทำงานได้โดยไม่เสียหาย

2 ใบมีดสับ

มีดสับทำจากเหล็กกล้าไร้ร้อน AISI 1020 HR (ตารางผนวกที่ 21) ($\sigma_y = 210$ MPa) ทำการขึ้นรูปและทำมุมคมใบมีด 30 องศา (จากผลการทดสอบในหัวข้อ 4.1.2) และทำการชุบแข็งบริเวณคมของใบมีด ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งมีดสับมีขนาด กว้าง 72 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตรหนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ ยึดด้วยสลักเกลียวขนาด 12 มิลลิเมตร เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนหรือปรับระยะของใบมีด

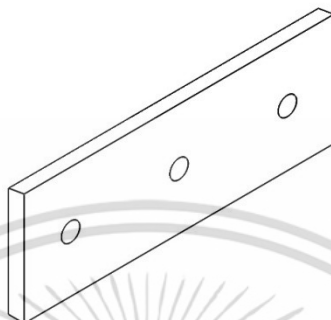


ภาพที่ 4.5 ลักษณะของมีดสับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ไบมีดล่าง

ชุดไบมีดล่างทำจากเหล็กกล้ารีดร้อน AISI 1020 HR (ตารางผนวกที่ 9) ($\sigma_y = 210$ MPa) เช่นเดียวกับกับมีดสับ แต่มุมคมไบมีดมีขนาด 10 องศา ทำหน้าที่เสมือนเขียงที่รองรับการสับ เพื่อช่วยให้การสับมีประสิทธิภาพสูงที่สุด จำนวน 1 ใบ ยึดด้วยสลักเกลียวขนาด 12 มิลลิเมตร เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนหรือปรับระยะของไบมีด (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 3 และภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ลักษณะของไบมีดล่าง

4 ชุดต้นกำลัง

ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ 2 แรงม้า เป็นเครื่องต้นกำลัง และถ่ายทอดกำลังด้วยพูลเลย์และสายพาน จากผลการออกแบบระบบถ่ายทอดกำลัง ชุดป้อน ชุดย่อย และชุดไบมีดล่าง ประกอบเป็นเครื่องย่อยลำต้นมันสำปะหลังได้ดังภาพที่ 4.7



ส่วนประกอบ

1. ชุดป้อน
2. ชุดสับ
3. ชุดไบมีดล่าง
4. ชุดต้นกำลัง

ภาพที่ 4.7 เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังต้นแบบ

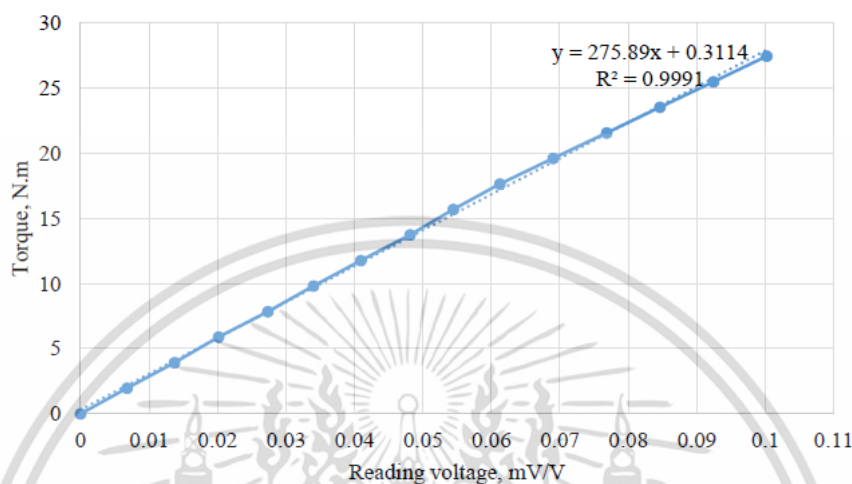
4.3. ผลการทดสอบเครื่องย่อยลำต้นมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง ในการย่อยต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่สร้างขึ้น โดยใช้ความเร็วรอบที่ต่างกัน ค่าชี้ผลการศึกษาได้แก่ คุณภาพการย่อย ประสิทธิภาพการทำงานและกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการสอบเทียบค่าเครื่องวัดแรงบิด

ก่อนทำการทดสอบมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงบิด (Torque Transducer) ซึ่งจากการทดสอบจะได้กราฟ (ภาพที่ 4.8) และได้สมการทำนายในการหาแรงบิดในเพลาชุดตัดสับดังแสดงในสมการที่ 4.1



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงบิดและค่า V_{out} ที่ได้จากการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงบิด

$$T \text{ (N.m)} = 275.89 \times (\text{strain gauge output}) + 0.3114$$

$$R^2 = 0.9991$$

4.1

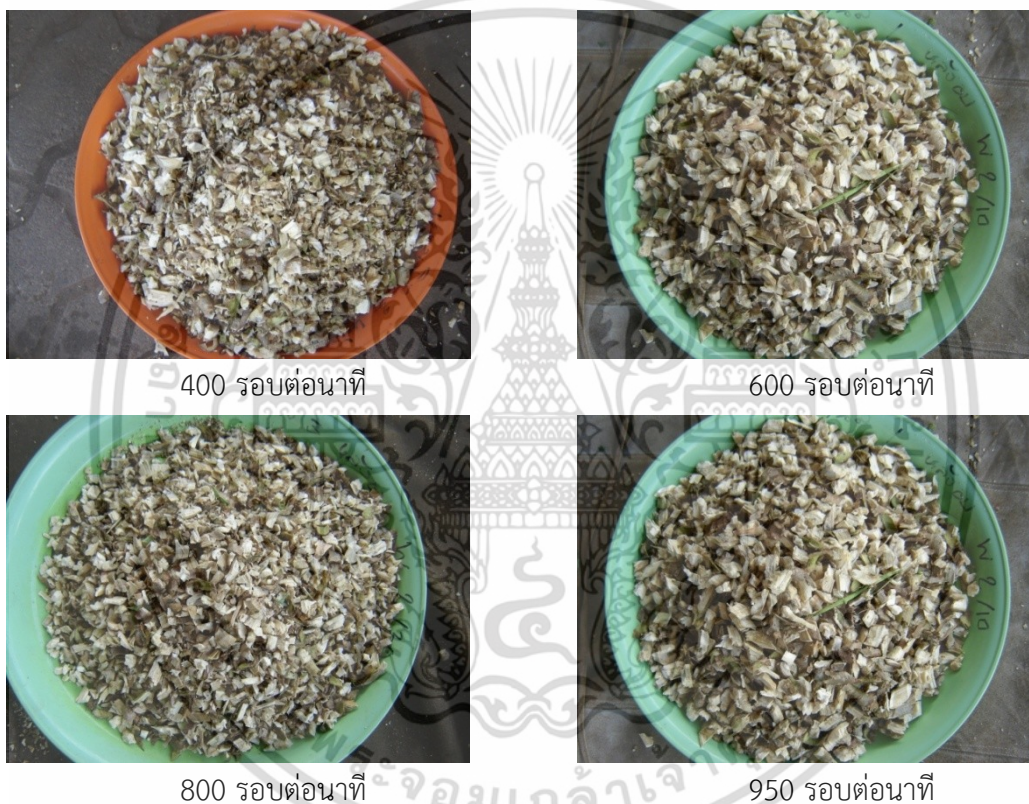
4.3.2 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อคุณภาพของขนาดชิ้นสับที่ 20 มิลลิเมตร

ผลของคุณภาพของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบชุดสับย่อยแตกต่างกันที่ 400 600 800 และ 950 รอบต่อนาที โดยใช้ต้นมันสำปะหลังก่อนการย่อยมีน้ำหนักเท่ากับ 3,000 กรัม ทั้ง 4 ความเร็วรอบ แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร จากผลการทดสอบพบว่า น้ำหนักหลังการย่อยของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 1,806 2,333 2,400 และ 2,471 กรัม ตามลำดับ คุณภาพการย่อยของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 60.20 77.77 80.00 และ 82.37 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่า การย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะ การย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที ได้ น้ำหนักของต้นมันสำปะหลังหลังการย่อยมากที่สุด คือ 2,471 กรัม และมีคุณภาพของการย่อยดีที่สุด คือ 82.37 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คุณภาพของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน (ผ่านตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร)

ความเร็วรอบ (rpm)	น้ำหนักก่อนย่อย (g)	น้ำหนักหลังย่อย (g)	คุณภาพของชุดสับย่อย (%)
400	3,000	1,806±241.83	60.20±8.06
600	3,000	2,333±246.36	77.77±8.21
800	3,000	2,400±57.64	80.00±1.92
950	3,000	2,471±107.26	82.37±3.58

* ค่าของข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=5



ภาพที่ 4.9 ผลของการย่อยในการทดสอบที่ความเร็วรอบชุดย่อยแตกต่างกัน

4.3.3 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (T_{max})

จากรายที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วของชุดย่อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (T_{max}) ซึ่งพบว่า ความเค้นเฉือนมีความแตกต่างกันในทุกๆ ความเร็วรอบของความเร็วชุดย่อย และจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบชุดย่อยเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองนี้สามารถที่จะทำนายได้ว่า ความเร็วรอบของชุดย่อยแปรผกผันกับความเค้นเฉือน โดยผลการทดสอบการหาความเค้นเฉือนสูงสุดนี้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ ข10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของชุดย่อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (τ_{max})

ความเร็วรอบชุดย่อย (rpm)	เส้นผ่านศูนย์กลางต้นมันสำปะหลังเฉลี่ย (mm)	แรงเฉือนขณะไม่มีภาระ (N)	แรงเฉือนขณะมีภาระ (N)	ความเค้นเฉือน (N/m^2)
400	19.84±0.27	3.68±0.05	9.77±0.14	1,976.30±49.66
600	20.15±0.67	3.77±0.03	8.52±0.18	1,674.10±121.60
800	19.83±0.13	3.76±0.2	7.31±0.07	1,480.16±7.60
950	20.47±1.1	3.75±0.15	6.46±0.06	1,276.23±131.58

* ค่าของข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, \pm คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=5

4.3.4 ผลของความเร็วของชุดย่อยต่อแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อย

จากตารางที่ 4.10 แสดงแรงบิดในขณะไม่มีภาระและในขณะที่มีภาระ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าทุกๆ ความเร็วรอบมีค่าแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎี คือค่าของแรงบิดจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วย่อยของชุดย่อย โดยค่าแรงบิดในขณะที่มีภาระจะมีค่าน้อยกว่า 7.29 นิวตันเมตร โดยผลกระทบของความเร็วของชุดย่อยต่อกำลังงานที่ใช้ในการย่อย ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าของกำลังงานที่ใช้ในการย่อย ที่ต้องการในทุกๆ ความเร็วรอบของชุดย่อยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของชุดย่อยเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากความต้องการพลังงานของชุดมอเตอร์ที่จะไปเพิ่มความเร็วของชุดมอเตอร์ขั้วนั่นเอง โดยค่าเฉลี่ยของกำลังงานที่ใช้ในการย่อยที่ 552.65 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที และค่าต่ำที่สุดที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที มีค่าเท่ากับ 305.04 วัตต์ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.2 คุณภาพของการย่อยไม่ได้มีความแตกต่างกันตั้งนั้นจึงสามารถออกแบบให้ความเร็วรอบใบตัดใช้งานจริงที่ 800 รอบต่อนาที ซึ่งมีค่ากำลังงานที่ใช้ในการย่อย เท่ากับ 493.02 วัตต์ โดยผลการทดสอบการหาค่าแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อยแสดงในภาคผนวกที่ ข10

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของชุดย่อยต่อแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อย

ความเร็วรอบชุดย่อย (rpm)	แรงบิด ขณะไม่มีภาระ (N-m)	แรงบิด ขณะมีภาระ (N-m)	กำลังงานที่ใช้ในการย่อย (W)
400	3.69±0.17	7.29±0.08	305.04±3.20
600	3.68±0.14	6.52±0.22	409.58±14.00
800	3.67±0.02	5.89±0.13	493.02±10.61
950	3.67±0.14	5.56±0.08	552.65±8.39

* ค่าของข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, \pm คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=5

4.3.5 ผลของความเร็วยุ่ต่อความสามารถและประสิทธิภาพการทำงาน

ผลของประสิทธิภาพการทำงานของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบชุดย่อยแตกต่างกันที่ 400 600 800 และ 950 รอบต่อนาที โดยใช้ต้นมันสำปะหลังก่อนการย่อยมีน้ำหนักเท่ากับ 3,000 กรัม ทั้ง 4 ความเร็วรอบ จากผลการทดลองพบว่า ความสามารถการทำงานจริงของเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 96.00 112.66 128.76 และ 136.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 60.96 76.36 81.53 และ 82.87 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที มีความสามารถการทำงาน of เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังมากที่สุด คือ 136.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่การย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังดีที่สุด คือ 82.87 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบชุดย่อยที่แตกต่างกัน (น้ำหนักก่อนย่อย 3000 กรัม)

ความเร็วรอบ (rpm)	น้ำหนักหลังย่อย (g)	เวลา (s)	ความสามารถการทำงานทางทฤษฎี (kg/h)	ความสามารถการทำงานจริง (kg/h)	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)
400	1,826±262.07	681±5.55	158.70±12.37	96.00±9.46	60.94±8.77
600	2,291±85.17	73±4.28	147.53±8.33	122.66±7.85	76.36±2.84
800	2,446±117.81	69.40±8.99	157.67±19.90	128.76±19.86	81.53±3.93
950	2,486±63.09	65.60±3.51	165.03±9.21	136.73±7.72	82.87±2.10

* ค่าของข้อมูล that แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=5

4.3.6 ผลของความเร็วยุ่ต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงานทางไฟฟ้า

ผลของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบชุดย่อยแตกต่างกันที่ 400 600 800 และ 950 รอบต่อนาที จากการทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังขณะไม่มีภาระการทำงาน พบว่า เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังใช้กำลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 1.42 1.58 1.48 และ 1.48 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย มีค่าเท่ากับ 2.55 2.85 2.68 และ 2.68 บาทต่อชั่วโมง การทดสอบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังขณะมีภาระการทำงาน พบว่า เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังใช้กำลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 3.39 2.61 2.33 และ 2.07 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย มีค่าเท่ากับ 6.12 4.71 4.21 และ 3.37 บาทต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบที่ความเร็วของชุดย่อยแตกต่างกัน

ทดสอบขณะ	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังงานไฟฟ้า(kW)	ค่าไฟฟ้า(b/hr)
ไม่มีภาระ	400	2.62±0.02	380	1.42±0.01	2.55±0.02
	600	2.93±0.02	380	1.58±0.01	2.85±0.02
	800	2.75±0.04	380	1.48±0.02	2.68±0.04
	950	2.75±0.05	380	1.48±0.03	2.68±0.05
มีภาระ	400	6.28±0.99	380	3.39±0.35	6.12±0.96
	600	4.84±0.62	380	2.61±0.33	4.71±0.60
	800	3.83±0.28	380	2.33±0.19	4.21±0.35
	950	4.32±0.17	380	2.07±0.08	3.73±0.15

* ค่าของข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย, ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=5

4. ผลการวิเคราะห์การทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าที่ชีวิตผลการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน คุณภาพการย่อย และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบของชุดใบมีดเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังที่มีระดับความแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 400 600 800 และ 950 รอบต่อนาที ทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของค่าที่ชีวิตผลการศึกษา ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ คุณภาพการย่อย ประสิทธิภาพการทำงานและ กำลังงานไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน

ความเร็วรอบชุดสับ (rpm)	คุณภาพการสับย่อย (%)	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	กำลังงานไฟฟ้า (kW)
400	60.20 ^a	60.94 ^a	3.39 ^c
600	77.77 ^b	76.36 ^b	2.61 ^b
800	80.00 ^b	81.51 ^b	2.33 ^{ab}
950	82.37 ^b	82.87 ^b	2.07 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญ (p<0.05) n=5

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ย่อยด้วยความเร็วชุดย่อย แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพการย่อย กล่าวคือเมื่อ

ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ขนาดชิ้นส่วนหลังย่อยจะมีขนาดเล็กกลง (ผ่านตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วสับย่อยที่แตกต่างกันกับประสิทธิภาพการทำงานพบว่า ที่ความเร็วรอบ 400 - 950 รอบต่อนาที เมื่อความเร็วรอบของชุดย่อยเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการทำงาน จะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น หากเปรียบเทียบความเร็ว รอบของ ชุดย่อยที่แตกต่างกันกับ กำลังงาน ไฟฟ้า พบว่า ความเร็วรอบของชุดย่อยมีผลต่อ กำลังงานไฟฟ้า กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบชุดย่อยเพิ่ม มากขึ้นการ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

เมื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของความเร็วรอบต่อคุณภาพการบดย่อย ประสิทธิภาพการ ทำงานและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จาก ตารางที่ 4.13 สามารถ กล่าวได้ด้วยความเชื่อมั่น 95% ว่าความเร็วรอบในการย่อยที่เหมาะสมในการ ย่อยต้นมันสำปะหลัง คือ 950 รอบต่อนาที เนื่องจากมีความสามารถ และประสิทธิภาพการทำงานสูง ที่สุด ตลอดจนมีความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุดในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของต้นมันสำปะหลัง พบว่ามันสำปะหลัง จัดเป็นพืชกึ่งเส้นใย (Semi-fibrous Materials) ซึ่งทั่วไปแล้วสามารถพบได้กับวัสดุที่มีท่อลำเลียงน้ำ ขนาดใหญ่ และยังพบว่าต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีความแข็งแรงกว่าพันธุ์ระยอง 81 เนื่องจากแรงกดสูงสุดที่มุมคมใบมีด 30 องศา มีค่าสูงกว่าประมาณสองเท่า

เครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยลำต้นมันสำปะหลังในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องออกแบบให้เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้การย่อยด้วยมีดและการใช้เครื่องย่อยต้นข้าวโพดในการย่อย ซึ่งพบว่าเกิดการเสียหายของใบมีดเนื่องจากไม่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

จึงได้ทำการศึกษา ออกแบบ และสร้างชุดย่อยต้นมันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการย่อยต้นและใบ มันสำปะหลังให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ คือ ชุดป้อน ชุดใบมีดสับ ชุดใบมีดกลาง และชุดต้นกำลัง ซึ่งมีรูปแบบการทำงานคือ ชุดย่อยทำหน้าที่รับ กำลังจากต้นกำลังซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ความเร็วรอบชุดสับ 400 600 800 และ 950 รอบ ต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วชุดย่อยมีผลต่อคุณภาพของชิ้นสับ ประสิทธิภาพการทำงาน และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

เมื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของความเร็วรอบต่อคุณภาพการย่อย ประสิทธิภาพการทำงาน และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ด้วย โปรแกรม SPSS โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จาก ตารางที่ 4.13 สามารถ กล่าวได้ด้วยความเชื่อมั่น 95% ว่าความเร็วรอบในการย่อยที่เหมาะสมในการ ย่อยต้นมันสำปะหลัง คือ 950 รอบต่อนาที เนื่องจากมีความสามารถ และประสิทธิภาพการทำงานสูง ที่สุด ตลอดจนมีความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุดในการทดลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การย่อยที่ความเร็วสูงทำให้ขนาดชิ้น หลังการย่อย มีขนาดเล็กขนาดชิ้น หลังการย่อย ที่มีขนาดเล็กมากเกินไปจนเป็นผง ส่งผลให้ต้นมันสำปะหลังไม่เหมาะกับการทำอาหารหยาบและอาหาร ผสมรวม เพราะต้นมันสำปะหลังจะสูญเสียความเป็นเยื่อใยไป

2. ชุดทดสอบที่สร้างขึ้นไม่สามารถให้ขนาดของชิ้น หลังการย่อยที่สม่ำเสมอได้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราการป้อนที่เหมาะสมได้ จึงควรมีการออกแบบชุดป้อนเพื่อให้สามารถควบคุม อัตราการป้อนได้ซึ่งจะทำให้ได้ขนาดของชิ้นสับที่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควรมีการออกแบบเครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง เพื่อลดเวลาในการขนย้ายต้นมันสำปะหลังจากแปลงมาทำการย่อย

4. จากการผลทดลอง เครื่องย่อยต้นมันสำปะหลังใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แรงม้า 380 V 50 Hz หากจะนำไปใช้งานจริงสามารถปรับเปลี่ยนต้นกำลังให้มีขนาดที่เหมาะสม คือ ไม่น้อยกว่า 1.5 kW เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทางไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กลิน ประกอบไวยกิจ. 2552. **ความรู้พื้นฐานทางไฟฟ้าวงจรไฟฟ้า 3 เฟส**. เชียงใหม่ : ห้องวิจัยการออกแบบวงจรด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (CANDLE). ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จำริญ ตันตระบัณฑิตย์ . 2541. **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล** . กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ณัฐพงษ์ ประภาการ. 2551. **“การศึกษาพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องตัดเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน .”** เอกสารวิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 118 น.
- दनัย สุภาพร. 2537. **พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง .”** กรุงเทพฯ : เอกสารวิชาการศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: 14 – 29.
- บวรเพชร นรินทรพร. 2537. **การใช้ประโยชน์จากหัวมันสำปะหลัง .** เอกสารวิชาการศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ : 173-175.
- ประพัทธ์ สันติวรกร , สมนึก อีระกุลพิศุทธิ์ และอภิชาติ ศรีชาติ. 2551. **ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องผลิตชิ้นไม้สับ** . ขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประพันธ์ ยาวระ. 2546. **เครื่องย่อยวัสดุการเกษตร** . กรุงเทพฯ : โครงการปัญหาพิเศษ สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พีรพร ส่งถิ่น. 2552. **“ผลของการใช้ต้นมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรผสมสำเร็จและรูปแบบการให้อาหารต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การให้ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม .”** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย . มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ภาควิชาพืชไร่. 2535. **เอกสารลักษณะทางพฤกษศาสตร์** . นครปฐม : คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 15 น.
- รณชัย รัตนูปการ . 2551. **“การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อ .”** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต . สาขาวิชาเทคโนโลยี - อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2535. **การออกแบบเครื่องจักรกล.** เล่ม 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศุภชัย แก้ววงษ์, อนุรักษ์ ใจรักษ์ และอนุวัตร หมื่นนงศ์. 2544. **“เครื่องสับพืช.”** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **“ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร 2556.” เอกสารสถิติ- การเกษตรที่ 416.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- โสภณ สีนุประมา, ชาญ ถิรพร และอนุชิต ทองกล้า . 2526. **การเขตกรรมและการจัดระบบปลูกพืช . “เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7 มั่นสำปะหลัง.”** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร. 134 น.
- สมยศ จันเกษม และศิโยคัตสีชิงะ. 2523. **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล .** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ครู- สภา.
- อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก .** นครปฐม : ศูนย์ค้นคว้าและ พัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา เขตกำแพงแสน.
- อัจฉรา ลีมีศิลา และจรุงสิทธิ์ ลีมีศิลา. 2537. **ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง .** ระยอง : เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร.
- ASAE S358.2 FEB03. 2003. **Moisture Measurement-Forages.** American Society of Agricultural Engineers.
- Chancellor W.K., 1957. **Basic concepts of cutting hay.** PhD thesis, Cornell University. Ithaca, NY, 170pp.
- Chattopadhyay P.S. and Pandey K.P., 1999. **Mechanical properties of sorghum stalk in relation to quasi-static deformation.** Journal of Agricultural Engineering Research, 73, 199-206.
- Mesquita C.M. and Humna M.A., 1995. **Physical and mechanical properties of grasses.** Transactions of the ASAE, 38 (60), 1655-1658.
- Mohsenin, N.N., 1986. **Physical properties of plant and animal material.** NewYork : Grodon and Barnch. USA.
- Persson S., 1987. **Mechanics of cutting plant material.** ASAE Monograph No 7. St Joseph. Michigan.
- Prasad J. and Gupta C.P., 1975. **Mechanical properties of maize stalks as related to harvesting.** Journal of Agricultural Engineering Research, 20 (1), 79-87.
- Siam Quality Starch Co., Lid. Quality Creates Our Value. 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Srivastava A.K., Goering C.E. and Rohrbach R.P., 2003. **Engineering Principles of Agricultural Machines**. American Society of Agricultural Engineers Manufactured in the United State of America

Womac A.R., Yu M., Igathinathane C., Ye P. and Hayes D. 2005. **Shearing characteristics of biomass for size reduction 2005**. An ASAE meeting presentation, paper number. 056058.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงวิธีการคำนวณ

ข้อมูลเบื้องต้น

การคำนวณหาความชื้น

$$MC (w.b., \%) = \frac{\text{Loss in Weight}}{\text{Weight of Wet Sample}} \times 100$$

$$MC (w.b., \%) = \frac{33.25 - 10.67}{33.25} \times 100$$

$$MC (w.b., \%) = 67.9098$$

การออกแบบเครื่องยอยต้นมันสำปะหลัง

1. คำนวณหาสมรรถนะการทำงาน

$$Q = 0.36 \times \rho_w \times n \times N_k \times V$$

เมื่อ	Q คือ	ปริมาณการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
	ρ_w คือ	ความหนาแน่นของไม้ฉลีย์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	N_k คือ	จำนวนใบมีด
	n คือ	ความเร็วรอบของจานหมุนสับ (รอบต่อนาที)
	V คือ	ปริมาตรของชิ้นไม้สับ (ลูกบาศก์เมตร) โดยมีปริมาตรเท่ากับ

$$V = th \times L \times W$$

เมื่อ	th คือ	ความหนาของชิ้นไม้สับ (เมตร)
	L คือ	ความยาวของชิ้นไม้สับ (เมตร)
	W คือ	ความกว้างของชิ้นไม้สับ (เมตร)
	แทนค่า	$Q = 0.06 \times 316 \times 400 \times 4 \times V$
	หา V จาก	$V = 0.02 \times 0.02 \times 0.005$
		$V = 2 \times 10^{-6}$ ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = 0.06 \times 572 \times 400 \times 4 \times 2 \times 10^{-6}$$

$$Q = 0.11 \text{ ต้นต่อชั่วโมง}$$

2. คำนวณกำลังของการลดขนาดวัสดุทางการเกษตร

2.1 ความเร็วการป้อน (V_f)

$$L_c = \frac{60000 V_f}{\lambda_k n_c}$$

เมื่อ	L_c คือ	ขนาดของอาหารหยาบที่ถูกตัดตามทฤษฎี (มิลลิเมตร)
	V_f คือ	ความเร็วการป้อน (เมตรต่อวินาที)
	λ_k คือ	จำนวนใบมีดบนหัวตัด
	n_c คือ	ความเร็วรอบของหัวตัด (รอบต่อนาที)

$$\text{แทนค่า } 20 = \frac{60000 \times V_f}{4 \times 400}$$

$$V_f = \frac{60000}{4 \times 400 \times 20}$$

$$= 1.88 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

2.2 อัตราการป้อนตามทฤษฎี (m_f)

$$m_f = \frac{\rho_f A_t L_c \lambda_k n_c}{6 \times 10^8}$$

เมื่อ	m_f คือ	อัตราการป้อนตามทฤษฎี (กิโลกรัมต่อวินาที)
	ρ_f คือ	ความหนาแน่นของที่ถูกสับตรงช่องทางออก (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	A_t คือ	พื้นที่หน้าตัดตรงช่องทางออก (ตารางเมตร)

$$\text{กรณีที่ 1 แทนค่า } m_f = \frac{570 \times 207 \times 0.2 \times 4 \times 400}{6 \times 10^8}$$

$$= 0.06316 \text{ กิโลกรัมต่อวินาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กำลังงานที่ใช้ในการหันหรือสับ (P_c)

$$P_c = \frac{1000 C_f F_{\max} m_f}{\rho_f L_c}$$

เมื่อ	P_c คือ	กำลังงานที่ใช้ในการหันหรือสับ (กิโลวัตต์)
	F_{\max} คือ	แรงต่อพื้นที่ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
	C_f คือ	แรงตัดเฉพาะต่อความยาวชุดหัวตัดตามยาว (นิวตันต่อมิลลิเมตร)

$$\text{แทนค่า } P_c = \frac{1000 \times 62.25 \times 1.51 \times 0.06314}{572 \times 20}$$

$$= 0.52 \text{ กิโลวัตต์}$$

3. การออกแบบเพลลา

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau (1 - k^2)} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ	d คือ	เส้นผ่านศูนย์กลาง
	T คือ	ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตร)
	τ คือ	$0.18(0.75) \sigma_u$ (เพลามีร่องลิ้ม)
เมื่อ	σ_u =	210 MPa
ได้	T =	28.35 MPa
	C_m คือ	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัดเลือก $C_m = 1.5$ (ตารางที่ 1)
	C_t คือ	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิดเลือก $C_t = 1.0$ (ตารางที่ 1)
	T คือ	โมเมนต์บิด (นิวตันเมตร)

$$W = 2\pi n T$$

$$\text{แทนค่าลงสมการ } 7.46 \times 10^3 = 2\pi \times 1500 / 60 \times \text{Torque}$$

$$\text{ได้ } T = 47.492$$

เมื่อ	M คือ	โมเมนต์ดัด (นิวตันเมตร)
-------	---------	-------------------------

เพลาส่งกำลังชุดใบมีด

$$M = \frac{FL^2}{9\sqrt{3}}$$

เมื่อ F คือ แรงตัดของชุดใบมีด (N)

$$M = \frac{1090.501 \times 0.5^2}{9\sqrt{3}}$$

$$M = 28.91 \text{ นิวตันเมตร}$$

แทนค่า $d^3 = \frac{16}{\pi \times 28.35 \times 10^6} [(1.0 \times 545.2505)^2 + (1.5 \times 16.847)^2]^{1/2}$

$$d = 33.90$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้เพลาส่งขนาด 35 มิลลิเมตร

4. คำนวณหาขนาดของพูลเลย์ตามมาตรฐาน (D_p)

$$d_p = D_p \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

เมื่อ d_p คือ ขนาดของพูลเลย์ขับมาตรฐาน (มิลลิเมตร)
 D_p คือ ขนาดของพูลเลย์ตาม (มิลลิเมตร)
 n_2 คือ ขนาดความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)
 n_1 คือ ความเร็วรอบของล้อหมุนสับ (รอบต่อนาที)

$$\text{แทน } 75 = D_p \left(\frac{600}{1350} \right)$$

$$D_p = 75 \left(\frac{1350}{600} \right)$$

$$= 168.75 \text{ มิลลิเมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพาน (L)

$$L=2C=\frac{\pi}{2}(d_p+D_p)+\frac{1}{4C}(D_p-d_p)^2$$

เมื่อ	L	คือ	ความยาวรอบของสายพาน (มิลลิเมตร)
	D_p	คือ	ขนาดของพูลเลย์ตาม (มิลลิเมตร)
	d_p	คือ	ขนาดของพูลเลย์ขับเคลื่อนมาตรฐาน (มิลลิเมตร)
	C	คือ	ระยะห่างจุดศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

ขนาดสายพานของมอเตอร์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ

แทนค่า

$$L = 2 \times 300 + \frac{\pi}{2} (75 + 168.75) + \frac{1}{4 \times 300} (168.75 - 75)^2$$

$$= 600 + 382.8816047 + 7.32421875$$

$$= 990.2058234 \sim 990.21 \text{ มิลลิเมตร}$$

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องย้อยต้นและใบมันสำปะหลัง

1. กำลังงานที่ใช้ในการหันหรือสับ (P_c)

$$P_c = \sqrt{3}VI\cos\phi$$

เมื่อ	P_c	คือ	กำลังงานที่ใช้ในการหันหรือสับ(กิโลวัตต์)
	V	คือ	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)
	I	คือ	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
	$\cos\phi$	คือ	ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor)

แทนค่า $P_c = \sqrt{3} \times 380 \times 4.84 \times 0.82$

$$= 2,612 \text{ วัตต์}$$

$$= 2.612 \text{ กิโลวัตต์}$$

2. แรงบิดที่ใช้ในการสับขณะทดสอบโดยใช้ Torque transducer

$$y = 257.89x+0.3114$$

เมื่อ x คือ ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ 95% จากค่าที่วัดได้สูงที่สุดที่ได้จากการวัดด้วย

เครื่องวัดแรงบิด (mV/V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าที่ความเร็วรอบชุดสับ 400 รอบต่อนาที

$$y = (257.89 \times 0.0270) + 0.3114$$

$$y = 7.29 \text{ N.m}$$

3. หาค่าไฟฟ้า

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังงานไฟฟ้า} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}}{1000 \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 วัน}}$$

$$\text{แทนค่า} \quad \text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{(2.612 \times 1000) \times 1}{1000 \times 1}$$

$$= 2.612 \text{ ยูนิต์ต่อชั่วโมง}$$

$$1 \text{ ยูนิต์} = 1.8047 \text{ บาท} = 4.71 \text{ บาทต่อชั่วโมง}$$

ผลการทดสอบจากเครื่องย่อยต้นและใบมันสำปะหลัง

1. ความสามารถการทำงาน

$$MC = \frac{W}{T}$$

เมื่อ MC คือ ความสามารถ การทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W คือ ปริมาณชิ้นต้นมันสำปะหลังทั้งหมด (กิโลกรัม)

T คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

$$\text{หา } C_u \text{ จาก } MC = \frac{3}{71} \times 3600$$

$$= 152.11 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

2. ประสิทธิภาพการทำงาน

$$P_p = \frac{W_p}{T_p} \times 100$$

เมื่อ P_p คือ ประสิทธิภาพการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_p คือ น้ำหนักของชั้นต้นมันสำปะหลังที่มีขนาด ≥ 20 มม. (กิโลกรัม)
 T_p คือ น้ำหนักทั้งหมดของชั้นต้นมันสำปะหลัง (กิโลกรัม)

หา P_p จาก
$$P_p = \frac{2430.8}{2940} \times 100$$

$= 82.68$ เปอร์เซ็นต์

3. ความเค้นเฉือน

เมื่อ τ คือ ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น, (นิวตันต่อตารางเมตร)

F คือ แรงเฉือนที่กระทำกับวัตถุ, (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัด, (ตารางเมตร)

แทนค่าที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที

$$\tau = \frac{6.46}{0.005}$$

$= 1,276.23$ นิวตันต่อตารางเมตร



ภาคผนวก ข
ตารางผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60

ชุดที่	ลำดับ	ความยาว (mm)	ความโค้ง (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง			น้ำหนัก (g)	น้ำหนักต่อ ความยาว (g/mm)
				โคน (mm)	กลาง (mm)	ปลาย (mm)		
1	1	1,030	175	18.15	16.60	12.30	230	0.31
	2	830	80	12.20	14.80	12.40	200	0.31
	3	840	70	16.65	14.25	12.30	190	0.29
	4	940	135	18.20	17.00	13.25	260	0.25
	5	1,000	115	17.30	14.70	17.20	230	0.34
	6	1,090	160	24.10	22.45	19.15	600	0.26
	7	940	186	18.50	17.50	13.50	260	0.18
	8	920	63	17.50	16.10	14.15	270	0.28
	9	910	66	21.50	18.05	15.65	320	0.20
	10	807	90	17.60	16.05	13.00	200	0.20
2	1	920	50	21.25	19.80	16.50	350	0.19
	2	780	53	18.00	16.45	15.75	230	0.19
	3	830	87	17.95	15.90	13.10	200	0.23
	4	900	30	18.75	16.25	14.10	280	0.34
	5	835	60	16.80	16.50	14.50	220	0.19
	6	910	95	16.35	16.05	12.90	210	0.30
	7	768	113	17.35	16.50	14.75	200	0.18
	8	775	62	19.50	17.10	15.80	230	0.17
	9	1,040	100	20.75	18.25	15.90	330	0.41
	10	820	70	17.75	15.70	15.25	200	0.21
3	1	713	60	18.50	16.40	15.25	200	0.19
	2	780	87	17.75	16.45	14.00	200	0.16
	3	690	45	16.70	15.95	14.50	200	0.21
	4	758	40	17.00	15.50	12.05	180	0.19
	5	690	110	18.55	15.85	15.30	200	0.20
	6	880	70	19.25	17.85	15.95	300	0.33
	7	687	40	16.95	16.05	14.65	200	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ต่อ)

ชุดที่	ลำดับ	ความยาว (mm)	ความโค้ง (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง			น้ำหนัก (g)	น้ำหนักต่อ ความยาว (g/mm)
				โคน (mm)	กลาง (mm)	ปลาย (mm)		
	8	1,000	150	19.60	17.10	15.35	290	0.23
3	9	800	120	14.80	13.75	12.00	180	0.28
	10	770	110	16.05	15.45	14.70	200	0.23
	เฉลี่ย	855.1	89.73	18.04	16.55	14.51	245.33	0.24
	SD.	19.97	7.49	0.39	0.30	0.30	14.92	0.06

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81

ชุดที่	ลำดับ	ความยาว (mm)	ความโค้ง (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง			น้ำหนัก (g)	น้ำหนักต่อ ความยาว (g/mm)
				โคน (mm)	กลาง (mm)	ปลาย (mm)		
	1	1,630	60	21.00	16.10	13.00	500	0.22
	2	1,620	111	21.60	14.65	10.95	500	0.24
	3	1,750	61	17.20	16.90	13.65	500	0.23
	4	1,610	140	18.95	18.15	14.05	400	0.28
1	5	1,458	95	21.35	14.40	11.505	500	0.23
	6	1,540	100	20.00	16.10	13.00	400	0.55
	7	1,700	140	17.60	14.65	10.95	300	0.28
	8	1,770	134	20.30	16.90	13.65	500	0.29
	9	1,500	50	20.00	18.15	14.05	300	0.35
	10	1,515	110	17.10	14.40	11.505	300	0.25
	1	1,580	95	17.00	15.35	12.10	300	0.38
	2	1,620	150	18.90	14.50	10.90	300	0.29
	3	1,540	110	17.90	15.20	11.80	350	0.24
2	4	1,750	70	21.20	19.00	16.55	600	0.31
	5	1,500	140	18.10	13.95	10.10	290	0.26
	6	1,670	110	20.00	21.45	14.25	500	0.23
	7	1,410	75	16.00	13.05	10.60	250	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81 (ต่อ)

ชุดที่	ลำดับ	ความยาว (mm)	ความโค้ง (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง			น้ำหนัก (g)	น้ำหนักต่อ ความยาว (g/mm)
				โคน (mm)	กลาง (mm)	ปลาย (mm)		
	8	1,730	160	17.00	14.05	9.91	300	0.30
2	9	1,690	95	23.00	20.95	17.35	700	0.32
	10	1,650	155	18.50	14.25	11.30	350	0.24
	1	1,620	143	17.50	13.05	0.95	310	0.28
	2	1,700	70	17.90	12.95	0.94	280	0.26
	3	1,520	84	18.00	14.75	10.75	320	0.29
	4	1,400	100	16.70	13.70	10.30	270	0.24
3	5	1,500	102	17.50	14.15	10.95	300	0.29
	6	1,600	90	20.50	18.50	14.30	520	0.34
	7	1,650	125	20.00	15.85	17.60	450	0.29
	8	1,620	135	18.25	16.20	11.45	380	0.29
	9	1,700	70	18.85	15.95	11.25	470	0.23
	10	1,380	134	18.25	16.55	11.55	320	0.26
	เฉลี่ย	1,597.43	107.13	18.87	15.79	11.71	392	0.29
	SD.	19.68	5.69	0.31	0.40	0.65	20.68	0.01

ตารางผนวกที่ 3 ความชื้นของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)			น้ำหนักหลังอบ (g)			ความชื้น (w.b., %)			เฉลี่ย wb.,%	S.D. wb.,%
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3		
1	33.25	34.29	31.24	10.67	11.22	9.83	67.91	67.28	68.53	67.91	0.36
2	33.30	31.25	30.34	10.79	8.95	9.94	67.60	71.36	67.24	68.73	1.32
3	31.37	30.81	33.21	10.23	9.86	10.52	67.39	68.00	68.32	67.90	0.27
4	32.98	34.23	35.06	10.48	10.44	11.10	68.22	69.50	68.34	68.69	0.41
5	33.02	35.42	33.48	10.65	10.87	10.64	67.75	69.31	68.22	68.43	0.46
6	31.49	33.01	31.24	9.75	10.88	9.65	69.04	67.04	69.11	68.40	0.68
7	30.14	30.51	30.80	9.82	9.63	9.68	67.42	68.44	68.57	68.14	0.36
8	30.35	31.94	40.76	30.35	10.55	10.62	68.96	66.97	73.95	69.96	2.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ความชื้นของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ต่อ)

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)			น้ำหนักหลังอบ (g)			ความชื้น (w.b., %)			เฉลี่ย	S.D.
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3		
9	32.45	32.45	32.56	10.61	11.33	10.65	67.30	66.82	67.29	67.14	0.16
10	33.67	33.67	31.92	10.23	10.08	10.66	69.62	67.89	66.60	68.04	0.87
เฉลี่ย	32.20	32.20	33.06	10.27	10.38	10.33	68.12	68.26	68.62	68.33	0.15

ตารางผนวกที่ 4 ความชื้นของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 81

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)			น้ำหนักหลังอบ (g)			ความชื้น (w.b., %)			เฉลี่ย	S.D.
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3		
1	28.44	31.50	32.41	8.51	8.30	9.67	70.08	73.65	70.16	71.30	2.04
2	33.01	32.35	32.43	9.89	8.35	9.64	70.04	74.19	70.27	71.50	2.33
3	29.43	33.34	33.42	8.18	9.52	10.30	72.21	71.45	69.18	70.95	1.58
4	33.26	29.30	35.25	9.12	8.57	9.55	72.58	70.75	72.91	72.08	1.16
5	34.82	29.15	30.42	11.01	8.15	8.36	68.38	72.04	72.52	70.98	2.26
6	31.22	28.42	31.69	8.84	7.37	7.93	71.68	74.07	74.98	73.58	1.70
7	30.53	34.94	29.00	8.01	10.33	8.56	73.76	70.44	70.48	71.56	1.91
8	35.42	34.68	35.68	9.64	10.66	10.96	72.78	69.26	69.28	70.44	2.03
9	36.09	30.19	30.50	11.39	7.91	8.51	68.44	73.80	72.10	71.45	2.74
10	31.07	35.16	30.70	8.04	9.92	9.05	74.12	71.79	70.52	72.14	1.83
เฉลี่ย	32.33	31.90	32.15	9.26	8.91	9.25	71.41	72.14	71.24	71.60	0.48

ตารางผนวกที่ 5 แรงเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 (\bar{X} = 18.04 ± 0.39)			ระยอง 81 (\bar{X} = 18.87 ± 0.31)		
		มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
		30°	45°	60°	30°	45°	60°
	1	1,568.50	1,727.70	2,160.80	763.88	818.43	927.95
1	2	1,671.84	1,527.30	2,031.70	753.96	871.54	996.12
	3	1,421.96	1,435.10	2,051.53	801.62	850.62	949.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แรงเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 และระยอง 81 เมื่อมูมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	หัวยวง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
		มูมคมใบมีด			มูมคมใบมีด			
		30°	45°	60°	30°	45°	60°	
1	4	1,558.20	1,679.67	2,114.50	608.91	788.30	860.98	
	5	1,309.20	1,797.71	1,918.60	761.91	822.32	908.12	
	6	1,683.02	1,659.10	2,071.30	643.44	799.01	1,051.70	
	7	1,683.60	1,795.52	2,345.27	712.63	856.22	893.43	
	8	1,417.60	1,048.50	2,060.00	861.11	903.07	946.24	
	9	1,552.88	1,699.50	2,127.73	728.98	891.74	981.57	
	10	1,453.34	1,457.98	2,149.61	711.48	880.93	892.25	
	2	1	1,694.30	1,810.00	2,295.33	633.57	793.35	854.43
		2	1,622.10	1,597.70	2,023.60	668.71	762.87	998.13
		3	1,344.10	1,652.86	1,813.80	763.28	797.58	764.73
4		1,448.10	1,601.70	2,016.83	791.97	835.94	893.27	
5		1,538.70	1,697.80	1,099.40	809.39	847.49	1,071.50	
6		1,680.50	1,762.50	2,185.30	631.66	736.91	945.67	
7		1,464.50	1,680.84	2,247.20	871.71	906.37	908.17	
8		1,554.10	1,759.70	2,188.33	791.36	838.03	828.68	
9		1,367.70	1,708.42	2,061.61	627.94	752.73	924.35	
10		1,456.14	1,637.00	2,132.53	693.66	801.25	1,060.18	
3	1	1,347.50	1,684.40	2,079.66	876.87	931.53	1,069.01	
	2	1,558.62	1,757.10	1,960.12	672.87	893.63	953.67	
	3	1,411.20	1,797.27	2,235.71	733.47	837.36	925.21	
	4	1,626.40	1,715.04	2,051.20	760.56	872.28	944.17	
	5	1,572.60	1,912.84	2,331.17	882.44	923.03	968.81	
	6	1,370.55	1,559.00	2,381.50	695.39	794.90	855.78	
	7	1,346.10	1,730.62	2,002.00	697.08	745.91	892.90	
	8	1,471.90	1,540.30	2,257.57	721.70	810.74	923.38	
	9	1,369.60	1,652.60	2,027.73	820.90	961.11	987.49	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แรงเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
		มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
		30°	45°	60°	30°	45°	60°
3	10	1,581.40	1,809.67	2,100.47	776.95	853.86	961.01
	เฉลี่ย	1,504.88	1,663.18	2,086.90	742.31	839.30	937.94
	S.D.	119.83	158.58	230.02	77.62	57.17	71.54

ตารางผนวกที่ 6 แรงเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
		ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
		20	40	60	100	20	40	60	100
1	1	1,469.70	1,207.77	1,114.56	1,014.64	763.88	758.43	733.25	682.30
	2	1,668.50	1,428.13	1,326.52	1,257.90	753.96	735.6	723.51	691.51
	3	1,671.84	1,413.31	1,305.36	1,297.47	781.62	744.76	715.74	680.10
	4	1,421.96	1,398.79	1,257.57	1,199.30	798.91	760.05	710.60	691.14
	5	1,558.20	1,368.51	1,249.53	1,168.27	761.91	742.59	708.90	684.07
	6	1,609.20	1,520.96	1,483.07	1,355.46	743.44	731.12	692.30	665.36
	7	1,483.02	1,550.77	1,313.79	1,244.48	782.63	759.10	680.73	685.30
	8	1,583.60	1,434.66	1,324.11	1,275.80	761.11	764.10	736.71	672.03
	9	1,417.60	1,415.12	1,468.04	1,388.50	728.98	773.72	725.44	676.98
	10	1,652.88	1,567.40	1,454.10	1,434.10	771.48	760.00	716.51	670.04
2	1	1,508.60	1,407.17	1,496.00	1,397.99	733.57	785.01	675.92	555.39
	2	1,594.30	1,344.58	1,230.80	1,145.20	768.71	763.42	790.24	651.56
	3	1,622.10	1,540.99	1,350.40	1,302.65	763.28	758.42	774.18	639.60
	4	1,544.10	1,533.00	1,425.92	1,394.06	791.97	745.41	663.03	760.30
	5	1,648.10	1,375.40	1,292.71	1,152.98	789.39	773.95	721.40	664.61
	6	1,538.70	1,441.63	1,312.48	1,267.06	731.66	762.51	694.30	686.66
	7	1,780.50	1,519.83	1,357.22	1,269.30	771.71	731.18	739.38	685.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แรงเฉือนสูงสุด (Max Cutting Force, N) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
		ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
		20	40	60	100	20	40	60	100
2	8	1,664.50	1,453.17	1,396.11	1,374.40	791.36	777.05	713.65	610.47
	9	1,554.10	1,321.65	1,239.68	1,178.30	727.94	720.81	719.70	714.11
	10	1,467.70	1,301.27	1,267.40	1,060.70	793.66	729.38	721.08	750.64
3	1	1,447.50	1,402.47	1,328.93	1,278.50	776.87	767.78	692.22	689.00
	2	1,658.62	1,472.78	1,486.77	1,304.80	772.87	748.20	675.29	689.54
	3	1,611.20	1,577.20	1,479.56	1,412.07	733.47	763.09	721.74	658.87
	4	1,526.40	1,301.94	1,239.30	1,167.98	760.56	735.53	759.41	672.05
	5	1,672.60	1,570.59	1,373.72	1,246.27	762.44	727.85	757.32	679.93
	6	1,570.55	1,561.88	1,432.08	1,328.00	765.39	744.42	686.18	699.21
	7	1,446.10	1,470.10	1,336.55	1,274.90	777.08	769.17	716.1	677.21
	8	1,471.90	1,368.29	1,386.54	1,230.70	761.7	766.38	736.54	644.70
	9	1,469.60	1,372.63	1,224.52	1,206.32	760.9	781.13	675.00	677.28
	10	1,381.40	1,205.25	1,181.15	1,054.05	776.95	753.37	707.88	697.42
เฉลี่ย		1,557.17	1,428.24	1,337.82	1,256.07	765.31	754.45	716.14	676.75
S.D.		97.03	102.41	99.14	107.94	20.00	17.22	29.98	36.53

ตารางผนวกที่ 7 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
		มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
		30°	45°	60°	30°	45°	60°
1	1	5.74	7.04	8.70	2.99	3.20	3.63
	2	6.13	6.75	8.44	2.95	3.41	3.89
	3	6.53	5.97	7.94	3.13	3.32	3.71
	4	5.56	5.61	8.02	2.38	3.08	3.36
	5	6.09	6.56	8.26	2.98	3.21	3.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วย
 บง60 และระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20
 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
		มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
		30°	45°	60°	30°	45°	60°
1	6	5.12	7.03	7.50	2.51	3.12	4.11
	7	6.58	6.48	8.09	2.78	3.35	3.49
	8	6.58	7.02	9.17	3.37	3.53	3.70
	9	5.54	4.10	8.05	2.85	3.48	3.84
	10	6.07	6.64	8.32	2.78	3.44	3.49
2	1	5.90	6.49	7.99	2.48	3.10	3.34
	2	6.62	7.07	8.97	2.61	2.98	3.90
	3	6.34	6.24	7.91	2.98	3.12	2.99
	4	5.25	6.46	7.09	3.10	3.27	3.49
	5	5.66	6.26	7.88	3.16	3.31	4.19
	6	6.01	6.64	4.30	2.47	2.88	3.70
	7	6.57	6.89	8.54	3.41	3.54	3.55
	8	5.72	6.57	8.78	3.09	3.28	3.24
	9	6.07	6.88	8.55	2.45	2.94	3.61
	10	5.34	6.68	8.06	2.71	3.13	4.14
3	1	5.27	6.58	8.13	3.43	3.64	4.18
	2	6.09	6.87	7.66	2.63	3.49	3.73
	3	5.51	7.02	8.74	2.87	3.27	3.62
	4	6.36	6.70	8.02	2.97	3.41	3.69
	5	6.15	7.48	9.11	3.45	3.61	3.79
	6	5.36	6.09	9.31	2.72	3.11	3.34
	7	5.26	6.76	7.82	2.72	2.92	3.49
	8	5.75	6.02	8.82	2.82	3.17	3.61
	9	5.35	6.46	7.92	3.21	3.76	3.86
	10	6.18	7.07	8.21	3.04	3.34	3.76
เฉลี่ย		5.89	6.55	8.14	2.90	3.28	3.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อมุมคมใบมีดเปลี่ยนแปลงและความเร็วหัวตัดคงที่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)			ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)		
		มุมคมใบมีด			มุมคมใบมีด		
		30°	45°	60°	30°	45°	60°
S.D.		0.47	0.61	0.89	0.30	0.22	0.28

ตารางผนวกที่ 8 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30 องศา

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
		ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
		20	40	60	100	20	40	60	100
1	1	5.74	4.72	4.36	3.97	2.99	2.96	2.87	2.67
	2	6.52	5.58	5.18	4.92	2.95	2.87	2.83	2.70
	3	6.53	5.52	5.10	5.07	3.05	2.91	2.80	2.66
	4	5.56	5.47	4.91	4.69	3.12	2.97	2.78	2.70
	5	6.09	5.35	4.88	4.57	2.98	2.90	2.77	2.67
	6	6.29	5.94	5.80	5.30	2.91	2.86	2.71	2.60
	7	5.80	6.06	5.13	4.86	3.06	2.97	2.66	2.68
	8	6.19	5.61	5.17	4.99	2.97	2.99	2.88	2.63
	9	5.54	5.53	5.74	5.43	2.85	3.02	2.84	2.65
	10	6.46	6.13	5.68	5.60	3.01	2.97	2.80	2.62
2	1	5.90	5.50	5.85	5.46	2.87	3.07	2.64	2.17
	2	6.23	5.25	4.81	4.48	3.00	2.98	3.09	2.55
	3	6.34	6.02	5.28	5.09	2.98	2.96	3.03	2.50
	4	6.03	5.99	5.57	5.45	3.10	2.91	2.59	2.97
	5	6.44	5.38	5.05	4.51	3.08	3.02	2.82	2.60
	6	6.01	5.63	5.13	4.95	2.86	2.98	2.71	2.68
	7	6.96	5.94	5.30	4.96	3.02	2.86	2.89	2.68
	8	6.50	5.68	5.46	5.37	3.09	3.04	2.79	2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้งานซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 ความเค้นเฉือนสูงสุด (Max shear strength, MPa) ของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วย
 บง 60 และระยอง 81 เมื่อความเร็วหัวตัดเปลี่ยนแปลงและมุมคมใบมีดคงที่ที่ 30
 องศา (ต่อ)

ชุดที่	ครั้งที่	ห้วยบง 60 ($\sigma = 18.04 \pm 0.39$)				ระยอง 81 ($\sigma = 18.87 \pm 0.31$)			
		ความเร็วหัวตัด (mm/min)				ความเร็วหัวตัด (mm/min)			
		20	40	60	100	20	40	60	100
1	9	6.07	5.17	4.84	4.60	2.84	2.82	2.81	2.79
	10	5.74	5.09	4.95	4.15	3.10	2.85	2.82	2.93
3	1	5.66	5.48	5.19	5.00	3.04	3.00	2.71	2.69
	2	6.48	5.76	5.81	5.10	3.02	2.92	2.64	2.69
	3	6.30	6.16	5.78	5.52	2.87	2.98	2.82	2.57
	4	5.97	5.09	4.84	4.56	2.97	2.87	2.97	2.63
	5	6.54	6.14	5.37	4.87	2.98	2.84	2.96	2.66
	6	6.14	6.10	5.60	5.19	2.99	2.91	2.68	2.73
	7	5.65	5.75	5.22	4.98	3.04	3.01	2.80	2.65
	8	5.75	5.35	5.42	4.81	2.98	3.00	2.88	2.52
	9	5.74	5.36	4.79	4.71	2.97	3.05	2.64	2.65
	10	5.40	4.71	4.62	4.12	3.04	2.94	2.77	2.73
เฉลี่ย	6.09	5.58	5.23	4.91	2.99	2.95	2.80	2.65	
S.D.	0.38	0.40	0.39	0.42	0.08	0.07	0.12	0.14	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 แสดงคุณภาพของชุดย่อยต้นมันสำปะหลังที่ความเร็วรอบชุดย่อยแตกต่างกัน (ผ่าน
ตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร)

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ครั้งที่	น้ำหนักก่อนย่อย (g)	น้ำหนักหลังย่อย (g)	คุณภาพของชุดสับ (%)
400	1	3,000	1,970	65.67
	2	3,000	2,000	66.67
	3	3,000	1,420	47.33
	4	3,000	1,920	64.00
	5	3,000	1,720	57.33
	เฉลี่ย	3,000	1,806	60.20
600	1	3,000	2,250	75.00
	2	3,000	2,105	70.17
	3	3,000	2,120	70.67
	4	3,000	2,620	87.33
	5	3,000	2,570	85.67
	เฉลี่ย	3,000	2,333	77.77
800	1	3,000	2,408	80.27
	2	3,000	2,470	82.33
	3	3,000	2,370	79.00
	4	3,000	2,432	81.07
	5	3,000	2,320	77.33
	เฉลี่ย	3,000	2,400	80.00
950	1	3,000	2,450	81.67
	2	3,000	2,495	83.17
	3	3,000	2,620	87.33
	4	3,000	2,470	82.33
	5	3,000	2,320	77.33
	เฉลี่ย	3,000	2,471	82.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 แสดงผลการสอบเทียบของ Torque transducer ที่ความเร็วรอบชด้อย 400 รอบต่อนาที

หน่วยเวลา	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (1)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (2)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (3)
0.1	0.02196	-0.0132	-0.00204
0.2	0.00504	0.01704	0.0018
0.3	0.02988	0.02964	0.03192
0.4	-0.0054	-0.00384	0.00432
0.5	0.01044	0.01044	0.03384
0.6	0.03588	-0.01272	0.00108
0.7	0.01788	0.00612	0.033
0.8	0.00264	0.0138	-0.00072
0.9	0.03624	0.02424	0.02304
1	-0.0036	-0.00888	0.03
1.1	0.00828	0.02256	0.00024
1.2	0.03024	-0.01056	0.0132
1.3	-0.00144	0.02724	0.03696
1.4	0.00036	0.00816	0.01092
1.5	0.03108	-0.01788	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 แสดงผลการสอบเทียบของ Torque transducer ที่ความเร็วรอบชด้อย 600 รอบต่อนาที

หน่วยเวลา	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (1)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (2)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (3)
0.1	-0.00324	0.00012	0.0012
0.2	0.00096	-0.00192	0.00192
0.3	0.00012	-0.00228	0.00084
0.4	-0.00288	-0.00264	-0.00264
0.5	-0.00408	0.0006	-0.00156
0.6	-0.00168	0.0018	0.00204
0.7	-0.00012	-0.00264	0.00204
0.8	0.00036	-0.00588	-0.00228
0.9	-0.00216	-0.00024	-0.00144
1	-0.00408	0.00516	0.00024
1.1	-0.00192	0.00084	0.00252
1.2	0.00288	-0.00276	0.00144
1.3	0.00024	-0.0036	-0.00168
1.4	-0.00396	-0.00048	-0.0018
1.5	-0.00348	0.00228	0.00156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 แสดงผลการสอบเทียบของ Torque transducer ที่ความเร็วรอบชุดย่อยสับ 800 รอบต่อนาที

หน่วยเวลา	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (1)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (2)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่ (3)
0.1	0.00372	0.00324	-0.00564
0.2	0.00936	0.00096	0.00528
0.3	0.0054	-0.00888	0.00756
0.4	0.00528	0.00396	-0.00252
0.5	0.0132	0.00564	0.00072
0.6	0.00072	-0.00408	0.00744
0.7	0.00972	-0.00876	-0.00876
0.8	0.0132	-0.00564	-0.00564
0.9	0.0018	-0.00264	-0.00264
1	0.00048	0.00072	0.00072
1.1	0.00312	-0.00096	-0.00096
1.2	0.00948	-0.00204	-0.00204
1.3	0.01008	-0.00192	-0.00192
1.4	0.01368	0.00024	0.00024
1.5	0.00648	0.00564	0.00564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 แสดงผลการสอบเทียบของ Torque transducer ที่ความเร็วรอบชด้อย 950 รอบต่อนาที

หน่วยเวลา	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่	แรงดันไฟฟ้า (mV/V) ที่
	(1)	(2)	(3)
0.1	-0.0048	-0.0048	0.00348
0.2	-0.0108	-0.0108	0.00672
0.3	0.006	0.006	0.00828
0.4	-0.00096	-0.00096	0.00264
0.5	-0.00504	-0.00504	-0.00276
0.6	-0.00816	-0.00816	0.00384
0.7	-0.01236	-0.01236	0.00888
0.8	-0.015	-0.015	0.00948
0.9	-0.01512	-0.01512	0.00504
1	-0.01836	-0.01836	0.00072
1.1	-0.01284	0.00456	0.00564
1.2	-0.01596	0.00984	0.01092
1.3	-0.01032	0.00444	0.00648

ตารางผนวกที่ 14 แสดงผลการสอบเทียบของ Torque transducer ขณะไม่มีภาระ

หน่วยเวลา	แรงดันไฟฟ้า (mV/V)	แรงดันไฟฟ้า (mV/V)
	ขณะไม่มีภาระ (1)	ขณะไม่มีภาระ (2)
0.1	0.03816	0.03816
0.2	0.0312	0.0312
0.3	0.00024	0.00024
0.4	0.00228	0.00228
0.5	0.02592	0.02592
0.6		0.02616
0.7		-0.00204

ตารางผนวกที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของชุดย่อยต่อความเค้นเฉือนสูงสุด (T_{max})

ความเร็วรอบ (rpm)	ตัวอย่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	แรงเฉือนขณะไม่มีภาระ(N)	แรงเฉือนขณะมีภาระ(N)	ความเค้นเฉือน (N/m^2)
400	1	19.84	3.71	9.63	1,946.91
	2	19.57	3.70	9.78	2,033.64
	3	20.11	3.62	9.90	1,948.35
	Mean	19.84	3.68	9.77	1,976.30
	Sd	0.27	0.05	0.14	49.66
600	1	19.85	3.80	8.35	1,688.08
	2	19.68	3.74	8.70	1,788.11
	3	20.92	3.76	8.50	1,546.11
	Mean	20.15	3.77	8.52	1,674.10
	Sd	0.67	0.03	0.18	121.60
800	1	19.93	3.70	7.34	1,471.77
	2	19.87	3.60	7.35	1,482.14
	3	19.68	3.99	7.23	1,486.58
	Mean	19.83	3.76	7.31	1,480.16
	Sd	0.13	0.20	0.07	7.60
950	1	21.01	3.88	6.49	1,169.99
	2	18.90	3.79	6.39	1,423.41
	3	20.47	3.59	6.50	1,235.29
	Mean	20.13	3.75	6.46	1,276.23
	Sd	1.10	0.15	0.06	131.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 แสดงผลของความเร็วของชุดย่อยต่อแรงบิดและกำลังงานที่ใช้ในการย่อย

ความเร็วรอบชุดย่อย (rpm)	ครั้งที่	แรงบิด (ไม่มีภาระ) (N-m)	แรงบิด (มีภาระ) (N-m)	กำลังงานที่ใช้ใน การย่อย(W)
400	1	3.7	7.34	307.30
	2	3.6	7.35	307.72
	3	3.99	7.23	307.70
	4	3.59	7.33	306.88
	5	3.58	7.18	300.60
	เฉลี่ย	3.69	7.29	305.04
600	1	3.88	6.49	407.57
	2	3.79	6.39	401.29
	3	3.59	6.5	408.20
	4	3.6	6.9	433.32
	5	3.57	6.33	397.52
	เฉลี่ย	3.68	6.52	409.55
800	1	3.65	5.84	489.00
	2	3.69	5.93	496.54
	3	3.65	6.09	509.94
	4	3.69	5.8	485.65
	5	3.67	5.78	483.98
	เฉลี่ย	3.67	5.89	493.02
950	1	3.65	5.56	552.85
	2	3.66	5.53	549.87
	3	3.49	5.7	566.77
	4	3.65	5.48	544.89
	5	3.89	5.52	548.87
	เฉลี่ย	3.67	5.56	552.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 17 แสดงผลของความเร็วของชุดย่อยต่อประสิทธิภาพการทำงาน

ความเร็ว รอบชุดย่อย (rpm)	ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนย่อย (g)	น้ำหนัก หลังย่อย (g)	เวลา (g)	สมรรถนะการ ทำงานทาง ทฤษฎี (kg/h)	สมรรถนะ การทำงาน จริง (kg/h)	ประสิทธิภาพ (%)
400	1	3,000	2,070	77	140.26	96.78	69.00
	2	3,000	2,000	69	156.52	104.35	66.67
	3	3,000	1,420	64	168.75	79.88	47.34
	4	3,000	1,920	69	156.52	100.71	64.34
	5	3,000	1,720	63	171.43	98.29	57.34
	เฉลี่ย	3,000	1,826	68	158.70	96.00	60.94
600	1	3,000	2,250	69	156.52	117.39	75.00
	2	3,000	2,194	75	144.00	105.31	73.13
	3	3,000	2,420	71	152.11	122.70	80.67
	4	3,000	2,270	72	150.00	113.50	75.67
	5	3,000	2,320	80	135.00	104.40	77.33
	เฉลี่ย	3,000	2,291	73	147.53	112.66	76.36
800	1	3,000	2,500	82	131.71	109.76	83.33
	2	3,000	2,620	60	180.00	157.20	87.33
	3	3,000	2,370	74	145.95	115.30	79.00
	4	3,000	2,420	62	174.19	140.52	80.67
	5	3,000	2,320	69	156.52	121.04	77.33
	เฉลี่ย	3,000	2,446	69.40	157.67	128.76	81.53
950	1	3,000	2,440	69	156.52	127.30	81.33
	2	3,000	2,520	68	158.82	133.41	84.00
	3	3,000	2,580	66	163.64	140.73	86.00
	4	3,000	2,460	60	180.00	147.60	82.00
	5	3,000	2,430	65	166.15	134.58	81.00
	เฉลี่ย	3,000	2,486	65.60	165.03	136.73	82.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 18 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระ ที่ความเร็วของชุดย่อย 400 รอบต่อนาที

ทดสอบขณะ	ครั้งที่	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังงานไฟฟ้า(kW)	ค่าไฟฟ้า(b/hr)
ไม่มีภาระ	1	2.64	380	1.42	2.57
	2	2.63	380	1.42	2.56
	3	2.6	380	1.40	2.53
เฉลี่ย		2.62	380	1.42	2.55
มีภาระ	1	7.00	380	3.78	6.82
	2	4.71	380	2.54	4.59
	3	6.56	380	3.54	6.39
	4	7.16	380	3.86	6.97
	5	5.99	380	3.23	5.83
เฉลี่ย		6.28	380	3.39	6.12

ตารางผนวกที่ 19 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระ ที่ความเร็วของชุดย่อย 600 รอบต่อนาที

ทดสอบขณะ	ครั้งที่	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังงานไฟฟ้า(kW)	ค่าไฟฟ้า(b/hr)
ไม่มีภาระ	1	2.93	380	1.58	2.85
	2	2.91	380	1.57	2.83
	3	2.95	380	1.59	2.87
เฉลี่ย		2.93	380	1.58	2.85
มีภาระ	1	3.79	380	2.05	3.69
	2	5.44	380	2.94	5.30
	3	4.98	380	2.69	4.85
	4	5.05	380	2.73	4.92
	5	4.92	380	2.66	4.79
เฉลี่ย		4.84	380	2.61	4.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 20 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระ ที่ความเร็วของชุดย่อย 800 รอบต่อนาที

ทดสอบขณะ	ครั้งที่	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังงานไฟฟ้า(kW)	ค่าไฟฟ้า(b/hr)
ไม่มีภาระ	1	2.71	380	1.46	2.64
	2	2.75	380	1.48	2.68
	3	2.78	380	1.50	2.71
เฉลี่ย		2.75	380	1.48	2.68
มีภาระ	1	4.43	380	2.39	4.31
	2	4.1	380	2.21	3.99
	3	4.65	380	2.51	4.53
	4	3.96	380	2.14	3.86
	5	4.48	380	2.42	4.36
เฉลี่ย		4.32	380	2.33	4.21

ตารางผนวกที่ 21 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการทดสอบขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระ ที่ความเร็วของชุดย่อย 950 รอบต่อนาที

ทดสอบขณะ	ครั้งที่	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังงานไฟฟ้า(kW)	ค่าไฟฟ้า(b/hr)
ไม่มีภาระ	1	2.77	380	1.49	2.70
	2	2.78	380	1.50	2.71
	3	2.69	380	1.45	2.62
เฉลี่ย		2.75	380	1.48	2.68
มีภาระ	1	3.63	380	1.96	3.54
	2	4.00	380	2.16	3.90
	3	3.85	380	2.08	3.75
	4	3.99	380	2.15	3.89
	5	3.69	380	1.99	3.59
เฉลี่ย		3.83	380	2.07	3.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 22 ตารางคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้ารีดร้อน (Hot Rolled Steel, HR) และเหล็กกล้ารีดเย็น (Cold Deawn Steel, CD)

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NO	SAE and/or AISI No.	Proce-ssing	Tensile Strength, MPa(kpsi) (σ_u)	Yield Strength, MPa(kpsi) (σ_y)	Elongation in 2 in, %	Reduction In Area, %	Brinell Hard-ness
G10060	1006	HR	300(43)	170(24)	30	55	86
		CD	330(48)	280(41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320(47)	180(26)	28	50	95
		CD	370(53)	300(44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340(50)	190(27.5)	28	50	101
		CD	390(56)	320(47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400(48)	220(32)	25	50	116
		CD	440(64)	370(54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380(55)	210(30)	25	50	111
		CD	470(68)	390(57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470(68)	260(37.5)	20	42	137
		CD	520(76)	440(64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500(72)	270(39.5)	18	40	143
		CD	550(80)	460(67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520(76)	290(42)	18	40	149
		CD	590(85)	490(71)	12	35	170
G10450	1041	HR	570(82)	310(45)	16	40	163
		CD	630(91)	530(77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620(90)	340(49.5)	15	35	179
		CD	690(100)	580(84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680(98)	370(54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770(112)	420(61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830(120)	460(66)	10	25	248

หมายเหตุ HR (Hot-Rolled) = รีดร้อน, CD (Cold-Drawn) = รีดเย็น

ที่มา; Shigley J.E., C.R. Mischke, “Mechanical Engineering Design” 5th Edition, McGraw-Hill Inc., 1989

ตารางผนวกที่ 23 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายูนิ่ง		
- แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
- แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลามุม		
- แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
- แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
- แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0

ที่มา; การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 วริทธิ์และชาญ, 2544.

ตารางผนวกที่ 24 ขนาดเพลามาตรฐาน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm			
6	25	70	130
7	30	75	140
8	35	80	150
9	40	85	160
10	45	90	170
12	50	95	180
13	55	100	190
18	60	110	200
20	65	120	220

ที่มา ; การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 วริทธิ์และชา, 2544..

ภาคผนวก ค
ภาพผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 เครื่องย่อยต้นมันและใบสำปะหลัง



ภาพผนวกที่ 2 เครื่องวัดรอบความเร็วมอเตอร์



ภาพผนวกที่ 3 ตะแกรงแยกขนาด



ภาพผนวกที่ 4 ชั่งน้ำหนักกระป๋อง



ภาพผนวกที่ 5 นาฬิกาจับเวลา



ภาพผนวกที่ 6 แอมป์มิเตอร์



ภาพผนวกที่ 7 เครื่อง UTM



ภาพผนวกที่ 8 Inverter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 ชิ้นส่วนก่อนประกอบ



ภาพผนวกที่ 10 ชุดใบมีดลับ



ภาพผนวกที่ 11 ชุดป้อน



ภาพผนวกที่ 12 ชุดส่งกำลัง



ภาพผนวกที่ 13 อบหาความชื้นก่อนทดสอบ



ภาพผนวกที่ 14 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพผนวกที่ 15 วัดความยาวและความโค้ง



ภาพผนวกที่ 16 ชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นาเบเซปรีระเอียดด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 17 เตรียมต้นมันสำปะหลัง



ภาพผนวกที่ 18 เครื่องต้นแบบ



ภาพผนวกที่ 19 ชั้บดี



ภาพผนวกที่ 20 ชั้บสูญเสีย



ภาพผนวกที่ 21 ชั้บน้ำหนักหลังย่อย

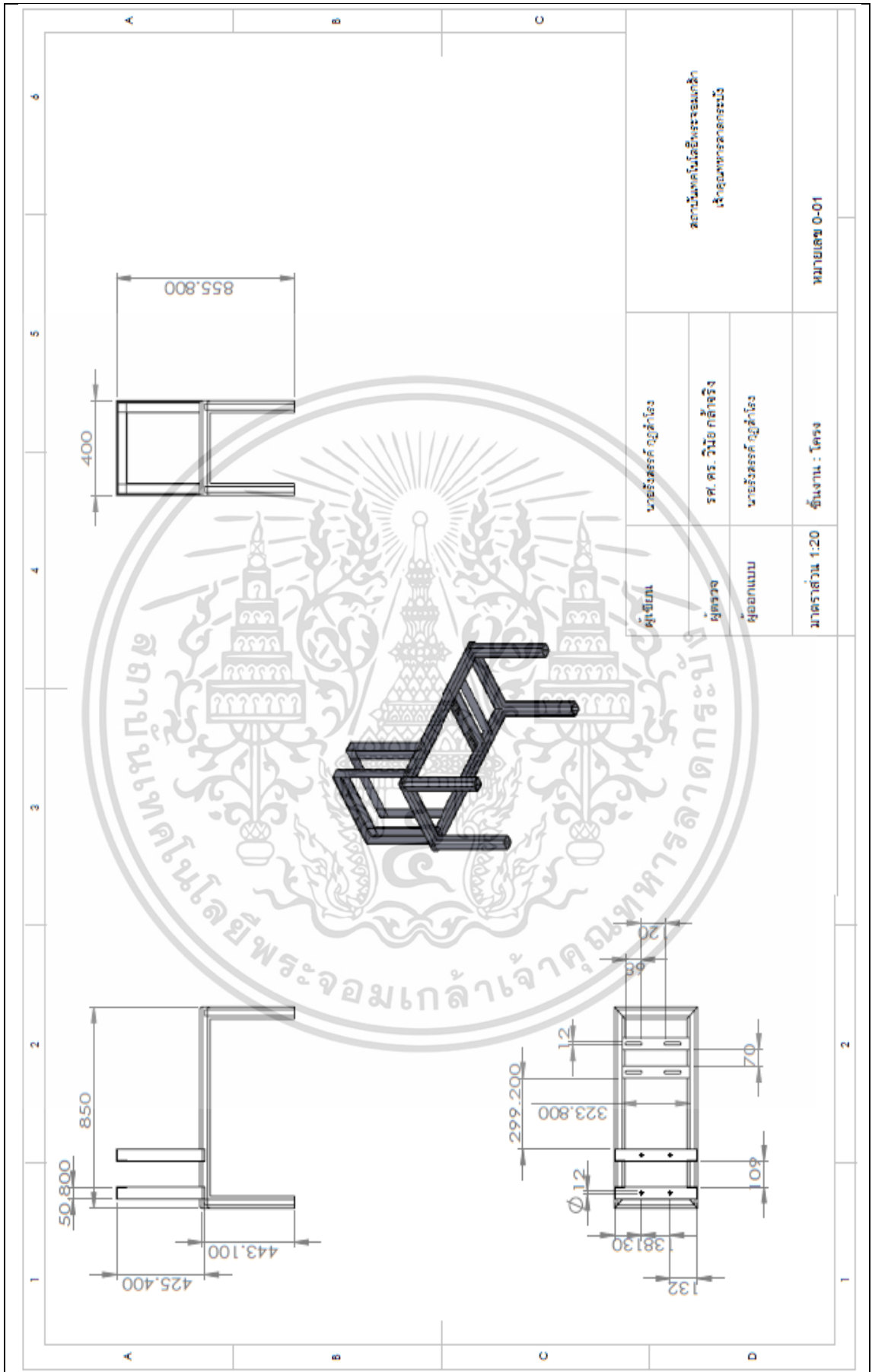


ภาพผนวกที่ 22 ร่อนตะแกรงหาขนาด

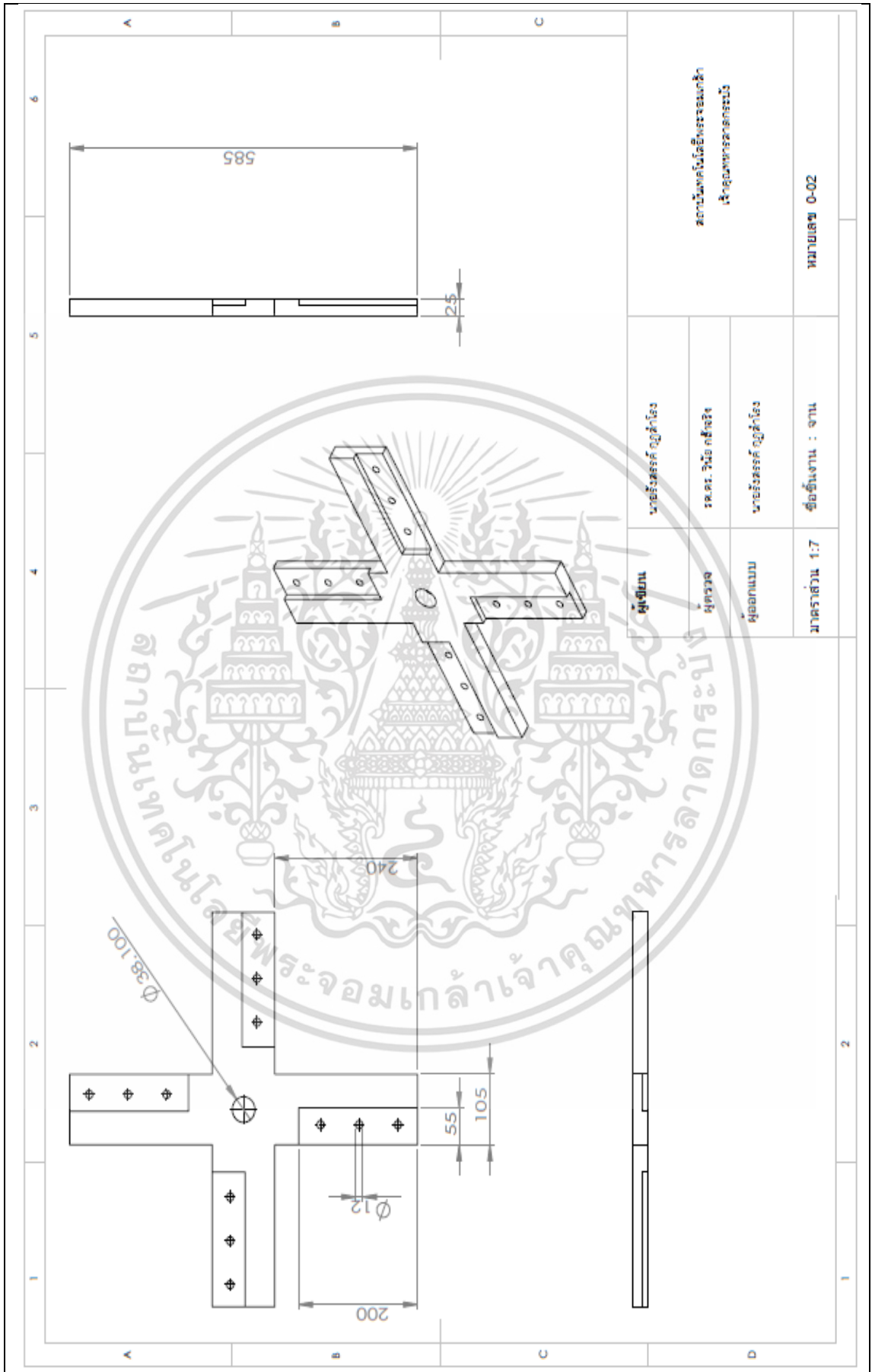
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



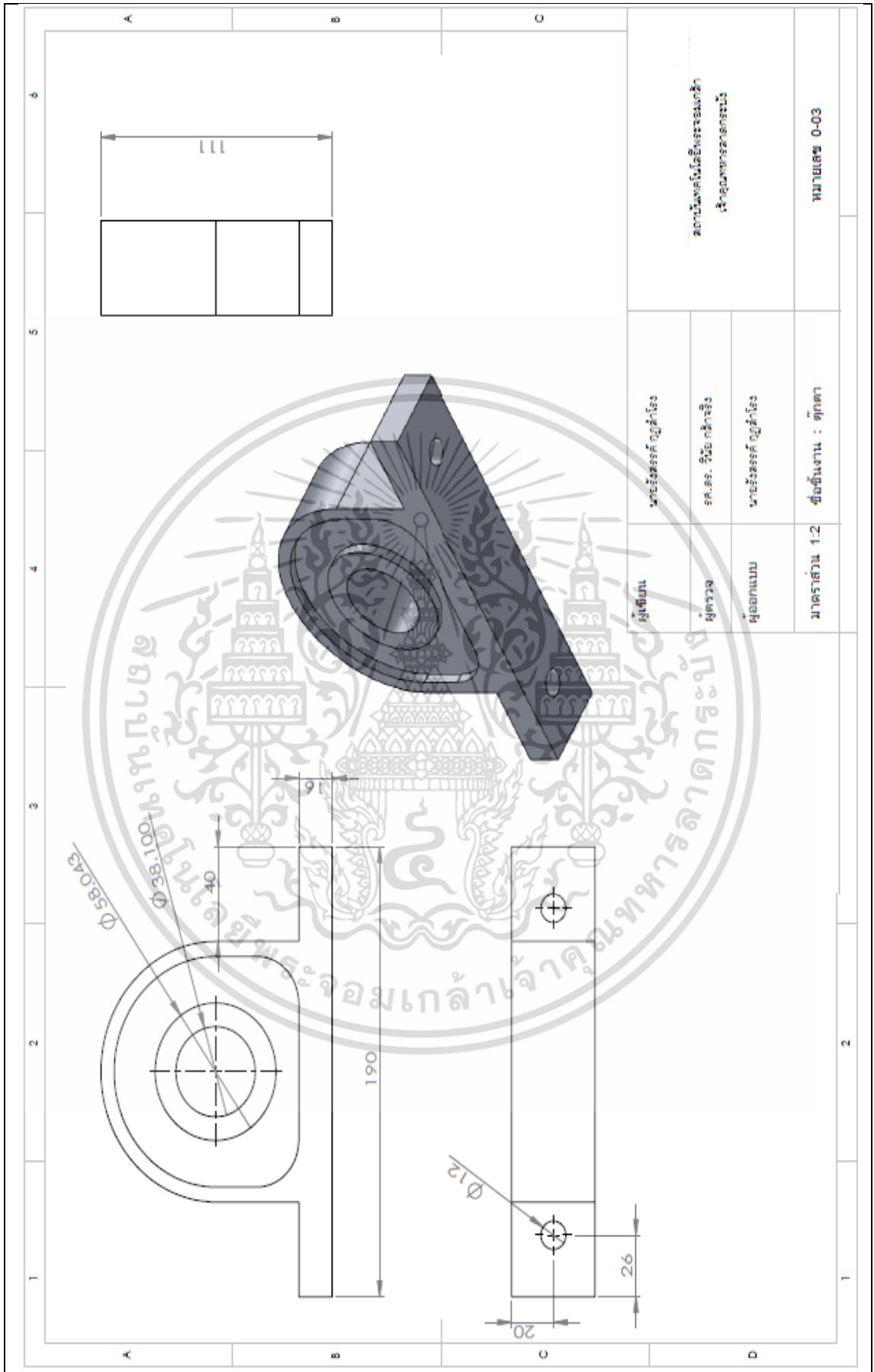
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



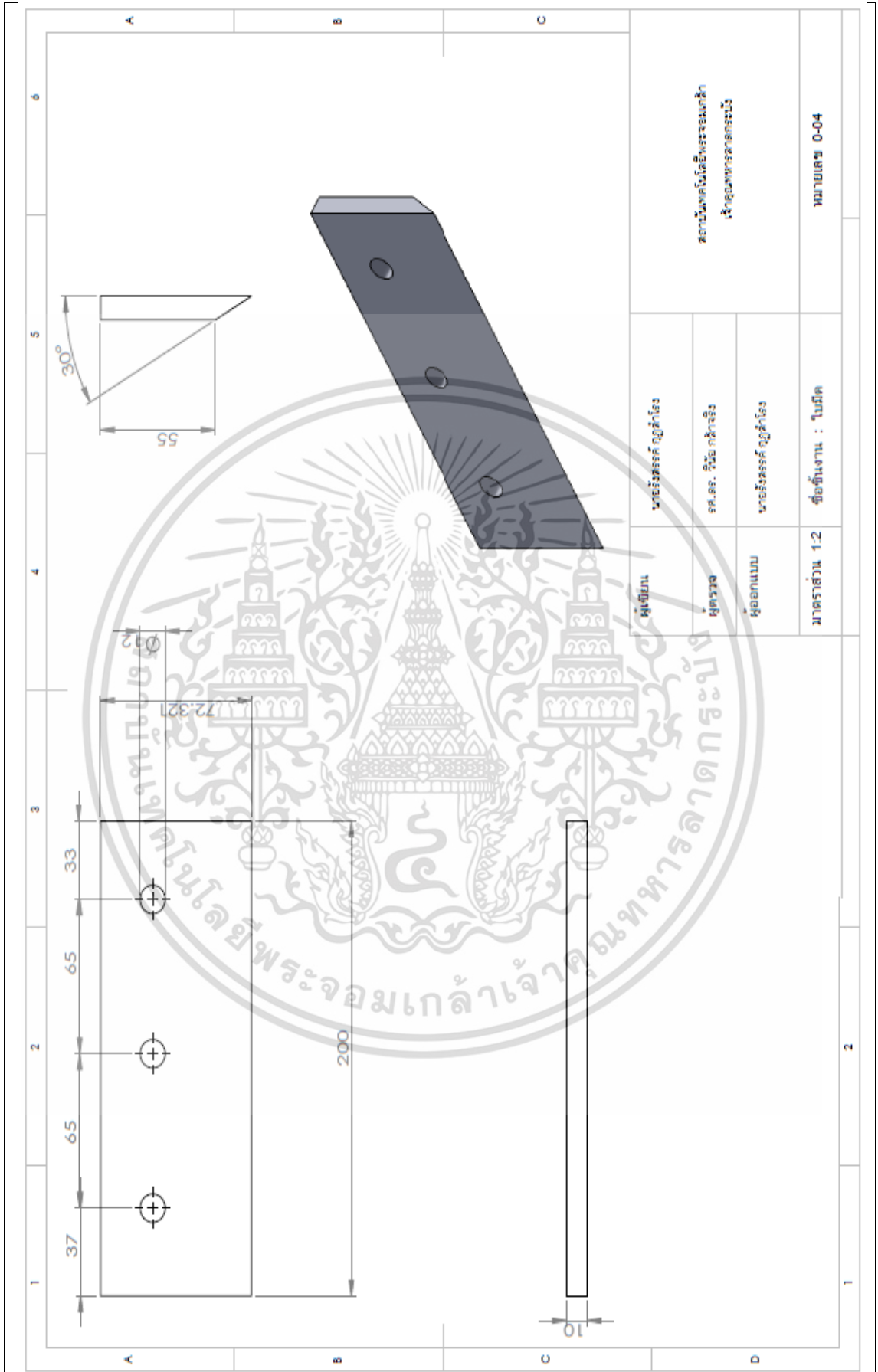
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

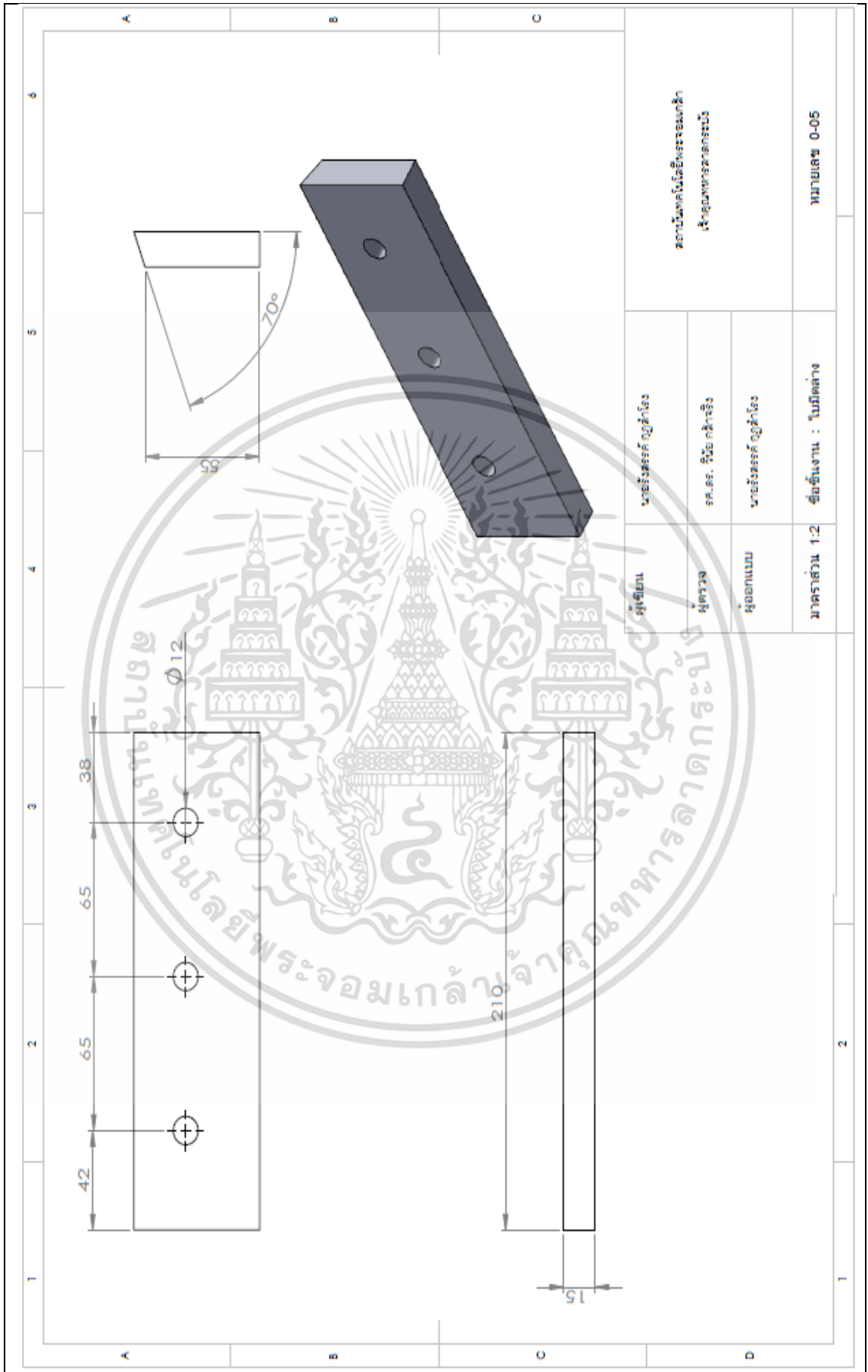


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

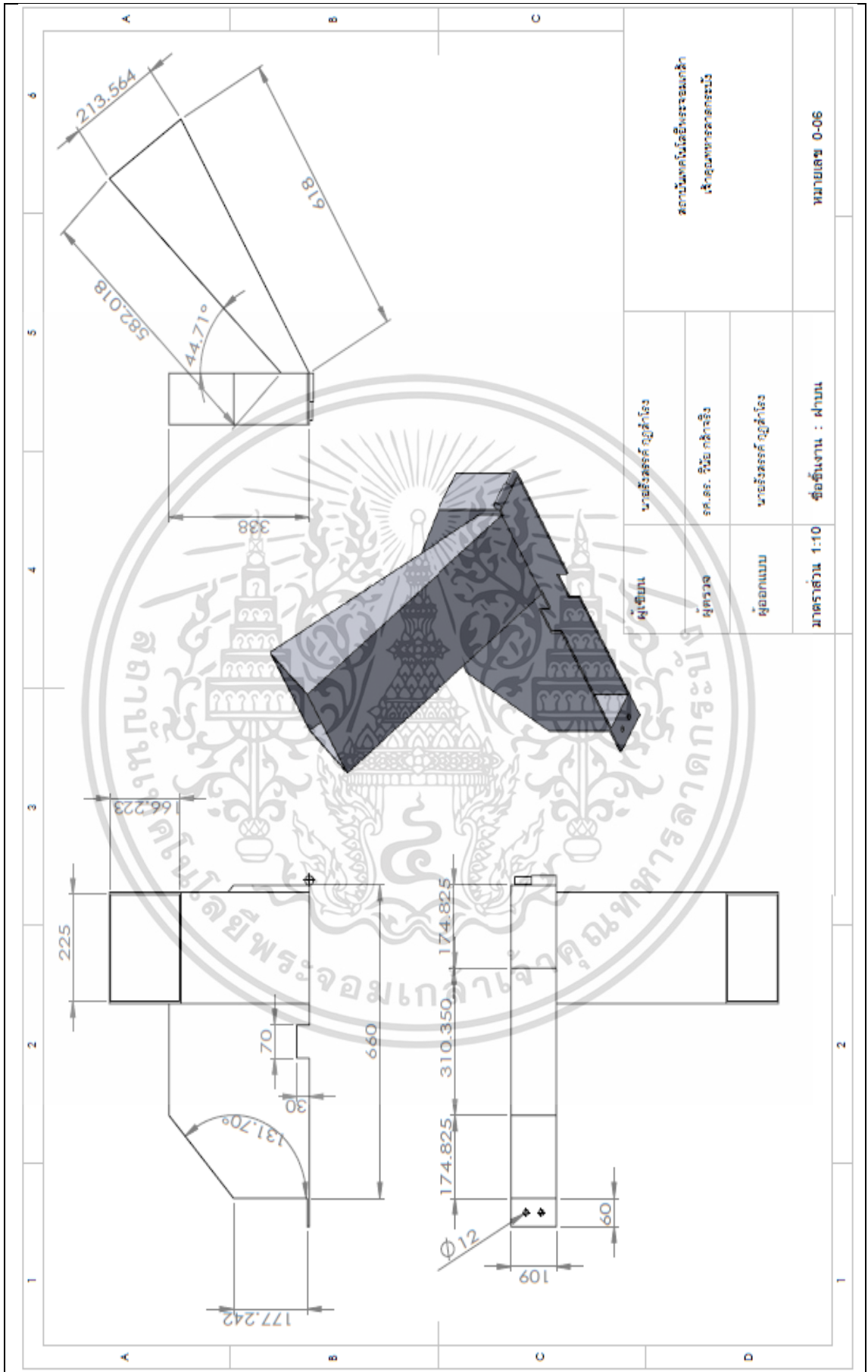


ผู้เขียน	นายรังสรรค์ ภู่วัฒน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. วิเชษฐ์ คำสิงห์	
ผู้ออกแบบ	นายรังสรรค์ ภู่วัฒน	
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน : ใบมีด	หมายเลข 0-04

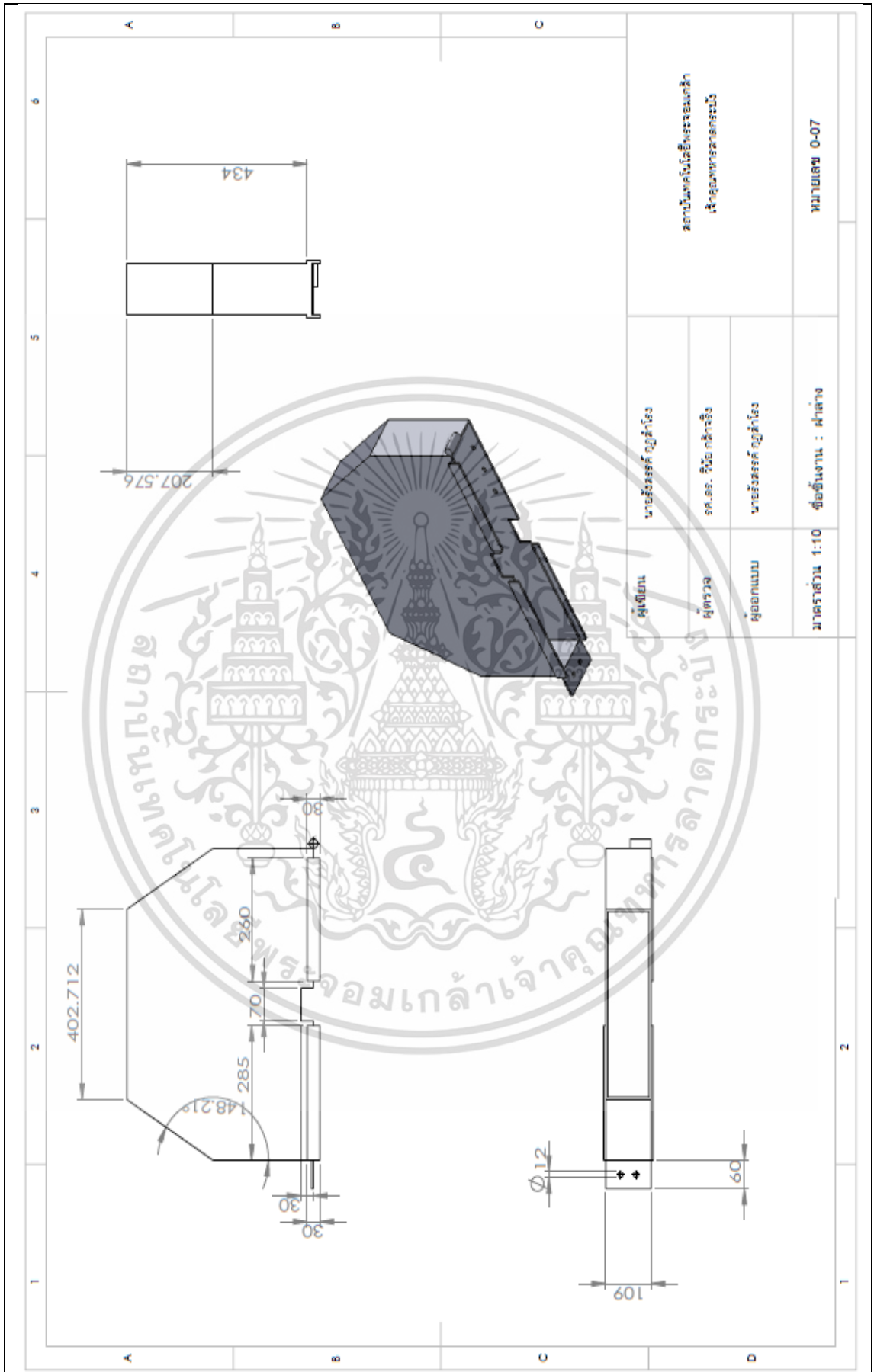
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



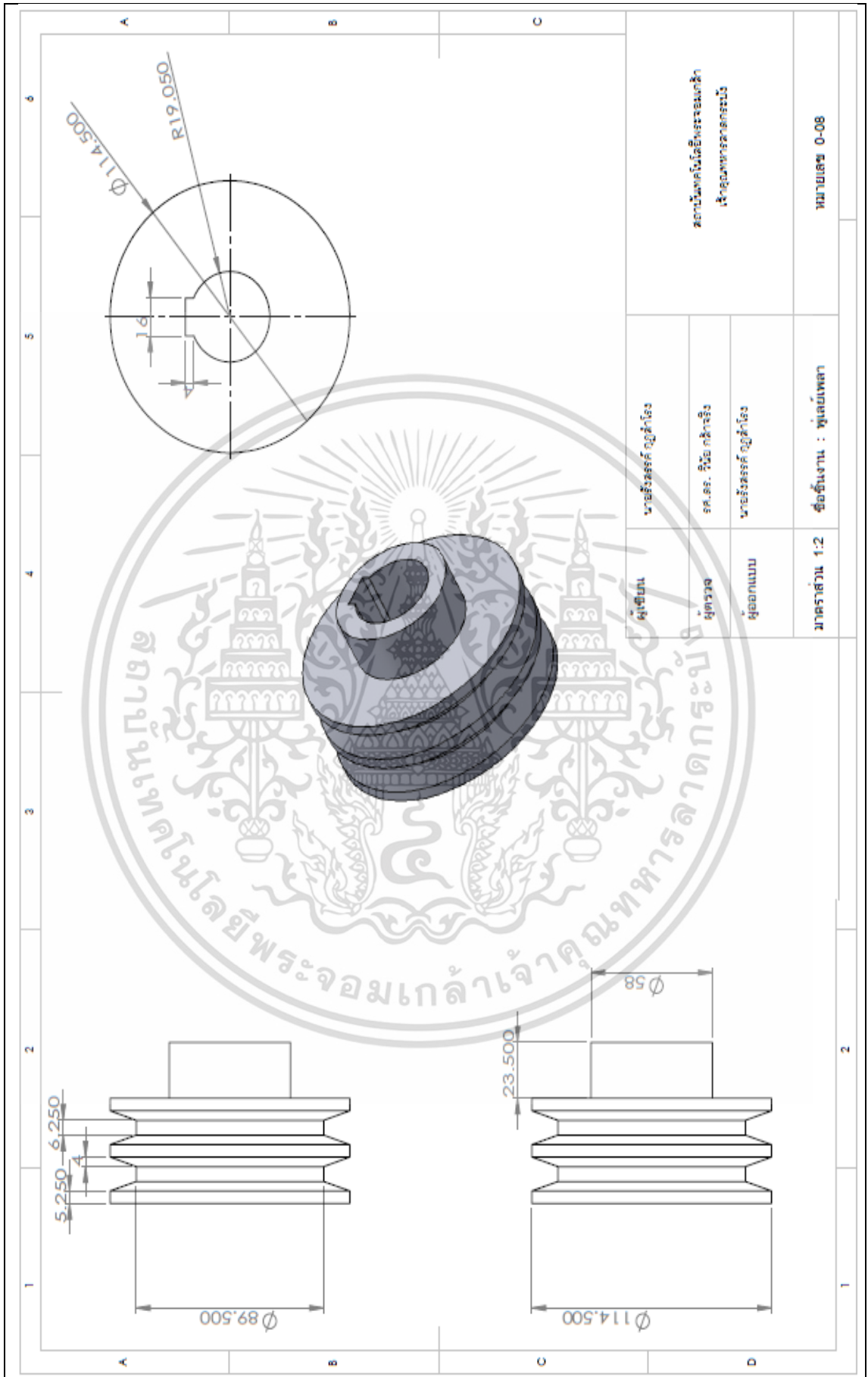
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



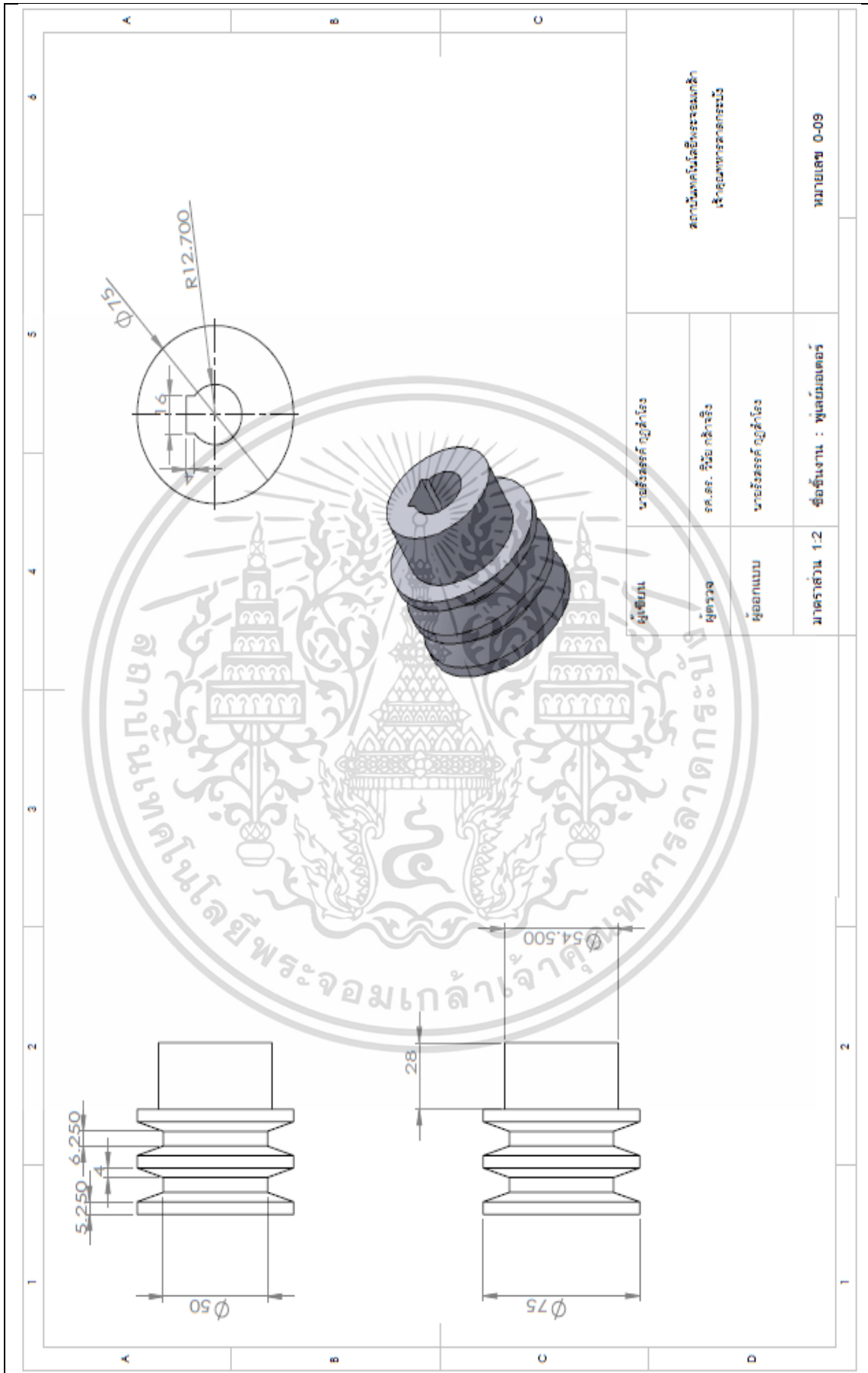
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

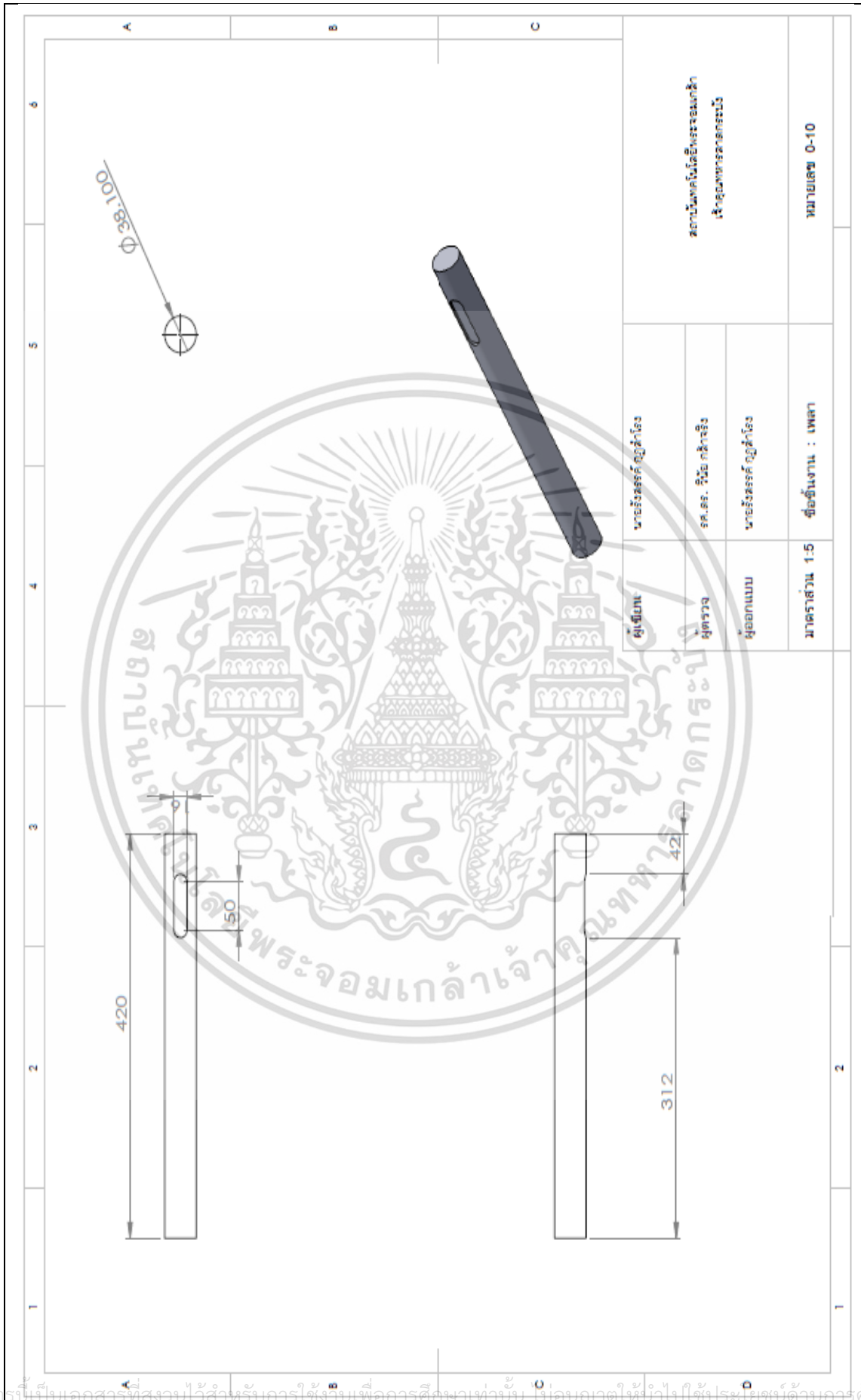


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผู้เขียน	นายรังสรรค์ ภูสวัสดิ์โรง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. วิชัย ศักดิ์จารุสิง	
ผู้ออกแบบ	นายรังสรรค์ ภูสวัสดิ์โรง	
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน : พู่เทียมเคอร์	หมายเลข 0-09

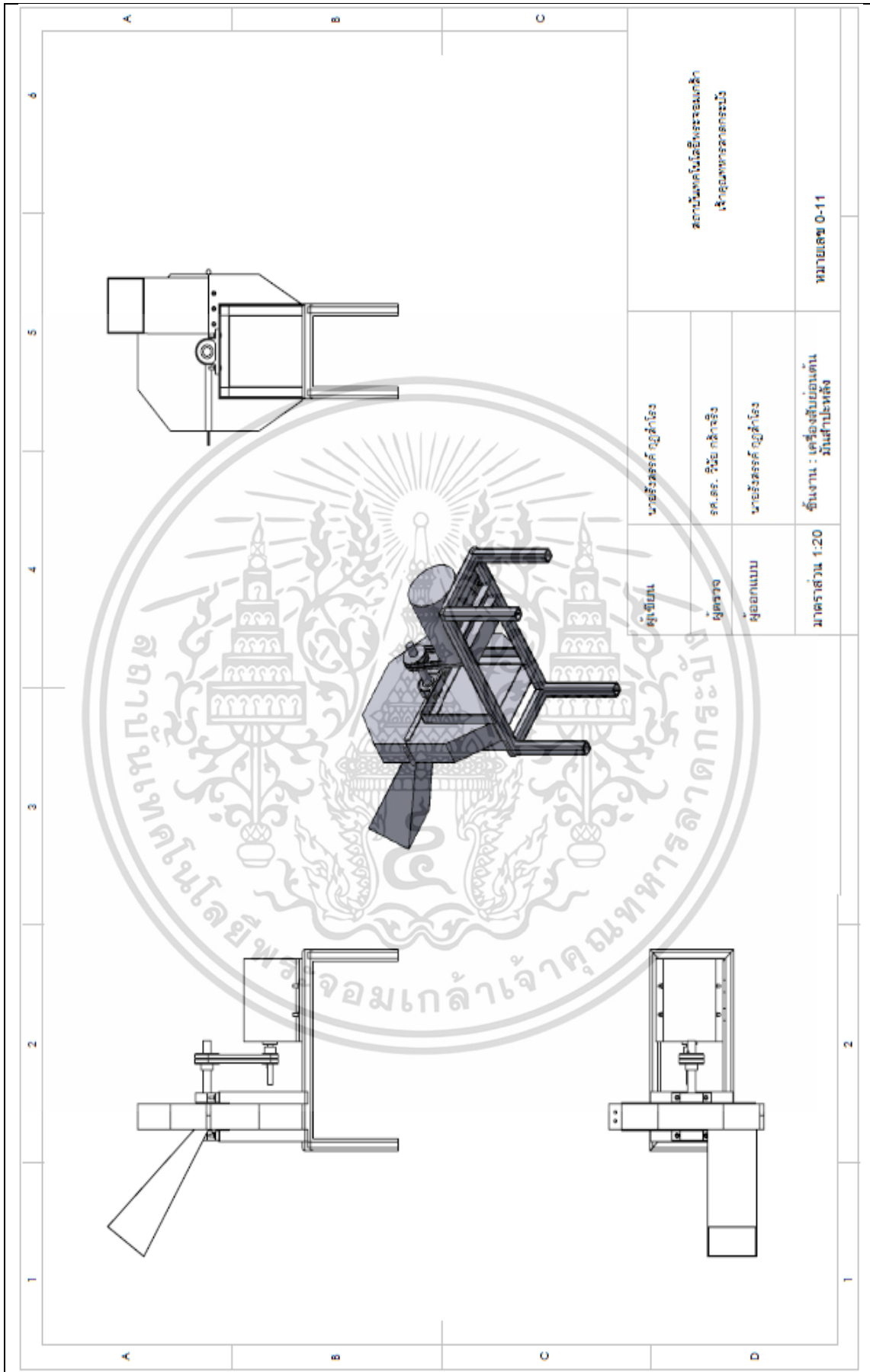
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผู้เขียน	นายวีรศักดิ์ ภู่วัฒน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. วิษณุ กสิบาลัง	
ผู้ออกแบบ	นายวีรศักดิ์ ภู่วัฒน	
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน : เพลา	หมายเลข 0-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นายธีรสรณ์ ภู่วังโธ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ผศ.ดร. วิษณุ คีรีวงษ์		
นายธีรสรณ์ ภู่วังโธ		
ผู้ออกแบบ	ผู้ตรวจสอบต้นแบบ	หมายเลข 0-11
ผู้ตรวจ	ชิ้นงาน : เครื่องลับยอดแท่น มีนํ้าหล่อหลัง	
ผู้ออกแบบ	มาตราส่วน 1:20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่

Klajing, V. and Koodsamrong R., 2015. **Study on the Mechanical Properties of Cassava Stem.** The 16th TSAE Nation Conference and the 8th TSAE international Conference. Bangkok., Thailand. 571-577 p.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSAE

2015

การประชุมวิชาการ
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558
และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8
The 16th TSAE National Conference and
the 8th TSAE International Conference
(TSAE 2015)

ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค
บางนา กรุงเทพมหานคร
17-19 มีนาคม 2558

จัดโดย
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย



สนับสนุนโดย



vnu exhibitions
asia pacific




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TPT-21

การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง

*วิจิตรศักดิ์ กุฎสำโรง¹, วิชัย กล้าจรัส¹

¹นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10520

ผู้เขียนหลัก: จังสหัส กุฎสำโรง E-mail: koodsamrong@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลังมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงเฉือนของลำต้นมันสำปะหลัง ขณะทำการสับย่อยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการออกแบบเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลัง ในการศึกษาดังนี้ จะทำการทดสอบกับลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยขวางและพันธุ์ระยอง 81 ตัวอย่างเครื่องทดสอบคุณสมบัติแรงกด (Universal Testing Machine, UTM) ขนาด 50 kN ที่มีมุมคมของใบมีดตัดที่แตกต่างกันคือ 30, 45 และ 60 องศา ใช้อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่ 20, 40, 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อหาแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงตัดเฉือนของใบมีดที่มุม 30 องศา ในทุกอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด จะให้แรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ น้อยกว่าใบมีดที่มุม 45 และ 60 องศา และยังพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดในทุกมุมใบมีดที่ทำการทดสอบจะมีแนวโน้มของค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะที่ลดลง ซึ่งแรงตัดเฉือนของกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบข้างต้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นมันสำปะหลังที่งอกสายพันธุ์มีขนาดเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดเฉือนของต้นมันสำปะหลังที่ทำการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมันสำปะหลัง จากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยด้วยระบบการตัดเฉือน ทั้งนี้ในการออกแบบส่วนประกอบอื่นๆ ยังคงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านอื่นๆมาประกอบในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ: ต้นมันสำปะหลัง, แรงตัดเฉือนสูงสุด, ความเค้นเฉือนสูงสุด, พลังงานตัดจำเพาะ

1. บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 0.14 ล้านไร่ ไร่ให้ผลผลิตรวม 29.05 ตันสด และผลผลิตเฉลี่ย 3.48 ตันต่อไร่[1] มันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกฤดู ตั้งแต่ต้นฤดูจนถึงช่วงแรก และยังสามารถนำหัวมันสดไปแปรรูปเป็นแป้งมันหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้า เช่น แป้งมันสำปะหลัง แอลกอฮอล์ มันอัดเม็ด เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกมันสำปะหลังทำการเก็บเกี่ยวปีละครั้ง โดยเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนที่เป็นหัวมันสดและทิ้งต้นมันสำปะหลังจำนวนมากไว้ในแปลงปลูก ต้นมันสำปะหลังบางส่วนจะถูกนำไปเป็นฟ่อนฟืนใช้สำหรับเผาปลูกในฤดูกาลต่อไป แต่การทิ้งเศษปลูกมันสำปะหลังนั้นจะใช้ลำต้นมันสำปะหลังเพียง 10

เปอร์เซ็นต์ ของต้นมันสำปะหลังทั้งหมด จึงทำให้ต้นมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมากถึง 3 ตันต่อไร่ [2] นอกจากนี้ต้นและใบมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีโยนในดินในระดัปลึกสูง ไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ แต่เมื่อผ่านผ่านกระบวนการทำให้แห้ง โดยการฝังแดด จะมีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 21 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.99 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.73 เปอร์เซ็นต์ [3] นับเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเส้นใยอาหารค่อนข้างสูง มีคุณค่าทางอาหารในระดับที่ดี ปัจจุบัน เกษตรกรจะใช้เครื่องตัดย่อยไม้หรือเครื่องตัดย่อยต้นข้าวโพดมาทำการตัดย่อยต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์คือวิธีนี้ ซึ่งเสี่ยงจากการตัดย่อยพบว่าขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

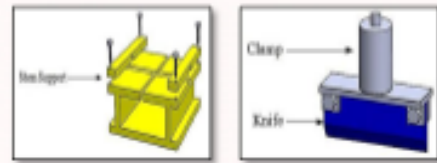


ต้นมันสำปะหลังยังมีขนาดที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อีกทั้งยัง ไม่พบเครื่องมือในการลดขนาดที่เหมาะสมกับงานดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมกับชนิดพืชนั้นๆ (4) ในการออกแบบเครื่องสับย่อยนั้นจะต้องรู้ค่าพื้นฐานต่างๆ เช่น แรงเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัดจำเพาะ ตลอดจนการเลือกชนิดของใบมีดของเครื่องสับย่อย ซึ่งจะสัมพันธ์กับชนิดของวัสดุ ขนาด อายุ ความชื้น รวมถึงโครงสร้างของเซลล์ ภายในวัสดุ (5) ด้วยหลักการพื้นฐานในการตัดต้นพืชเมื่อใบมีดเคลื่อนที่ลงอย่างต่อเนื่องเมื่อสัมผัสกับเนื้อวัสดุจะทำให้เกิดค่าความเค้นภายในเนื้อวัสดุเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดจุดแตกหัก (Failure point) ซึ่งวัสดุบางชนิดจะเกิดการแตกหักเพียงครั้งเดียวในขณะที่วัสดุชนิดอื่นๆ อาจจะมีจุดแตกหักขึ้นหนึ่งจุดก่อนและก็จะมีความเค้นภายในค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนเกิดจุดแตกหักอีกครั้งเมื่อใบมีดเคลื่อนเป็นวัสดุ ทั้งนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมในการตัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการตัดอีกด้วย (6) การวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของดินเหนียวและหาค่าตัวแปรซึ่งประกอบด้วยแรงเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัดจำเพาะ ซึ่งเกิดจากการทดลองตัดส่วนโคนของลำต้นมันสำปะหลังด้วยใบมีดตัดที่มีมุมคมของใบมีดและอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่แตกต่างกัน โดยใช้เครื่องวัดแรงกระทำต่อวัสดุแบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine: UTM) ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความแปรปรวนที่จำเป็นต่อออกแบบเครื่องสับย่อย ซึ่งจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเครื่องสับย่อยต้นมันสำปะหลังที่จะดำเนินการวิจัยต่อไปในอนาคต

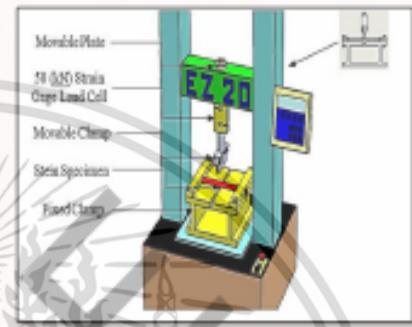
2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลแบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine: UTM) ขนาดแรงสูงสุด 50 kN ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1
2. ใบมีดขนาด 50 mm x 125 mm x 6 mm (กว้าง x ยาว x หนา) จำนวน 3 ใบมีด มีมุมคม (knife bevel angle) แต่ละใบคือ 30, 45 และ 60 องศา ตามลำดับ
3. ลำต้นมันสำปะหลังที่ใช้ทำการทดสอบ คือ พันธุ์ระยอง 81 และพันธุ์ห้วยบง โดยมีสมบัติในตารางที่ 1



ก) แม่แรง และจับยึดท่อนต้นมันสำปะหลัง (ข) ใบมีด



(ค) เครื่องวัดแรงกด

รูปที่ 1 เครื่องวัดแรงกดแบบไฮดรอลิกและการตัดต้นมัน (Universal Testing Machine: UTM)

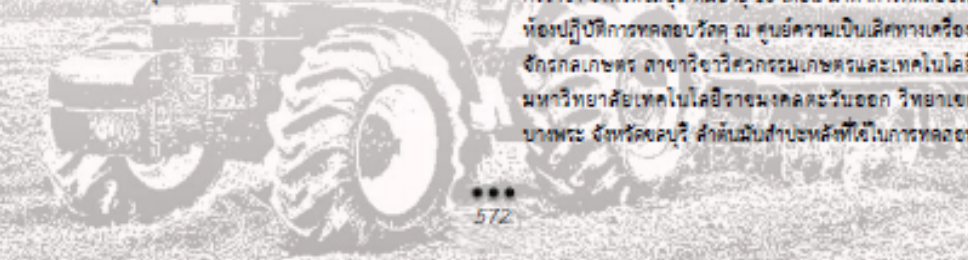
ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังในการทดสอบ

พ.ศ.	ค่าเฉลี่ยสมบัติทางกายภาพ	พันธุ์ระยอง 81	พันธุ์ห้วยบง
1.	อายุ (ปีต้น)	10	10
2.	ระยะเวลาต้นมีลักษณะการทดสอบ (วัน)	5	5
3.	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	23.63±4.12	25.75±4.05
4.	ความสูงลำต้น (มม.)	1691.18±160.25	1488.86±219.6
5.	ความยาวของลำต้น (มม.)	111.89±30.92	90.8±39.16
6.	น้ำหนักของลำต้น (กรัม)	378.87±107.27	248±82.99
7.	ความชื้น (% vch.)	64.80±82.99	68.40±1.81
8.	น้ำหนักของลำต้นต่อความชื้น	241±0.61	283±0.67

* ข้อผิดพลาดเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
* เก็บข้อมูลในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี เมื่อวันที่ 5 ก.พ. 2558

2.2 วิธีการ

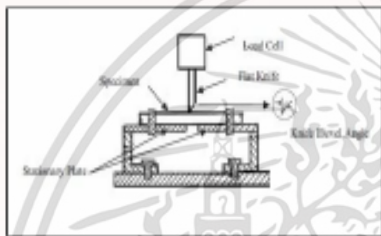
1. การเตรียมตัวอย่างและการติดตั้งอุปกรณ์ โดยนำต้นมันสำปะหลังจากแปลงปลูกของเกษตรกรในเขตพื้นที่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่มีอายุ 10 เดือน มาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ณ ศูนย์ความเป็นเลิศทางเครื่องจักรกลเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี ลำต้นมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะออกตัดจากส่วนโคนของลำต้นให้มีความยาว 117.8 mm (7 in) จากนั้นทำการติดตั้งใบมีดและยึดท่อน้ำมันสำปะหลังที่ตัดไว้เข้ากับแท่นจับยึดท่อน้ำมันสำปะหลังของเครื่องวัดแรงกดวัสดุแบบเบอนกประสงค์ ตามรูปที่ 2 ดำเนินการทดสอบตัดท่อน้ำมันสำปะหลังด้วยใบมีดที่มีมุมของตัดที่แตกต่างกันคือ 30, 45 และ 60 องศา กลองใบแนวตั้งจากท่ามุม 90 องศา กับแนวรอบของท่อน้ำมันสำปะหลัง ซึ่งในแต่ละชนิดของมุมคมในการตัดของใบมีดจะใช้อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 20, 40, 60 และ 100 mm/min อย่างละ 35 ซ้ำ จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลและนำไปประมวลผล ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะการติดตั้งขารวัดแรงยึดท่อน้ำมันสำปะหลังโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine UTM [4] [7]

2. การหาความเค้นเฉือน โดยนำค่าแรงเฉือนสูงสุด (Peak Load) [4, 7 และ 8] ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและระยะที่กดผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (Force displacement)หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของลำต้นน้ำมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$\sigma_s = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

เมื่อ σ_s = ความเค้นเฉือน, Pa
 F_{max} = แรงเฉือนสูงสุด, N
 A = พื้นที่หน้าตัด, m^2

3. การหาพลังงานตัดจำเพาะ [7] พบได้จากพื้นที่ใต้กราฟของแรงเฉือนกับระยะที่ใบมีดกดผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (Force-displacement) ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$E_{ss} = \frac{1}{A} \int F dx = n \times \frac{f}{A} \quad (2)$$

เมื่อ E_{ss} = พลังงานตัดจำเพาะ, mJ/mm^2
 A = พื้นที่หน้าตัดของลำต้น, m^2
 F = แรงเฉือน, N

x = ระยะการเคลื่อนที่ผ่านลำต้น, mm
 n = จำนวนหน่วยพื้นที่ใต้กราฟ ของกราฟแรงเฉือนกับระยะที่ใบมีดเคลื่อนที่ผ่านลำต้นขณะทดลอง ของเครื่องทดสอบแรงกด (UTM)

f = ค่าของหัวคูณหน่วยพื้นที่ (the scale factor of unit area)

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการตัดด้วยวิธีการ Multiple linear regression สามารถเขียนความสัมพันธ์แสดงอยู่ในรูปสมการดังนี้ [4]

$$Y = \alpha + \beta_i x_i + e \quad \dots(3)$$

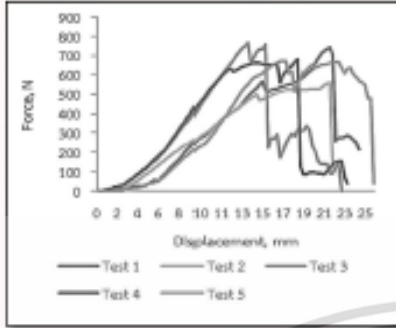
เมื่อ α = ส่วนตัดแกน Y (intercept) หรือค่าของ Y เมื่อ x_i เท่ากับศูนย์
 β_i = ค่าความชัน (slope) ของเส้นตรง แสดงอัตรา การเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ x_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย
 e = ความคลาดเคลื่อนหรือค่าความแตกต่างของค่า Y และค่า Y บนเส้นถดถอย
 i = ตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., n

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

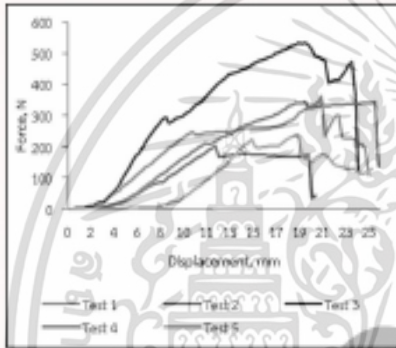
3.1 พฤติกรรมของ Force-displacement ที่ได้จาก การตัดลำต้นน้ำมันสำปะหลัง

รูปที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่เกิดขึ้นในขณะที่ใบมีดเคลื่อนที่ผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (force-displacement) ของทั้งสายใยพันธุ์ จะเห็นได้ว่า มีลักษณะ และรูปร่างของกราฟที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันระดับของแรงเฉือน โดยแรงเฉือนสูงสุดของลำต้นน้ำมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบงจะมีค่ามากกว่าแรงเฉือนของพันธุ์ระยอง 81 เปอร์เซ็นต์องเท่า โดยลักษณะของกราฟทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน คือจะมีพฤติกรรมผสมระหว่างวัสดุแบบมีเส้นใย (fibrous materials) และวัสดุแบบไม่มีเส้นใย (non-fibrous materials) ลักษณะของกราฟจะเกิดจุดสูงสุด (peak point) เพียงจุดเดียวเหมือนกับวัสดุที่ไม่มีเส้นใยแต่หลังจากนั้นแทนที่แรงจะตกลงทันที แรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเหมือนวัสดุที่มีเส้นใย แต่บางครั้งไม่เกิดจุดสูงสุดที่ชัดเจนเหมือนกับวัสดุเส้นใยหรืออาจจะเรียกได้ว่า เป็นวัสดุกึ่งเส้นใย (semi-fibrous materials) ซึ่งลักษณะเช่นนี้สามารถพบได้กับพืชที่มีท่อน้ำลำเลียงขนาดใหญ่[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) พับคู่ห้วยบง



(ข) พับคู่ระยอง 81

รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและระยะการเฉือน (force-displacement) ของมันสำปะหลังที่พับห้วยบงและระยอง 81 ในแต่ละชุดการทดสอบ จำนวน 5 ชุดการทดสอบ

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงเฉือนสูงสุด

พับคู่ในห้วยบง

จากการทดสอบหาแรงเฉือนสูงสุดเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังที่พับห้วยบงและ พับคู่ระยอง 81 พบว่าค่าแรงเฉือนสูงสุดในการตัดลำต้นมันสำปะหลังที่พับห้วยบงที่มีมุมคมใบมีด 30, 45 และ 60 องศา ความเร็วในการตัดคัทที่ 20 mm/min มีค่าสูงกว่าพับคู่ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมของใบมีดดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 และพบว่าค่าแรงเฉือนสูงสุดในการตัดลำต้นมันสำปะหลังที่พับห้วยบงที่มีมุมคมของใบมีดคัทที่ 30 องศา ความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลงจาก 20-100 mmv/min มีค่าสูงกว่าพับคู่ระยอง 81 ในทุกๆ ความเร็ว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างภายในของมันสำปะหลัง พับคู่ห้วยบงมีความแข็งแรงกว่ามันสำปะหลังพับคู่ระยอง 81

ตารางที่ 2 ผลของค่าเฉลี่ยแรงเฉือนสูงสุด (average max cutting force, kN) เมื่อความเร็วในการตัดคัทที่ (speed of loading rate) และมุมคมใบมีดมีการเปลี่ยนแปลง (knife bevel angle)

อัตราการใช้คัทที่	พับคู่ห้วยบง ($\phi=25.75\pm 4.05$ mm)			พับคู่ระยอง-81 ($\phi=23.63\pm 4.12$ mm)		
	มุมคมคัทของใบมีด 30°	45°	60°	มุมคมคัทของใบมีด 30°	45°	60°
20 mm/min	1.51	1.60	2.02	0.76	0.84	0.93
SD	0.30	0.28	0.49	0.19	0.19	0.22

n=35

ตารางที่ 3 ผลของค่าเฉลี่ยแรงเฉือนสูงสุด (average max cutting force, kN) เมื่อมุมคมใบมีดคัทที่ (knife bevel angle) และความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลง (speed of loading rate)

มุมใบมีด	พับคู่ห้วยบง ($\phi=25.75\pm 4.05$ mm)				พับคู่ระยอง-81 ($\phi=23.63\pm 4.12$ mm)			
	อัตราการใช้คัทที่ของใบมีด (mmv/min)	30°	45°	60°	อัตราการใช้คัทที่ของใบมีด (mmv/min)	30°	45°	60°
20	1.51	1.45	1.35	1.25	0.76	0.75	0.71	0.68
SD	0.30	0.32	0.29	0.32	0.19	0.17	0.21	0.20

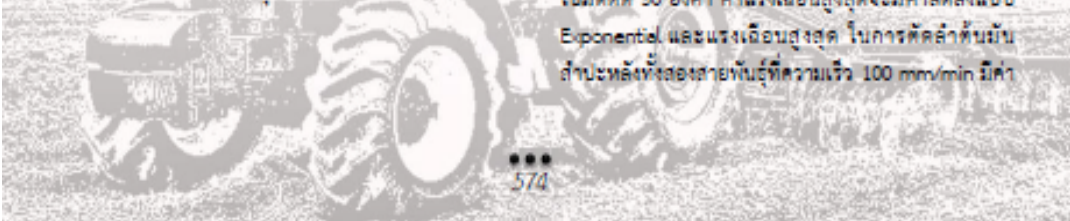
n=35

มุมคมของใบมีด

จากการทดสอบหาแรงเฉือนสูงสุดเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังที่พับคู่ห้วยบงและระยอง 81 พบว่าแรงเฉือนสูงสุดจะแปรผันตรงกับขนาดของมุมคมของใบมีดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงเฉือนสูงสุดระหว่างมุมคมของใบมีดที่ 30, 45 และ 60 องศา ในความเร็วในการตัดเท่ากับที่ 20 mm/min พบว่าแรงเฉือนสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบ Exponential. นอกจากนี้การตัดลำต้นมันสำปะหลัง โดยใช้มุมคมของใบมีดที่ 30 องศา แรงเฉือนสูงสุดในการตัดจะมีค่าน้อยที่สุดทั้งสองสายพันธุ์ โดยจะมีค่าน้อยกว่ามุมคมใบมีดอื่นประมาณ 0.5-1 เท่า

ความเร็วในการตัด

จากการทดสอบหาแรงเฉือนสูงสุดเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพบว่าแรงเฉือนสูงสุดจะแปรผกผันกับความเร็วจนในการตัด โดยพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้นจาก 20, 40, 60 และ 100 mm/min ที่มุมคมของใบมีดคัท 30 องศา ค่าแรงเฉือนสูงสุดจะมีค่าลดลงแบบ Exponential. และแรงเฉือนสูงสุด ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ที่ความเร็ว 100 mm/min มีค่า





น้อยที่สุดและมีแนวโน้มลดลงอีก หากความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้น

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเค้นเฉือนสูงสุด

พื้นที่ใบมีดปะหลัง

จากการวิเคราะห์หาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดของการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ โดยใช้สมการที่ (1) พบว่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวบง ที่มีมุมใบมีด 30, 45 และ 60 องศา ความเร็วในการตัดคือที่ 20 mmv/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมของใบมีดดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ในทำนองเดียวกับพบว่าค่าแรงเฉือนสูงสุดในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวบงที่มีมุมคมของใบมีดคือที่ 30 องศา ความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลงจาก 20-100 mmv/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกความเร็ว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

มุมคมของใบมีด

จากการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า ความเค้นเฉือนสูงสุดจะแปรผันตรงกับมุมคมของใบมีดที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า การตัดที่ใช้มุมคมของใบมีดที่น้อยกว่าจะทำให้ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดน้อยลงตามไปด้วย ทั้งนี้เป็นผลมาจาก การเปรียบเทียบค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ความเร็วในการตัดคือที่ 20 mmv/min ในการตัดด้วยมุมคมใบมีดที่ 30, 45 และ 60 องศา ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6 โดยภาพเพิ่มขึ้นของความเค้นเฉือนสูงสุดเป็นการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential. ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของความเค้นเฉือนสูงสุดที่ตรงตามพฤติกรรมของแรงที่ใช้ในการตัด

ตารางที่ 4 ผลของค่าเฉลี่ยความเค้นเฉือนสูงสุด (average max. shear strength, MPa) เมื่อความเร็วในการตัดคือที่ (speed of loading rate) และมุมคมใบมีดมีการเปลี่ยนแปลง (knife bevel angle)

อัตราเร็วเฉือนที่ของใบมีด	หัวบง ($\phi=25.75\pm 4.05$ mm)			ระยอง-81 ($\phi=23.63\pm 4.12$ mm)		
	มุมคมของใบมีด			มุมคมของใบมีด		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
20mm/min	5.51	5.58	7.36	3.06	3.32	3.68
SD	1.00	1.02	1.77	0.71	0.70	0.88

n=35

ตารางที่ 5 ผลของค่าเฉลี่ยความเค้นเฉือนสูงสุด (average max shear strength, MPa) เมื่อมุมคมใบมีดคือที่ (knife bevel angle) และความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลง (speed of loading rate)

มุมใบมีด	หัวบง ($\phi=25.75\pm 4.05$)				ระยอง-81 ($\phi=23.63\pm 4.12$)			
	อัตราเร็วเฉือนที่ของใบมีด (mmv/min)				อัตราเร็วเฉือนที่ของใบมีด (mmv/min)			
	20	40	60	100	20	40	60	100
30°	5.51	5.28	4.95	4.57	3.06	3.04	2.97	2.68
SD	1.10	1.19	1.06	1.15	0.71	0.67	0.84	0.78

n=35

ความเร็วในการตัด

ในทำนองเดียวกันจากการทดสอบหาความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์จะแปรผันกับความเร็วที่ใช้ในการตัด โดยพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้นจาก 20, 40, 60 และ 100 mmv/min ที่มีมุมคมของใบมีดคือ 30 องศา ค่าแรงเฉือนสูงสุดจะมีค่าลดลงโดยมีค่าลดลงประมาณ 1-2 เท่า

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานตัดจำเพาะ

พื้นที่ใบมีดปะหลัง

เมื่อพิจารณาพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดโดยการคำนวณจากสมการที่ (2) ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า พลังงานตัดจำเพาะที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวบง ที่มีมุมคมของใบมีด 30, 45 และ 60 องศา ความเร็วในการตัดคือที่ 20 mmv/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมของใบมีด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 นอกจากนี้ยังพบว่าพลังงานตัดจำเพาะจะแปรผันกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัด

มุมคมของใบมีด

จากการทดสอบหาค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า ค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมุมคมใบมีดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การตัดด้วยมุมคมใบมีดที่ 30 องศา จะใช้พลังงานตัดจำเพาะน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเหมาะสมในการใช้ออกแบบมากที่สุด

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยพลังงานตัดจำเพาะสูงสุด (average max specific cutting energy, nJ/mm²) เมื่อความเร็วในการตัดคือที่ (speed of loading rate) และมุมคมใบมีดมีการเปลี่ยนแปลง (knife bevel angle)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการใช้ เครื่องมือ ของใบมีด	หัวขบง ($\phi=25.75\pm 4.05$)			ขบง 81 ($\phi=23.63\pm 4.12$)		
	มุมคมตัดของใบมีด					
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
20mm/min	62.25	77.48	105.40	57.08	57.14	68.96
SD	10.99	17.28	131.32	8.82	19.48	16.18

n=35

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยพลังงานตัดจำเพาะสูงสุด (average max specific cutting energy, mJ/mm^3) เมื่อผสมมุมใบมีดคัท (knife bevel angle) และความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลง (speed of loading rate)

มุมคมใบมีด	หัวขบง ($\phi=25.75\pm 4.05$)			ขบง 81 ($\phi=23.63\pm 4.12$)			
	อัตราการใช้เครื่องมือของใบมีด (mm/min)						
	20	40	60	10	20	40	60
30°	62.25	58.31	41.86	39.18	37.08	36.85	34.06
SD	10.99	13.15	10.39	11.20	8.82	12.08	12.47

ความเร็วในการตัด

ในทำนองเดียวกันจากการทดสอบหาค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังที่ สองสายพันธุ์ พบว่าเมื่อความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดจะมีแนวโน้มลดลง

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการตัด

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการตัดนั้น จะใช้หลักการ Multiple linear regression ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพโดยการคำนวณในสมการที่ (3) เช่น มุมคมใบมีด และความเร็วในการตัด ส่วนค่าสมบัติทางกลในที่นี้คือ ค่าแรงเฉือนสูงสุด ค่าความเค้นเฉือนสูงสุด และค่าพลังงานตัดจำเพาะ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 8 สมการสำหรับทำนายค่าสมบัติทางกลของการตัด ลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวขบง

Cutting Properties	Predictive	R ²
Max. Cutting Force	$1.2895+0.008859K-0.0016S$	0.994
Max. Shear Strength	$4.5985+0.03085K-0.0059S$	0.994
Specific Cutting Energy	$43.36454+0.68575K-0.154S$	0.992

เมื่อ: K = มุมใบมีด (องศา) และ S = ความเร็วรอบหัวตัด (mm/min)

จากตารางที่ 8 ค่าสมบัติทางกลของการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์หัวขบงสามารถที่จะทำนาย ได้ ซึ่งดูจากค่า

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) ที่มีค่าสูง โดยสมการทำนายค่าแรงเฉือนสูงสุดและค่าความเค้นเฉือนสูงสุดมีค่าเท่ากับที่ R²=0.994 รองลงมาคือค่าพลังงานตัดจำเพาะที่ R²=0.992 นอกจากนี้จาก สมการทั้งสามทำให้เราทราบว่า ค่าของมุมคมใบมีดเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อค่าคุณสมบัติทางกลในการตัด รองลงมาคือค่าของความเร็วในการตัด

ตารางที่ 9 สมการสำหรับทำนายค่าสมบัติทางกลของการตัด ลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ขบง 81

Cutting Properties	Predictive	R ²
Max. Cutting Force	$0.6937+0.00285K-0.00065S$	0.992
Max. Shear Strength	$2.81595+0.01035K-0.00245S$	0.992
Specific Cutting Energy	$23.10305+0.53135K-0.0436S$	0.998

เมื่อ: K = มุมใบมีด (องศา) และ S = ความเร็วรอบหัวตัด (mm/min)

ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ขบง 81 ก็สามารถที่จะทำนายคุณสมบัติทางกลของการตัดได้เช่นกัน ซึ่งดูจากค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจที่สูง (R²) โดยที่สมการทำนายค่าพลังงานตัดจำเพาะที่ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจสูงสุดที่ R² = 0.998 รองลงมาคือ ค่าแรงเฉือนสูงสุดและค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่มีค่าเท่ากับที่ R² = 0.992

4. สรุปผลการทดลอง

- 1) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัดจำเพาะ คือ สายพันธุ์ มุมคมใบมีด และความเร็วในการตัด
- 2) สมบัติทางกลในมันสำปะหลังพันธุ์หัวขบงมีค่าสูงกว่าพันธุ์ขบง 81 ในทุก การทดลอง
- 3) แรงเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัดจำเพาะจะแปรผันตรงกันกับมุมคมใบมีด แต่จะแปรผกผันกับความเร็วในการตัด
- 4) มุมคมใบมีด 30 องศาจะให้ค่าแรงเฉือน ความเค้นเฉือน และพลังงานตัดจำเพาะ น้อยกว่ามุมคมใบมีดที่ 45 และ 60 องศา จึงเหมาะสหรับที่จะใช้ในการออกแบบ
- 5) เมื่อเพิ่มความเร็วในการตัดจะมีผลให้แรงเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัด จำเพาะมีแนวโน้มลดลง แต่ในการออกแบบจริงจำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อหาความเร็วในการตัด ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2557). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2557. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายรังสรรค์ กุฎสำโรง
 วัน เดือน ปีเกิด 11 มกราคม 2518 ที่นครราชสีมา
 ที่อยู่ 43/33 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20210
 ประวัติการศึกษา 2540 วิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเกษตรกลวิธาน สถาบันเทคโนโลยี
 ราชมงคล
 ความชำนาญเฉพาะด้าน เครื่องทุนแรงในสนามกอล์ฟและเครื่องยนต์
 ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
 ราชมงคลตะวันออก

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2540 – 2543 พนักงานบริษัทเอกชน ตำแหน่งซ่อมบำรุง
 พ.ศ. 2543 -2544 อาจารย์อัตราจ้างประจำสาขาช่างกลเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 วิทยาเขต สกลนคร
 พ.ศ.2544 -2545 เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงประจำสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์
 บางพระ
 พ.ศ. 2545 -2548 อาจารย์อัตราจ้าง ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ
 พ.ศ. 2549 –ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์
 และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก