รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

3. กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

4. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Research and Development of a Cassava Dicer Machine

5. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: นายพินิจ จิรัคคกุล	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
ผู้ร่วมงาน	: นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายวิชัย โอภานกุล	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายมงคล ตุ่นเฮ้า	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	: นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายอนุชา เชาวโชติ	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายสิทธิชัย ดาศรี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

6. บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า เพื่อพัฒนาต่อยอดการผลิตมันเส้นสะอาดจากกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งมันเส้นประสบปัญหาของเรื่องขนาดชิ้นมันที่นำไปอบแห้งไม่มีความสม่ำเสมอ ส่งผลต่อการอบแห้ง เช่น เวลาที่ใช้ การเกิดเจลในชิ้นมันที่มีความหนามากๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า พบว่า สามารถสับหัวมันสำปะหลังให้มีลักษณะสมมาตรได้ที่หน้าตัดชิ้นมันขนาด 1x1 ซม และความยาว 2-5 ซม ในสมรรถนะ 1.94 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 22 กิโลวัตต์ (30 แรงม้า) มีประสิทธิภาพในการสับได้ขนาดชิ้นมันที่เหมาะสม 81.75 % (หลังการอบแห้ง) และสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรครอบคุ้มพื้นที่ 907 ไร่ต่อปี

Abstract

The objective of the research and development of a cassava dicer machine was to develop the clean cassava chip after drying process. The problem was the difference size of

cassava chip which affected the drying process such as drying time, thick gelatinization layer and drying temperature. The result of the research and development of a cassava dicer machine showed the cassava can be cut to 1x1 cm of cross section and 2-5 cm length with capacity 1.94 ton per hour. The electricity was 22 kW (30 hp) and the cutting efficiency for suitable piece was 81.75% (after drying). The machine can be used to agriculture in the area of 907 Rai per year.

7. คำนำ

ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล โดยคิดเป็นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั่วโลก และเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก ส่วนแบ่งการตลาดมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของทั่วโลก มูลค่ารวมของอุตสาหกรรมประมาณ 6-7 หมื่นล้านบาทต่อปี โดยประเทศไทยมีเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 5 แสนครัวเรือน มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8 ล้านไร่ ใน 45 จังหวัด ผลผลิตประมาณ 29 ล้านตัน (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2552) ในปี 2554 มีการส่งออกมันเส้น 3.7 ล้านตัน มูลค่าส่งออก 29,252 ล้านบาท การใช้ในประเทศประมาณ 1.5 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตมันเส้นประมาณ 700 โรงงาน ซึ่งเป็นการผลิตมันเส้นโดยใช้ลานตากทั้งสิ้น และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นทำเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรภาพก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด ทำให้ราคาของมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่มีราคาถูกลงเพราะเมื่อรับซื้อแล้วจำเป็นต้องส่งไปแปรภาพในอุตสาหกรรมแป้งซึ่งมีขีดจำกัดของการผลิต ทำให้การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลังจัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งเข้าโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเพื่อแปรภาพให้เร็วที่สุด โดยลานมันจะทำการโม่สับหัวมันเป็นมันเส้นและทำการตากลดความชื้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน โดยเฉพาะหัวมันที่หักจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลาย การเก็บรักษาในร่มมีแนวโน้มว่าหัวมันสำปะหลังจะเน่าเร็วกว่ากลางแจ้งเนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวฝนตกทำให้หัวมันเปียก ซึ่งจะส่งผลต่อราคาหัวมัดสดในพื้นที่ถูกลง

การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันเส้นสะอาดเป็นการพัฒนาระบบการจัดการการแปรภาพมันสำปะหลังเพื่อการแก้ปัญหาเกษตรกร อุตสาหกรรม และนโยบายการประกันราคา อีกทั้งการเตรียมรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน(ASEAN Economic Community: AEC) ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาและยกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

การพัฒนาเครื่องจักรในการแปรภาพมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเส้นปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ในอุตสาหกรรมการผลิตมันเส้นมีการใช้เฉพาะเครื่องจักรที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องสับมันเส้น อุปกรณ์เกลี่ยมัน รถแทรกเตอร์หรือรถตัก และลานตาก ซึ่งทำให้การผลิตมันเส้นไม่เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในการวิจัยนี้จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันเส้นสะอาดด้วยเทคโนโลยีการแปรภาพโดยการสับชิ้นมันให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและอบแห้งให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตมันเส้น โดยทำการพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(ภาพสมมาตร) และการอบแห้งแบบโรตารี่ซึ่งเป็นเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ยังมีปัญหาในระบบการแปรภาพมันเส้นทั้งในระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรม

8. วิธีดำเนินการ

1. ศึกษา สำรวจ และรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกรรมวิธีการสับมันเส้นแบบต่างๆที่จำหน่ายทั้งในและส่งออกต่างประเทศ และชนิดเครื่องสับมันที่เกษตรกรใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 เช่น ขนาด กว้าง ยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง และภาพร่าง

- Specific Energy Consumption (kw/kg) ของการสับมันสำปะหลังขนาด เล็ก กลาง ใหญ่

3. ออกแบบและสร้างเครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋า โดยสร้างชุดทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะดำเนินการสร้างต้นแบบ เพื่อให้ได้ภาพแบบของอุปกรณ์การสับที่มีขนาดชิ้นเท่าๆกันทั้งแบบลูกเต๋าและสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.1 ออกแบบระบบป้อน

3.2 ออกแบบเครื่องสับมันสำปะหลังแบบเต๋าขนาดกำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง

- ออกแบบใบสับเพื่อลดการเป็นกาวของแป้งมันเมื่อมีความร้อน
- ทำการสร้างต้นแบบและทดสอบ

4. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น เครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋าต้นแบบ ในห้องปฏิบัติการและโรงงาน การทดสอบต้นแบบ

- ประสิทธิภาพการสับในการสับมัน

การวางแผนการทดลองRandomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย จำนวน บล็อก(Block) 3 บล็อก และ ตำหรับ(Treatments) 3 ตำหรับ ทำการสับ 3 ซ้ำๆละ 200 กิโลกรัม(ต่อเนื่อง) เปรียบเทียบ Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ปัจจัยหลัก บล็อก ประกอบด้วย มันสำปะหลังจากลานมัน 3 แหล่ง (โรงงาน)

ปัจจัยรอง ตำหรับ ประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลัง 3 ขนาด เล็ก กลาง และใหญ่ โดยจำแนกเป็น 3 ขนาด หัวมันขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-35 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 40-45 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 50-55 มิลลิเมตร โดยการสับแบบไม่มีการคัดขนาดเป็น Block Control

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

ก่อนสับ

ขนาดของตัวอย่าง 3 ขนาด เล็ก กลาง และใหญ่

ความชื้นในหัวมันสำปะหลัง

เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด

หลังสับ

1. เก็บขนาดของชิ้นมัน ทำการสุ่มจำนวน 10 กิโลกรัม จากการสับจำนวน 200 กิโลกรัม ทำ 3 ซ้ำ และบันทึกความสัมพันธ์น้ำหนักกับขนาดชิ้นมันสำปะหลัง

2. เปอร์เซ็นต์การแตกหัก

เปอร์เซ็นต์การแตกหัก =(น้ำหนักมันที่ไม่เป็นชิ้นสมมาตร/น้ำหนักมันที่สับ)x 100

- สมรรถนะการสับ (P)
- เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย (L)
- อัตราการป้อน (F)

การวิเคราะห์ Multiple regression สมรรถนะการสับ (ตันต่อชั่วโมง)

$P= c_1F+[c_2L_1+c_3L_2]+C$

5. เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
- เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร
- วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและความคุ้มทุน

6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

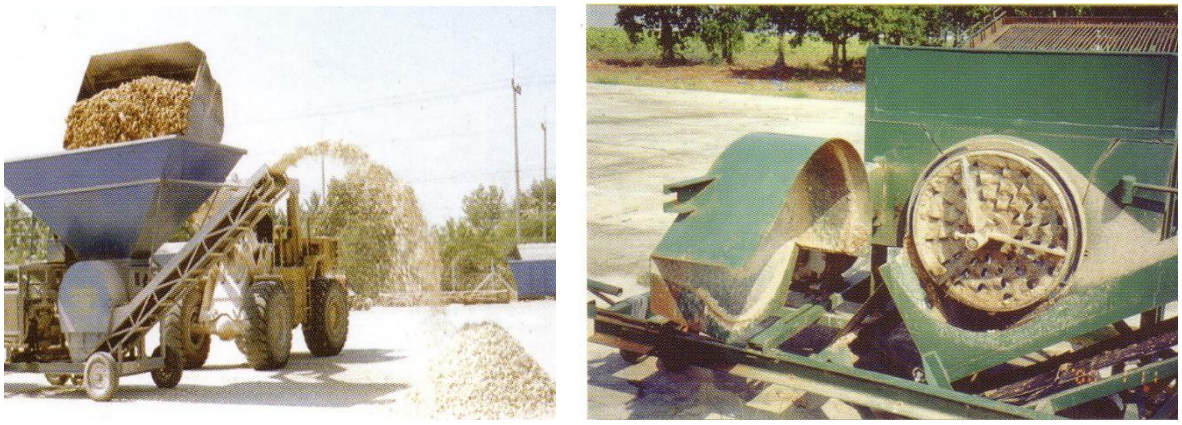
ระยะเวลาทำการวิจัย

ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

9. ผลการทดลองและวิจารณ์

9.1. จากการศึกษา สำรวจ และรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกรรมวิธีการสับมันเส้นแบบต่างๆที่จำหน่ายทั้งในและส่งออกต่างประเทศ และชนิดเครื่องสับมันที่เกษตรกรใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

จากการศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบต่างๆที่ทั้งที่มีจำหน่ายและที่มีการทำวิจัย พบว่า ลานผลิตมันเส้นส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสับมันแบบจานหมุน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจานหั่น 36 – 40 นิ้ว ความเร็วรอบจานสับที่ 291 รอบต่อนาที ซึ่งเครื่องสับหัวมันสดขนาดเล็กความสามารถในการสับชั่วโมงละ 3-5 ตัน ขนาดกลางชั่วโมงละ 20-30 ตัน และขนาดใหญ่ชั่วโมงละ 40-60 ตัน และนำไปตากแดด 2-3 วันจนแห้ง

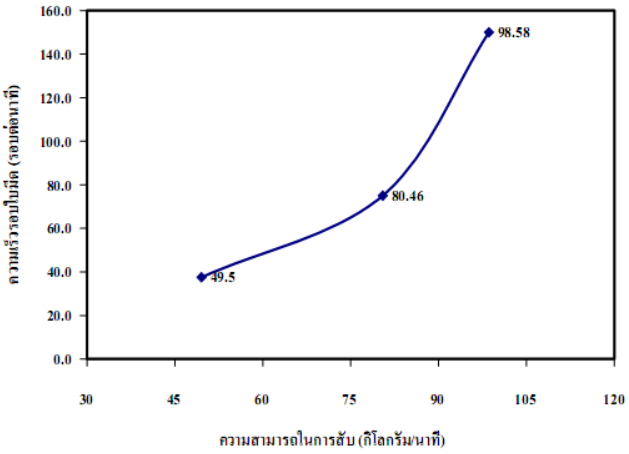


<u>ภาพที่ 1</u> เครื่องโม่มันเส้นขนาดใหญ่และขนาดกลาง
ที่มา : ดนัย (2537)

ภาพที่ 2 ลักษณะจานหมุนและชิ้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับ

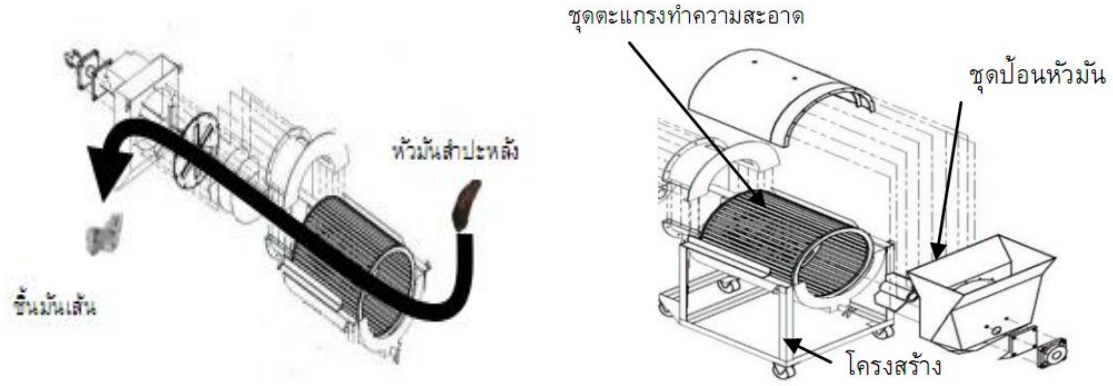
ภาพที่ 3 เครื่องสับมันสำปะหลังแนวตั้งและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง

ที่มา: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.2551



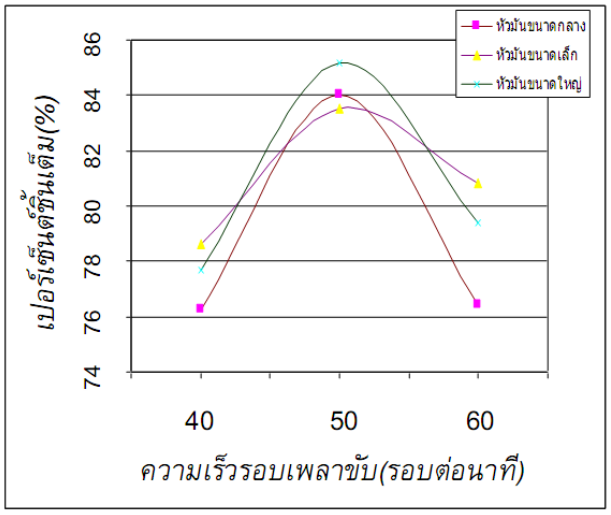
ภาพที่ 4 สมรรถนะของเครื่องสับมันสำปะหลังแนวตั้ง

ที่มา: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.2551



ภาพที่ 5 ลักษณะเครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือพัฒนาขึ้น

ภาพที่ 6 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง



ภาพที่ 7 สมรรถนะของเครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือพัฒนาขึ้น

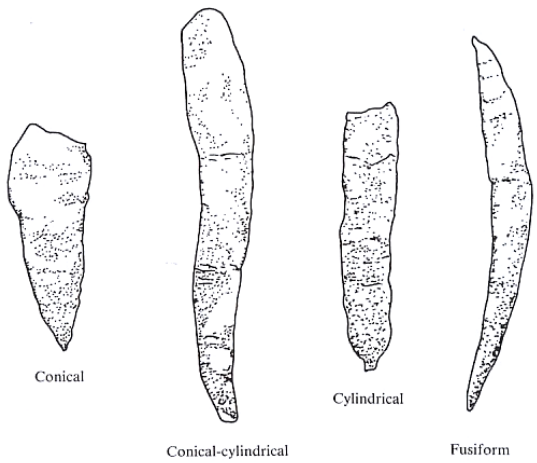
ภาพที่ 8 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์พัฒนาขึ้นและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง

(วิจิตรา,2549) ศึกษาเครื่องตัดแบบใบมีดหมุนในแนวตั้งฉากกับแนวแกน ที่ระยะห่างระหว่างใบมีด 3 ระยะ คือ 1.5, 1.8 และ 2.0 เซนติเมตร และกำหนดความเร็วรอบเพลาใบมีด 413-651 รอบ/นาที พบว่า ทอร์กที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเร็วรอบเพลาใบมีดและลดลงตามความเร็วรอบเพลาใบมีดที่เพิ่มขึ้น ทอร์กที่เกิดขึ้นในการตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 15.33-16.47 นิวตัน-เมตร และ 4.93-6.51 นิวตัน-เมตร ชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการเมื่อตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมีปริมาณมากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 85.52-89.55% และ 79.92-87.92% และชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการมีปริมาณมากขึ้นตามระยะห่างระหว่างใบมีดที่เพิ่มขึ้น เศษชิ้นมันและการสูญเสียมีปริมาณมากที่สุดอยู่ในช่วง 3.19-4.89% และ 0.85-1.63%

ภาพที่ 9 เครื่องสับมันเส้นเล็กที่มีจำหน่าย

ภาพที่ 10 ลักษณะเครื่องสับมันฝรั่งในต่างประเทศ

9.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 เช่น ขนาด กว้าง ยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง และภาพร่าง



ภาพที่ 11 ลักษณะหัวมันสำปะหลัง

ภาพที่ 12 ลักษณะการศึกษาสมบัติทางกายภาพหัวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเบื้องต้นของสมบัติลักษณะทางกายภาพของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ชิ้นที่	D1		D2		D3		ความยาว	น้ำหนัก	สภาพทั่วไป
	D1,1	D1,2	D2,1	D2,2	D3,1	D3,2	(มิลลิเมตร)	(กรัม)	
1	75.30	68.70	60.00	56.80	52.00	47.40	305.00	903.50	
	67.10	65.10	65.80	60.00	64.70	52.40	328.00	970.00	
	66.40	62.20	68.20	61.90	46.30	45.60	384.00	1121.50	ส่วนหัวแตกหักเล็กน้อย
	57.40	57.10	49.80	51.80	42.00	42.60	333.00	666.50	
5	97.40	94.80	85.00	89.00	67.00	57.70	357.00	1905.00	
	79.50	72.50	67.40	67.40	61.60	61.90	268.00	949.50	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	68.30	61.80	74.50	63.30	62.10	54.70	247.00	871.00	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	84.80	60.70	48.30	48.50	32.90	33.60	343.00	735.00	
	69.40	74.70	63.90	65.60	55.10	54.70	336.00	1105.00	
10	56.00	49.80	48.80	48.00	35.00	30.70	240.00	395.00	
	64.40	64.00	59.20	62.50	50.80	52.00	344.00	955.00	
	85.80	82.30	74.20	69.50	48.60	49.90	322.00	1210.00	ส่วนหัวแตกหักเล็กน้อย
	76.80	69.60	69.10	73.70	63.00	60.10	248.00	1028.50	
	59.00	56.80	56.30	56.80	50.70	54.50	263.00	670.50	ค่อนข้างสมบูรณ์
15	64.20	61.30	62.40	59.80	52.00	49.20	340.00	955.00	
	70.50	76.50	71.40	70.10	54.50	61.60	262.00	1026.50	ค่อนข้างสมบูรณ์
	72.90	69.30	59.70	63.00	50.80	53.60	331.00	1093.00	
	63.70	66.80	70.20	71.60	52.10	51.70	410.00	1239.50	
	87.30	78.80	69.00	65.30	48.90	43.20	325.00	1207.50	
20	62.10	62.80	57.80	60.80	46.30	43.50	244.00	608.50	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	69.10	62.40	56.20	56.70	47.10	46.50	398.00	1038.50	
	70.00	71.40	61.80	60.00	47.20	44.00	378.00	1143.50	

	83.60	71.20	73.40	65.20	53.70	54.30	263.00	850.00	ส่วนปลายแตกหักเล็กน้อย
	61.50	57.80	57.00	55.10	36.00	32.20	174.00	359.00	
25	57.80	53.30	55.90	46.60	42.60	38.00	190.00	356.50	
	54.20	54.00	44.30	45.80	31.50	34.50	184.00	278.50	
	60.00	63.40	44.30	43.90	33.70	32.80	252.00	444.00	
	67.50	69.50	56.40	50.40	38.00	35.70	240.00	542.00	
	61.10	61.20	53.60	51.00	38.30	37.70	340.00	707.50	
30	85.00	68.40	68.50	61.30	45.40	44.80	237.00	806.50	

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

VAR00001	Mean	N	Std. Deviation
D1/1	69.9367	30	10.8696
D1/2	66.2733	30	9.3399
D2/1	61.7467	30	9.7337
D2/2	60.0467	30	9.7224
D3/1	48.3300	30	9.7104
D3/2	46.7033	30	9.2091
Total	58.8394	180	12.9504

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเส้นผ่าศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

Duncan

	N	Subset			
VAR00001		1	2	3	4
D3/2	30	46.7033			
D3/1	30	48.3300			
D2/1	30		60.0467		
D2/1	30		61.7467	61.7467	
D1/2	30			66.2733	66.2733
D1/1	30				69.9367
Sig.		.519	.501	.073	.147

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 95.626.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

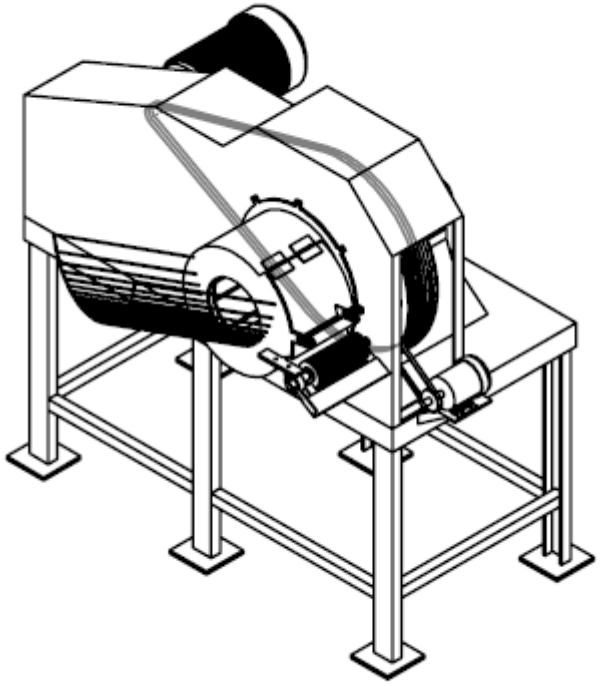
โดยจากการศึกษาพบว่าความยาวเฉลี่ย 296.2 มิลลิเมตร และน้ำหนักต่อหัว 871.4 กรัม ซึ่งจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพบว่า ลักษณะภาพร่างของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีลักษณะ Conical-cylindrical จากสมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษาขั้นต้นจะไปออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสมกับลักษณะของหัวมันสำปะหลัง

9.3 การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋า

จากการออกแบบต้นแบบเครื่องสับมันแบบลูกเต๋า ดังภาพที่ 13 ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดมันสำปะหลังมาออกแบบ ซึ่งความกว้างของห้องสับมีขนาด 30± 1 เซนติเมตร สัมพันธ์กับความยาว และใช้ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ระบบควบคุมแบบ Star- Delta

จากการทดสอบ ในการสับให้เป็นแผน พบว่า หัวมันสำปะหลังจะมีเหง้ามันติดมาด้วย ซึ่งจากการสร้างต้นแบบที่ 1 ได้ใช้ใบมีดชนิดบางหนา 2 มิลลิเมตร มีความแข็ง 50- 55 Rockwell scale C จากการทดสอบพบว่าหัวมันสำปะหลังจากลานมันเส้นจะมีส่วนที่เป็นเหง้ามันติดมาจำนวนมากซึ่งเมื่อเหง้ามันสำปะหลังติดไปกับหัวมันสำปะหลังจะทำให้มีดเกิดความเสียหายได้หรือมีลักษณะบิดงอ ดังภาพที่ 14 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใบมีดใหม่ โดยใช้ใบมีที่มีดขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วัสดุเหล็กเกรด SKD11 ผ่านการชุบแข็ง 58-60 Rockwell scale C มุมใบมีด 30 องศา เป็นมุมตัดเฉือนและใบมีดมีความแข็งแรงมากขึ้นเมื่อพบเหง้ามันในการสับ ดังภาพที่ 15 โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบ 260 รอบต่อนาที (No load) ใช้พลังงานไฟฟ้า 12-15 แอมป์ ดังภาพที่ 16 จากการทดสอบการสับพบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนามากๆจะส่งผลต่อการแตกหักของชิ้นมันสำปะหลัง ทำให้ผู้วิจัยปรับปรุงใบมีดให้มีความบางมากขึ้นและความแข็งลดลงเนื่องจากมันสำปะหลังจะมีทรายและดินติดมากับหัวมันจะส่งผลต่อการใช้มีดที่มีความแข็งสูง จะส่งผลต่อการแตกของใบมีดได้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและเลือกวัสดุในการทำใบมีดใหม่โดยใช้เหล็กทนสึกสำหรับเครื่องจักรการเกษตร ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ทั้งร้อนและเย็นได้ และมีความแข็งประมาณ 55 HRC (ชนิดเดียวกับวัสดุทำผานไถ) ดังภาพที่ 17 ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และในกระบวนการต่อไปคือการพัฒนาสับให้เป็นลักษณะเส้นเส้นก่อนที่จะสับเป็นลูกเต๋าโดยเพิ่มใบมีดสับให้เป็นเส้น ดังภาพที่ 18 พบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนาจะทำให้การสับเกิดการสูญเสียสูงและเกิดการติดที่ใบมีดทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบมีดที่มีลักษณะบางและมีความคมมากขึ้นแต่ความแข็งลดลง เนื่องจากอุปสรรคข้างต้นที่กล่าวมาจากปัจจัยการมีเหง้ามันติดมากับหัวมันสำปะหลังจะไม่ส่งผลต่อชุดใบมีดชุดนี้เนื่องจากหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการสับจากใบมีดชุดที่หนึ่งจะมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร ขึ้นกับขนาดของหัวมันสำปะหลัง โดยใบมีดจำเป็นต้องประกอบด้วยเขียงและชุดใบกันชิ้นมันติดในร่องมีดดังภาพที่ 19 โดยใบมีดสับใช้ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที โดยผลการทดสอบสมรรถนะแสดงดังตารางที่ 4

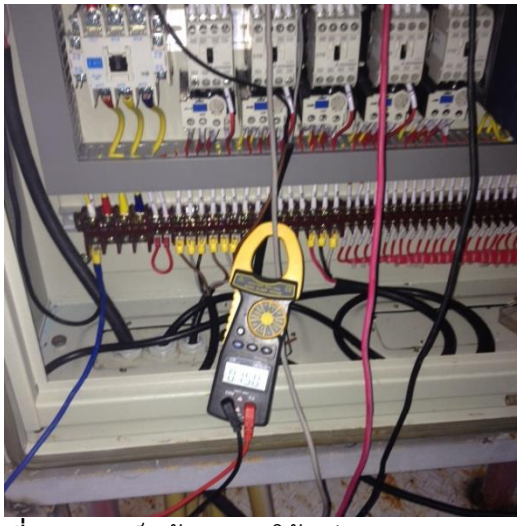
แบบทางวิศวกรรมและการดำเนินการสร้างต้นแบบ



ภาพที่ 13 การออกแบบทางวิศวกรรม

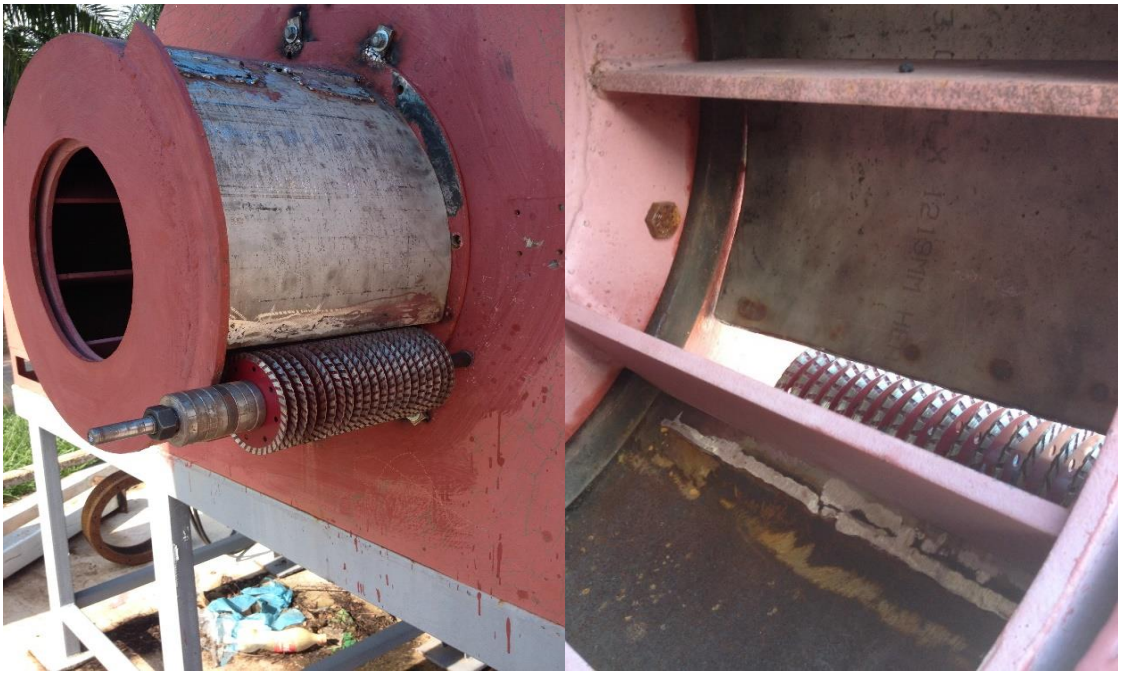
ภาพที่ 14 ลักษณะใบมีดที่เกิดจากการเสียหายจากเหง้ามันสำปะหลังที่ติดมากับหัวมัน

ภาพที่ 15 ลักษณะใบมีดสับมันสำปะหลังที่นำมาเปลี่ยนเพื่อการทดสอบ



ภาพที่ 16 การเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน**แบบ** No-load

ภาพที่ 17 ใบมีดที่ทำการปรับปรุงและทดสอบสับมันเส้นเป็นแบบแผ่น



ภาพที่ 18 ชุดใบมีดสับมันสำปะหลังที่ทำให้เป็นเส้น

ภาพที่ 19 ชุดใบมีด เขียงและใบกันชิ้นมันติดใบมีด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 1450 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (ก.ก./ช.ม.)	*ประสิทธิภาพ %
1	200	15.30	774	87.59
2	200	16.00	750	81.93
3	200	14.00	857	76.80
4	200	14.50	809	80.69
เฉลี่ย	200	15.05	797	81.75

หมายเหตุ : หัวมันสำปะหลังชนิดรวมทุกขนาดจากลานมันสำปะหลังจากจังหวัดขอนแก่น

*ประสิทธิภาพการเป็นชิ้นสำหรับการอบแห้งประเมินจากมันหลังการอบแห้ง

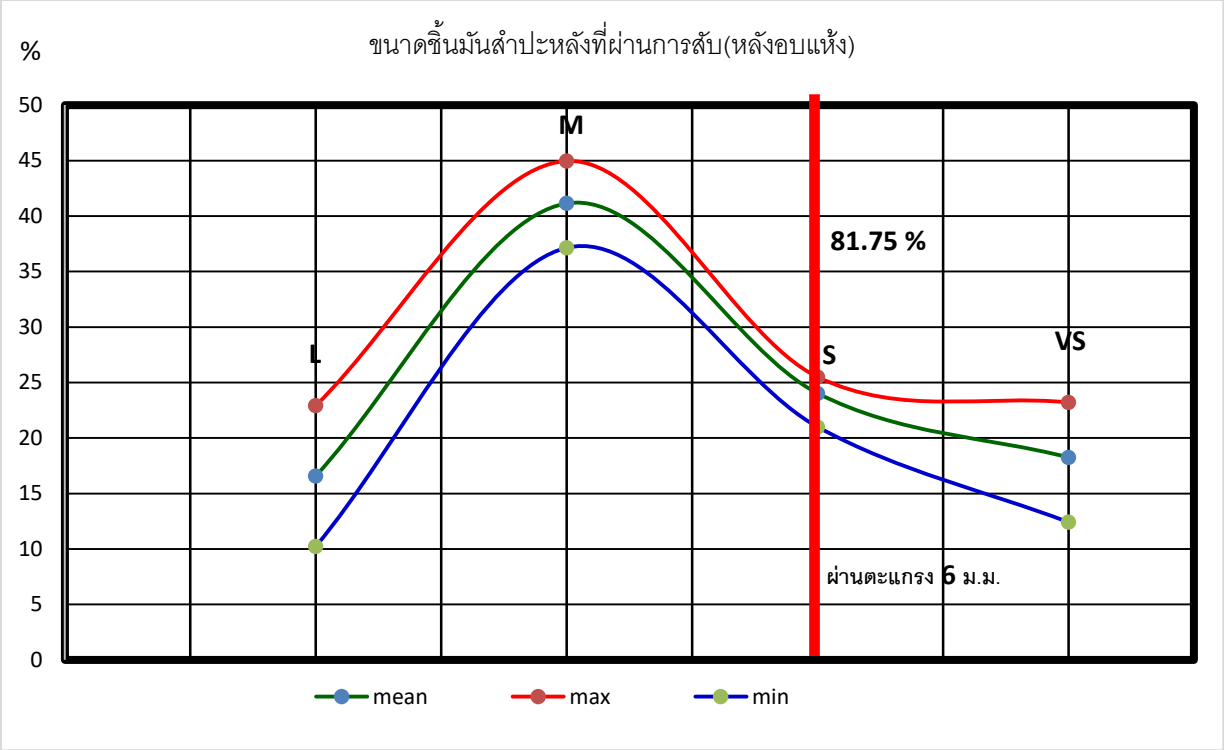
จากการทดสอบการสับพบว่าสมรรถนะในการสับยังต่ำเนื่องจากชุดใบมีสับเล็กยังสับได้ช้าและการป้อนในการทดสอบยังต่ำ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและเพิ่มความเร็วรอบเป็น 2175 รอบต่อนาที พบว่าสมรรถนะสูงขึ้นดังตารางที่ 5 โดยไม่ส่งผลต่อขนาดชิ้นมัน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 2175 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (ก.ก./ช.ม.)
1	300	10.30	1714
2	300	8.00	2250
3	300	9.00	2000
4	300	10.00	1800
เฉลี่ย	300	9.11	1941

ภาพที่ 20 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ ขนาด 1x1 ซม

ภาพที่ 21 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ



(ก) ก่อนอบแห้ง (ข) หลังอบแห้ง

ภาพที่ 22 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ(ก) ก่อนอบแห้งและ (ข) หลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 23 เครื่องต้นแบบสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

กำหนดให้ราคามอเตอร์ต้นกำลังขนาด 30 แรงม้า(22 กิโลวัตต์) เท่ากับ 30,000 บาท เครื่องสับมันสำปะหลังราคา 120,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 150,000 บาท โดยใช้งาน 10 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

ราคามอเตอร์, P	= 30,000	บาท
ราคาซาก, S	= 30 %ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, N	= 10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	= 7.5	เปอร์เซ็นต์/ปี
ค่าไฟฟ้า	= 4.20 (ก.พ.2559)	บาท/หน่วย
อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าสูงสุด	= 92.4	บาท/ชั่วโมง
	= 47.6	บาท/ตัน

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสับมันสำปะหลัง

ราคา, P_1	120,000	บาท
ราคาซาก, S_1	10%ของ P_1	บาท
อายุการใช้งาน, N_1	10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i_1	7.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	0.5% ของ P_1/100ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	1.94	ตัน/ชั่วโมง
จำนวนการทำงานต่อปี	A	ตัน

การคำนวณต้นทุนต่อปีของมอเตอร์

ราคามอเตอร์	30,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	2,100.0	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	1,462.5	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	3,562.5	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าไฟฟ้า	92.40	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษามอเตอร์และตู้ควบคุม	2.00	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปรของมอเตอร์	94.40	บาท/ชั่วโมง
	48.66	บาท/ตัน

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องสับมันสำปะหลัง

ราคา, P	120,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	12,000.00	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	4,950.00	บาท/ปี
ค่าต้นทุนคงที่ของเครื่องสับมันสำปะหลัง	16,950.00	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษา วัสดุสิ้นเปลือง เครื่องสับมันสำปะหลัง	5.00	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	5.00	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	1.94	ตัน/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	2.58	บาท/ตัน

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องสับมันสำปะหลัง
สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องสับมันสำปะหลัง, บาท/ตัน = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= (52575/A)+(48.66+2.58) (1)

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องสับมันสำปะหลัง สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องสับมันสำปะหลัง ในสมการที่ (1) เท่ากับราคารับจ้างสับมันสำปะหลัง ในปัจจุบันเท่ากับ 200 บาท/ตัน

ต้นทุนในการใช้งานเครื่องสับมันสำปะหลัง = ค่ารับจ้างสับมันสำปะหลัง

(52575/A)+51.24 = 200

A = 353.42 ตัน/ปี

ซึ่งถ้านำเครื่องสับมันสำปะหลังไปทำงานในแต่ปีสามารถผลิตมันเส้นได้

= 300 วัน x 6 ชั่วโมง x 1.94 ตัน/ชั่วโมง

= 3,492 ตันต่อปี

หรือ สามารถพิจารณาใช้ในพื้นที่เกษตรกร เมื่อผลผลิตเฉลี่ย 3.846 ตันต่อไร่ (ข้อมูลมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย 57/58) = 908 ไร่

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับผลิตมันเส้นสะอาด โดยการพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้ชิ้นมันสำปะหลังมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง นั้นสามารถลดเวลาเรื่องของการอบแห้งได้ และชิ้นขนาด 1x1 ซม มีความเหมาะสมต่อการนำไปอบที่อุณหภูมิสูงและไม่ส่งผลต่อการเกิดเจล เนื่องจากพื้นที่ที่สัมผัสลมร้อนมีมากทำให้การระบายความชื้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสอม โดยเครื่องสับที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันสำปะหลังได้ในอัตรา 1.94 ตันต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพของขนาดที่ต้องการ 81.75 % ที่เหลือจะเป็นขนาดชิ้นเล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ในสภาวะหลังการอบแห้ง ซึ่งถ้านำไปอบแห้งในส่วนนี้จะแห้งเร็วกว่าปกติ และสามารถจัดเก็บได้ ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียจากการตาก ซึ่งจากการศึกษาสมรรถนะเครื่องยังมีความสามารถต่ำและยังใช้พลังงานไม่เต็มที่ เนื่องจากห้องสับที่มีขนาดเล็กเกินไปในการรับอัตราการป้อนที่สูงทำให้มีขีดจำกัดเรื่องการป้อน และชุดใบมีดสับเป็นเส้นสามารถพัฒนาและเพิ่มขนาดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพิ่มเพิ่มประสิทธิภาพของการสับได้

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ได้ต้นแบบเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋าสามารถนำไปเป็นเครื่องจักรในการแปรรูปมันเส้นสะอาดเพื่อการส่งออกได้ โดยต้นแบบจะต้องมีการพัฒนาให้เป็นโรงงานขนาดเล็กสำหรับชุมชนหรือกลุ่มสหกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแปรรูปผลิตทางการเกษตร

12. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาโครงการวิจัยนี้ และสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น และหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร ขอขอบคุณ ช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

13. เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนกันยายน 2547. แหล่งที่มา : http://www.dft.moc.go.th/the_files/$$8/level4/tapp1.htm ตุลาคม 2547

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548. มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา : http://www.thaifta.com/ascn_potato1.doc มีนาคม 2548.

กรมวิชาการเกษตร. 2528. มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.หน้า 132-133

ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2548. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยกสำหรับผลิตชิ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

ดนัย ศุภาหาร. 2537. พฤษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า 14-30

ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง มอก.52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลังอัดเม็ดแข็ง. มอก.330-2523.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน. 2546. ประวัติและการแพร่กระจายมันสำปะหลัง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หน้า 4-30

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา

เรืองเกียรติ ศุภาดารัตนาวงศ์. 2547. เครื่องย่อยวัสดุเกษตร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

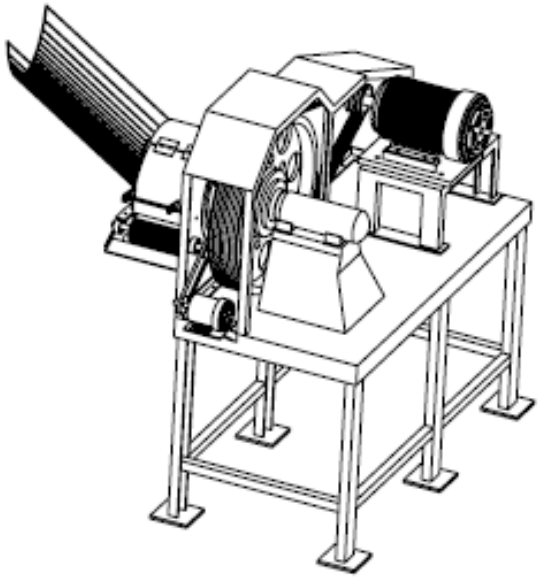
วิจิตรา หงษ์ศิริ. 2549. การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meiying food machinery co.,ltd. 2012. CHD100 vegetable dicer machine. Source : http://www.seekpart.com/company/97204/products/2012528171446123502.html July 7, 2012

Thanh, N.C., S. Muttamara, B.N. Lohani , B.V.P.C. Raoand and S.Burintaratikul 1979. Optimization of drying and pelleting techniques for tapioca roots. Environmental Engineering division Asian Institute of technology Thailand.

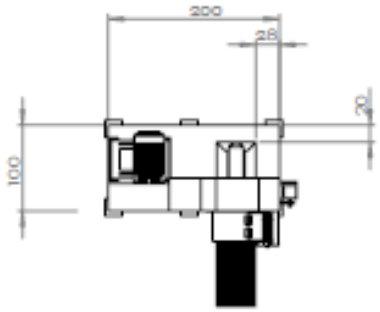
Visvanathan, R., V.V. Sreenarayanan, and K.R. Swaminathan 1996. Effect of knife angle and velocity on the energy required to cut cassava tubers. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 64, p. 99-102.

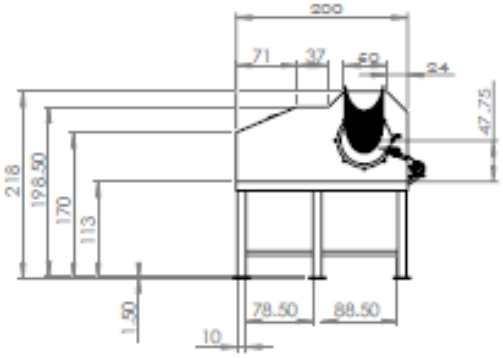
ภาคผนวก
แบบทางวิศวกรรม

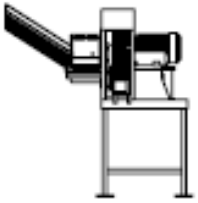


เครื่องสับมันเส้น

A3

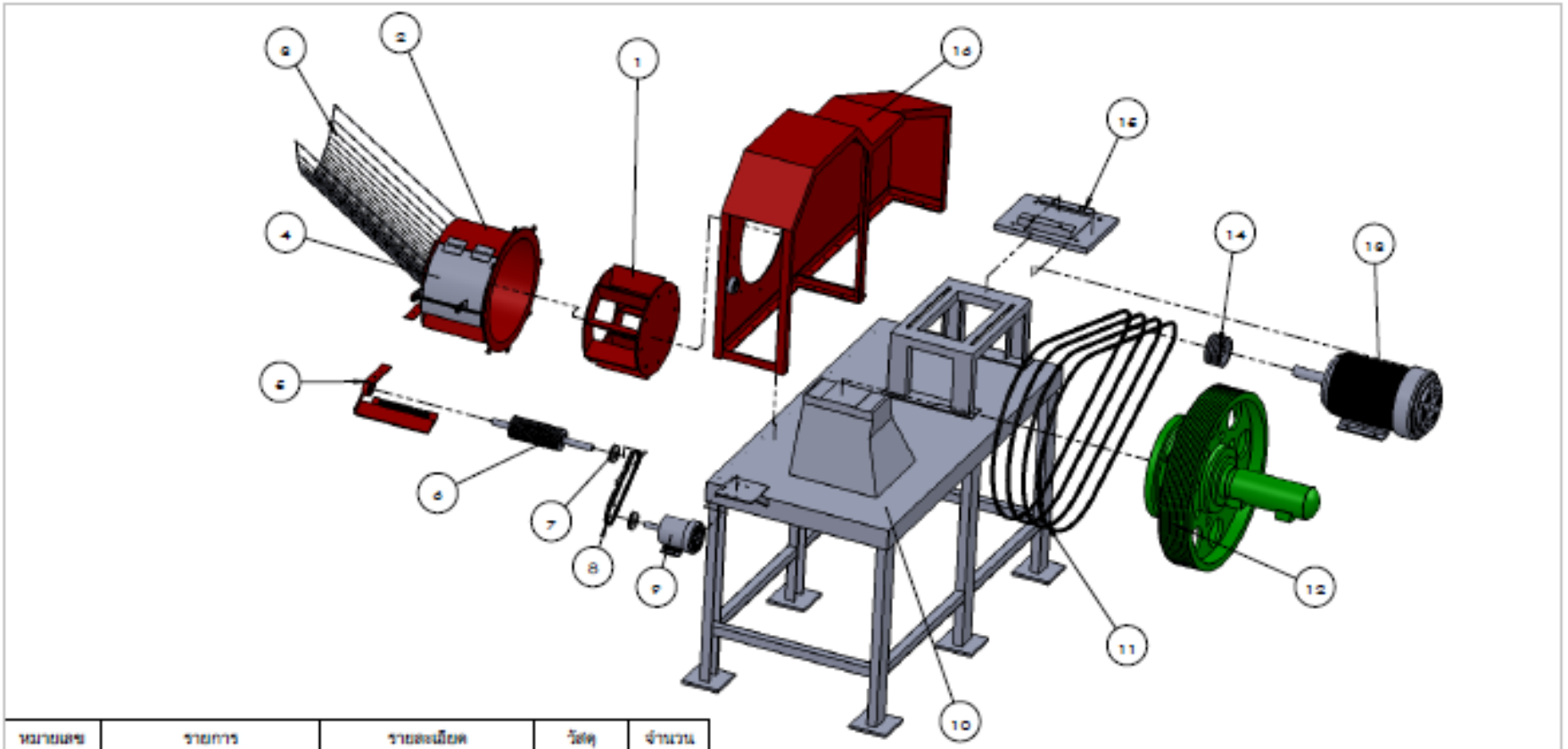






เครื่องสับมันเส้น

A3



หมายเลข	รายการ	รายละเอียด	วัสดุ	จำนวน
1	โบพา			1
2	ฝาครอบ			1
3	คอแกรงน่าส่ง			1
4	ประตู			1
5	โครงรับเพลาใบมีด			1
6	ใบมีด			28
7	มูเล่ Ø 3 นิ้ว			1
8	สายพานร่อง B-35			1
9	มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า			1
10	โต๊ะ			1
11	สายพานร่อง B-153			4
12	มูเล่ Ø 36 นิ้ว			1
13	มอเตอร์ไฟฟ้า 30 แรงม้า			1
14	มูเล่ Ø 6 นิ้ว 4 ร่อง			1
15	แผ่นรองมอเตอร์			1
16	ฝาครอบเครื่อง			1

เครื่องสับมันเส้น

A3