รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

Research and Development of Machinery for Cassava Chip Drying

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล

Mr. Nitat Tangpinijkul

พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น

Research and Development of Machinery for Cassava Chip Drying

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล

Mr. Nitat Tangpinijkul

พ.ศ. 2558

คำปรารภ

โครงการวิจัยเรื่อง วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2558 ระยะเวลา 2 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิจัยในการแก้ปัญหาและสร้างวิธีการผลิตมันสำปะหลังเส้น ซึ่งได้แก่การสับและลดความชื้นมันเส้น โดยโครงการนี้แบ่งงานวิจัยเป็น 2 กิจกรรมการทดลอง คือ 1)วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า 2)วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน ทั้งนี้คาดหวังว่าจะได้เครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้นที่เหมาะสมทั้งขนาดชิ้นมันเส้นและการอบลดความชื้นในช่วงฤดูฝนซึ่งไม่สามารถตากลานได้ ซึ่งขนาดของเครื่องมือจะเน้นรองรับในระดับชุมชนเพื่อทำมันเส้นสะอาดรวบรวมไปส่งผู้ค้ามันเส้นทั้งในและต่างประเทศเพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตมันเส้นได้ในช่วงฤดูฝนเนื้อหาทั้งหมดในรายงานเล่มนี้จะกล่าวถึงความสำคัญที่มาของการทำวิจัย งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการ ผลการวิจัย ตลอดจนการอภิปรายผล และบทสรุปพร้อมข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานเล่มนี้จะมีประโยชน์แก่ นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจโดยทั่วไป ที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

(นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล)

หัวหน้าโครงการวิจัย

มีนาคม 2559

สารบัญ **หน้า**

กิตติกรรมประกาศ	4
ผู้วิจัย	4
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	5
บทนำโครงการ	6
บทคัดย่อโครงการ	7
บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า.................	10
บทคัดย่อ	11
บทนำ	12
การทบทวนวรรณกรรม	12
ระเบียบวิธีการวิจัย	15
ผลการวิจัยและอภิปรายผล	17
สรุปผล	25
บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน......	26
บทคัดย่อ	27
บทนำ	28
การทบทวนวรรณกรรม	28
ระเบียบวิธีการวิจัย	32
ผลการวิจัยและอภิปรายผล	33
สรุปผล	41
บทสรุปโครงการและข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	41
ผนวก ก แสดงการคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	46
ผนวก ข แบบทางวิศวกรรม	56

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เริ่มดำเนินการจนได้ผลการวิจัยพอสมควรโดยได้รับการสนับสนุนจากทีมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยด้วยกันได้แก่ เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบ ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยผ่านกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่มิได้เอ่ยนามไว้ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย

นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล พินิจ จิรัคคกุล เวียง อากรชี

Mr. Nitat Tangpinijkul Pinij Jirukakul Weang Arekornchee

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ วิชัย โอภานกุล มงคล ตุ่นเฮ้า

Anuchit Chamsing Wichai Ophanukul MongkolToonhouse

อนุชา เชาวโชติ สิทธิชัย ดาศรี ธนกฤต โยธาทูล อุทัย ธานี

Anucha Chaochote Sithichai Dasri Thanakrit Yothatool Uthai Thanee

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

m / s	=	เมตร / วินาที
cm	=	เซนติเมตร
m	=	เมตร
kg	=	กิโลกรัม
% w.b.	=	percent wet basis (% มาตรฐานเปียก)
^{o}C	=	องศาเซลเซียส
hp	=	แรงม้า
kw	=	กิโลวัตต์
kg	=	กิโลกรัม
kg/hr	=	กิโลกรัม/ชั่วโมง
rpm	=	รอบ/นาที

บทนำโครงการ

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 ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องทำการเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด ทำให้ราคาของมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่มีราคาถูกลงเพราะเมื่อรับซื้อแล้วจำเป็นต้องส่งไปแปรรูปในอุตสาหกรรมแป้งซึ่งมีขีดจำกัดของการผลิต ทำให้การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง จัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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

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

การพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเส้นปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ในอุตสาหกรรมการผลิตมันเส้นมีการใช้เฉพาะเครื่องจักรที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องสับมันเส้น อุปกรณ์เกลี่ยมัน รถแทรกเตอร์หรือรถตัก และลานตาก ซึ่งทำให้การผลิตมันเส้นไม่เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในการวิจัยนี้จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันเส้นสะอาดด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปโดยการสับชิ้นมันใหตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและอบแห้งให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตมันเส้น โดยทำการพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(รูปสมมาตร) และการอบแห้งแบบโรตารี่ซึ่งเป็นเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ยังมีปัญหาในระบบการแปรรูปมันเส้นทั้งในระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาปัจจัยการสับและลดความชื้นมันเส้น
2) เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องสับและเครื่องอบแห้งเพื่อพัฒนาการผลิตมันเส้นขนาดระดับชุมชน
3) เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตมันเส้นได้ในช่วงฤดูฝน

บทคัดย่อโครงการ

โครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โครงการ คือ 1) การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า และ 2)วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน

1) การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า เพื่อพัฒนาต่อยอดการผลิตมันเส้นสะอาด จากกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งมันเส้นประสบปัญหาของเรื่องขนาดชิ้นมันที่นำไปอบแห้งไม่มีความ สม่ำเสมอ ส่งผลต่อการอบแห้ง เช่น เวลาที่ใช้การเกิดเจลในชิ้นมันที่มีความหนามากๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า พบว่า สามารถสับหัวมันสำปะหลังให้มีลักษณะ สมมาตรได้ที่หน้าตัดชิ้นมันขนาด 1x1 ซม และความยาว 2-5 ซม ในสมรรถนะ 1.94 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 22 กิโลวัตต์ (30 แรงม้า) มีประสิทธิภาพในการสับได้ขนาดชิ้นมันที่เหมาะสม 81.75 % (หลัง การอบแห้ง) และสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่ 907 ไร่ต่อปี

2) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นมันเส้น ที่ออกแบบมีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งที่มีการวางท่อลมกระจายความร้อนการอบแห้งดี ขับเคลื่อนการหมุนถังอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ 2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5

กิโลวัตต์ 3) แหล่งความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ผลการทดสอบอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 12 ชั่วโมง ที่ความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62 % ลดลงเหลือ 13% อัตราการใช้แก๊ส 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้มันเส้นอบแห้ง 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนมันเส้นสดต่อมันเส้นอบแห้ง 2.29:1

Abstract

This research project had 2 topic was 1) research and Development of a Cassava Dicer machine and 2) research and development of a cassava chip rotary dryer for farmer scale.

1) 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.

2) The objective of this study is to design and develop a rotary dryer to dehydrate cassava chip. Dryer capacity was designed 7,000 kg/batch. A dryer composes of 3 main parts; 1) A dryer's drum was hot air duct installed for a good hot air distribution and was rotated by 5 kw electric motor. 2) A centrifugal fan powered by 3.5 kw electric motor. 3) A LPG burner set was designed for drying heat source. Results of fresh cassava chip drying 7,000 kg at 70 degree Celsius of hot air was drying time was 12 hours started at 62% moisture content of cassava chip reduced to 13%. The LPG consumption rate was 5 kg/hr. Weight of dried cassava chip was 3,057 kg. The proportion of fresh cassava chip per dried cassava chip was 2.29:1.

บทที่ 1

วิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

Research and Development of a Cassava Dicer Machine

นายพินิจ จิรัคคกุล นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล วิชัย โอภานกุล

Pinij Jirukakul Mr. Nitat Tangpinijkul Wichai Ophanukul

มงคล ตุ่นเฮ้า อนุชิต ฉ่ำสิงห์ อนุชา เชาวโชติ สิทธิชัย ดาศรี

Mongkol Toonhouse Anuchit Chamsing Anucha Chaochote Sithichai Dasri

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, มันเส้น, เครื่องสับมันสำปะหลัง และเครื่องสับเต๋า

Keywords: Cassava , Cassava chip, Cassava tubers chipper and Dicer Chipper

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า เพื่อพัฒนาต่อยอดการผลิตมันเส้นสะอาด จากกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งมันเส้นประสบปัญหาของเรื่องขนาดชิ้นมันที่นำไปอบแห้งไม่มีความ สม่ำเสมอ ส่งผลต่อการอบแห้ง เช่น เวลาที่ใช้การเกิดเจลในชิ้นมันที่มีความหนามากๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจากการวิจัยและพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า พบว่า สามารถสับหัวมันสำปะหลังให้มีลักษณะ สมมาตรได้ที่หน้าตัดชิ้นมันขนาด 1x1 ซม และความยาว 2-5 ซม ในสมรรถนะ 1.94 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 22 กิโลวัตต์ (30 แรงม้า) มีประสิทธิภาพในการสับได้ขนาดชิ้นมันที่เหมาะสม 81.75 % (หลัง การอบแห้ง) และสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่ 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.

บทนำ

การสับหรือการโม่หัวมันให้เป็นชิ้นๆแล้วนำไปตากแห้ง เป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำมันเส้น ซึ่งปัญหาจากการสับมันสำปะหลังที่มีขนาดแตกต่างกันมากๆ จะส่งผลให้การตากแห้งหรือทำให้แห้งใช้เวลาต่างกันมากด้วย โดยมันชิ้นเล็กบางจะแห้งเร็วกว่ามันชิ้นใหญ่หนา ถ้าตากมันชิ้นใหญ่ไม่แห้งจะทำให้เกิดเชื้อรา แบคทีเรีย เน่าเสียทั้งกองที่เก็บมันเส้นไว้ แต่ถ้าเน้นทำแห้งมันชิ้นใหญ่จนแห้งสนิทดีจะทำให้มันชิ้นเล็กแห้งเกินไปส่งผลให้น้ำหนักมันแห้งหายไปขายได้น้ำหนักรวมน้อยขาดทุนหรือได้กำไรน้อยไป จากปัญหาอันเกิดจากการสับชิ้นมันเส้นที่มีขนาดแตกต่างกันมากนี้ สามารถแก้ปัญหาได้โดยการสับมันให้มีขนาดใกล้เคียงกันและเหมาะสมต่อการทำแห้งต่อไป การพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(รูปสมมาตร) จะเป็นงานวิจัยเครื่องสับมันที่สามารถควบคุมขนาด รูปทรง ของชิ้นมันได้ตามที่ต้องการจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการแก้ปัญหาการสับมันเส้นดังที่กล่าวมาแล้ว

การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบต่างๆที่ทั้งที่มีจำหน่ายและที่มีการทำวิจัย พบว่าลานผลิตมัน เส้นส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสับมันแบบจานหมุน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจานหั่น 36 – 40 นิ้ว ความเร็วรอบจานสับ ที่ 291 รอบต่อนาที ซึ่งเครื่องสับหัวมันสดขนาดเล็กความสามารถในการสับชั่วโมงละ 3-5 ตัน ขนาดกลางชั่วโมง ละ 20-30 ตัน และขนาดใหญ่ชั่วโมงละ 40-60 ตัน และนำไปตากแดด 2-3 วันจนแห้ง

รูปที่ 1.1 เครื่องโม่มันเส้นขนาดใหญ่และขนาดกลาง
ที่มา : ดนัย (2537)

รูปที่ 1.2 ลักษณะจานหมุนและชิ้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับ

รูปที่ 1.3 เครื่องสับมันสำปะหลังแนวตั้งและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง
ที่มา: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.2551

รูปที่ 1.4 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับ

รูปที่ 1.5 เครื่องสับมันเส้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์พัฒนาขึ้นและลักษณะชิ้นมันที่ผ่านการสับ

วิจิตรา, 2549 ได้ศึกษาเครื่องตัดแบบใบมีดหมุนในแนวตั้งฉากกับแนวแกน ที่ระยะห่างระหว่างใบมีด 3 ระยะ คือ 1.5, 1.8 และ 2.0 เซนติเมตร และกำหนดความเร็วรอบเพลาใบมีด 413-651 รอบ/นาทีพบว่า ทอร์กที่ เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเร็วรอบเพลาใบมีดและลดลงตามความเร็วรอบเพลาใบมีดที่เพิ่มขึ้น ทอร์กที่เกิดขึ้นในการตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 15.33-16.47 นิวตัน-เมตร และ 4.93-6.51 นิวตัน-เมตร ชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการเมื่อตัดหัวมันขนาดใหญ่และหัวมันขนาดเล็กมี ปริมาณมากที่สุดและน้อยที่สุดยู่ในช่วง 85.52-89.55% และ 79.92-87.92% และชิ้นมันที่มีขนาดที่ต้องการมี ปริมาณมากขึ้นตามระยะห่างระหว่างใบมีดที่เพิ่มขึ้น เศษชิ้นมันและการสูญเสียมีปริมาณมากที่สุดอยในช่วง 3.19-4.89% และ 0.85-1.63%

รูปที่ 1.6 เครื่องสับมันเส้นเล็กที่มีจำหน่าย

ระเบียบวิธีการวิจัย

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) ประกอบด้วยจำนวน 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

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 เช่น ขนาด กว้าง ยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และภาพร่าง

ตารางที่ 1.1 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 1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 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
D2/1	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 1.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

Duncan

	N	Subset			
VAR00001		1	2	3	4
D3/2	30	46.7033			
D3/1	30	48.3300			
D2/2	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.

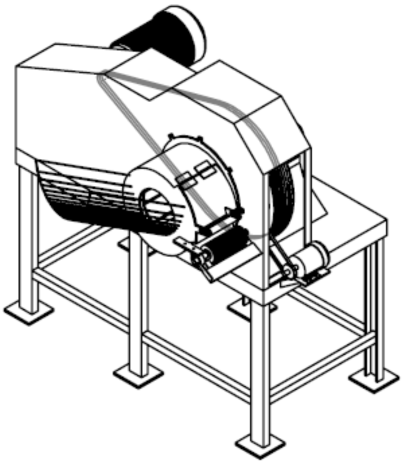
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

โดยจากการศึกษาพบว่าความยาวเฉลี่ย 296.2 มิลลิเมตร และฏ้าหนักต่อหัว 871.4 กรัม ซึ่งจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่า ลักษณะภาพร่างของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีลักษณะ Conicalcylindrical จากสมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษาขั้นต้นจะไปออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสมกับลักษณะของ หัวมันสำปะหลัง

การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องสับมันเส้นแบบลูกเต๋า

จากการออกแบบต้นแบบเครื่องสับมันแบบลูกเต๋า ดังรูปที่ 1.13 ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดมัน สำปะหลังมาออกแบบ ซึ่งความกว้างของห้องสับมีขนาด 30± 1 เซนติเมตร สัมพันธ์กับความยาว และใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ระบบควบคุมแบบ Star- Delta
จากการทดสอบ ในการสับให้เป็นแผ่น พบว่า หัวมันสำปะหลังจะมีเหง้ามันติดมาด้วย ซึ่งจากการสร้างต้นแบบที่ 1 ได้ใช้ใบมีดชนิดบางหนา 2 มิลลิเมตร มีความแข็ง 50- 55 Rockwell scale C จากการทดสอบพบว่า หัวมันสำปะหลังจากลานมันเส้นจะมีส่วนที่เป็นเหง้ามันติดมาจำนวนมากซึ่งเมื่อเหง้ามันสำปะหลังติดไปกับหัวมัน สำปะหลังจะทำให้มีดเกิดความเสียหายได้หรือมีลักษณะบิดงอ ดังรูปที่ 1.14 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใบมีดใหม่ โดยใช้ ใบมีที่มีดขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วัสดุเหล็กเกรด SKD11 ผ่านการชุบแข็ง 58-60 Rockwell scale C มุมใบมีด 30 องศา เป็นมุมตัดเฉือนและใบมีดมีความแข็งแรงมากขึ้นเมื่อพบเหง้ามันในการสับ ดังรูปที่ 1.15 โดยการทดสอบที่ ความเร็วรอบ 260 รอบต่อนาที (No load) ใช้พลังงานไฟฟ้า 12-15 แอมป์ ดังรูปที่ 1.16 จากการทดสอบการสับ พบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนามากๆจะสงผลต่อการแตกหักของชิ้นมันสำปะหลัง ทำให้ผู้วิจัยปรับปรุงใบมีดให้มี ความบางมากขึ้นและความแข็งลดลงเนื่องจากมันสำปะหลังจะมีทรายและดินติดมากับหัวมันจะส่งผลต่อ
การใช้มีด ที่มีความแข็งสูง จะส่งผลต่อการแตกของใบมีดได้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและเลือกวัสดุในการทำใบมีดใหม่โดยใช้เหล็กทนสึกสำหรับเครื่องจักรการเกษตร ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ทั้งร้อนและเย็นได้และมีความแข็งประมาณ 55 HRC (ชนิดเดียวกับวัสดุทำผาลไถ) ดังรูปที่ 1.17 ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และในกระบวนการต่อไปคือการพัฒนาสับให้เป็นลักษณะเส้นเส้นก่อนที่จะสับเป็นลูกเต๋า โดยเพิ่มใบมีดสับให้เป็นเส้น ดังรูปที่ 1.18 พบว่า การใช้ใบมีดที่มีความหนาจะทำให้การสับเกิดการสูญเสียสูง และเกิดการติดที่ใบมีด ทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบมีดที่มีลักษณะบาง และมีความคมมากขึ้นแต่ความแข็งลดลง เนื่องจากอุปสรรคข้างต้นที่กล่าวมาจาก ปัจจัยการมีเหง้ามันติดมากับหัวมันสำปะหลังจะไม่ส่งผลต่อชุดใบมีดชุดนี้ เนื่องจากหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการสับจากใบมีดชุดที่หนึ่งจะมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร ขึ้นกับขนาดของหัวมันสำปะหลัง โดยใบมีดจำเป็นต้องประกอบด้วยเขียง และชุดใบกันชิ้นมันติดในร่องมีดดังรูปที่ 1.19 โดยใบมีดสับใช้ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที โดยผลการทดสอบสมรรถนะแสดงดังตารางที่ 1.4



รูปที่ 1.7 การออกแบบทางวิศวกรรม

รูปที่ 1.8 ลักษณะใบมีดที่เกดจากการเสียหายจากเหง้ามันสำปะหลังที่ติดมากับหัวมัน

รูปที่ 1.9 ลักษณะใบมีดสับมันสำปะหลังที่นำมาเปลี่ยนเพื่อการทดสอบ

รูปที่ 1.10 ใบมีดที่ทำการปรับปรุงและทดสอบสับมันเส้นเป็นแบบแผ่น

รูปที่ 1.11 ชุดใบมีดสับมันสำปะหลังที่ทำให้เป็นเส้น

รูปที่ 1.12 ชุดใบมีด เขียงและใบกันชิ้นมันติดใบมีด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 1450 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก.)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (กก./ชม.)	*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

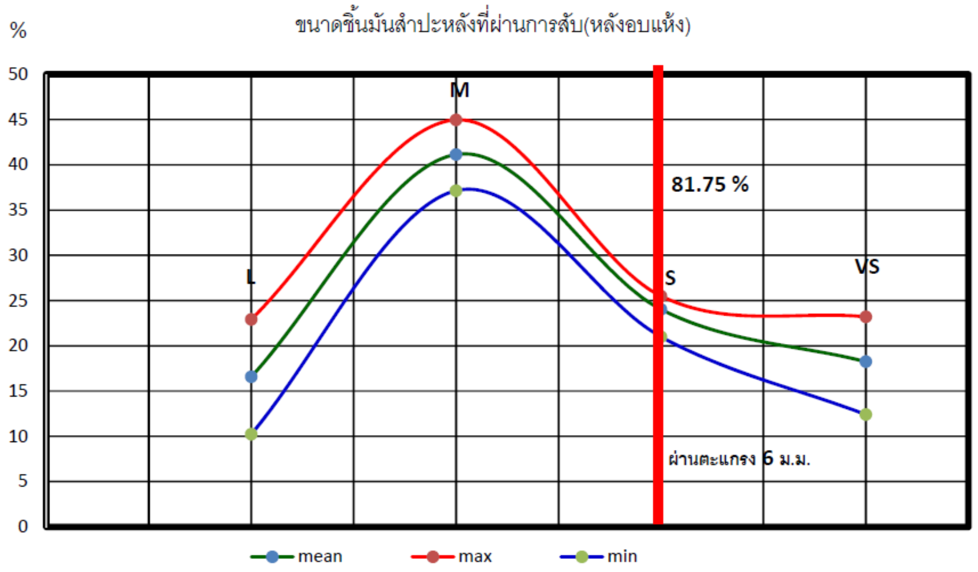
จากการทดสอบการสับ พบว่าสมรรถนะในการสับยังต่ำเนื่องจากชุดใบมีสับเล็กยังสับได้ช้า และการป้อนในการทดสอบยังต่ำ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและเพิ่มความเร็วรอบเป็น 2,175 รอบต่อนาทีพบว่าสมรรถนะสูงขึ้นดังตารางที่ 5 โดยไม่ส่งผลต่อขนาดชิ้นมัน

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบสับที่ความเร็วรอบใบสับเล็ก 2,175 รอบต่อนาที

ลำดับ	น้ำหนัก (กก.)	เวลา (นาที)	สมรรถนะ (กก./ชม.)
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

รูปที่ 1.13 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ ขนาด 1x1 ซม.

รูปที่ 1.14 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ



(ก) ก่อนอบแห้ง (ข) หลังอบแห้ง

รูปที่ 1.15 ลักษณะชิ้นที่ต้องการที่ผ่านการสับ

(ก) ก่อนอบแห้งและ (ข) หลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

รูปที่ 1.16 เครื่องต้นแบบสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

สรุปผล

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับผลิตมันเส้นสะอาด โดยการพัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้ ชิ้นมันสำปะหลังมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง นั้นสามารถลดเวลาเรื่องของการอบแห้ง ได้ และชิ้นขนาด 1x1 ซม. มีความเหมาะสมต่อการนำไปอบที่อุณหภูมิสูงและไม่ส่งผลต่อการเกิดเจล เนื่องจาก พื้นที่ที่สัมผัสลมร้อนมีมากทำให้การระบายความชื้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ โดยเครื่องสับที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันสำปะหลังได้ในอัตรา 1.94 ตันต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพของขนาดที่ต้องการ 81.75 % ที่เหลือจะเป็นขนาดชิ้นเล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ในสภาวะหลังการอบแห้ง ซึ่งถ้านำไปอบแห้งในส่วนนี้จะแห้งเร็ว กว่าปกติ และสามารถจัดเก็บได้ ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียจากการตาก ซึ่งจากการศึกษาสมรรถนะเครื่องยังมี ความสามารถต่ำและยังใช้พลังงานไม่เต็มที่ เนื่องจากห้องสับที่มีขนาดเล็กเกินไปในการรับอัตราการป้อนที่สูงทำให้มีขีดจำกัดเรื่องการป้อน และชุดใบมีดสับเป็นเส้นสามารถพัฒนาและเพิ่มขนาดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสับได้

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ได้ต้นแบบเครื่องสับมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋าสามารถนำไปเป็นเครื่องจักรในการแปรรูปมันเส้นสะอาดเพื่อการส่งออกได้ โดยต้นแบบจะต้องมีการพัฒนาให้เป็นโรงงานขนาดเล็กสำหรับชุมชนหรือกลุ่ม สหกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแปรรูปผลิตทางการเกษตร

บทที่ 2
วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน
Research and Development of a Cassava Chip Rotary Dryer for Farmer Scale

เวียง อากรชี นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์
Weang Arekornchee Nitat Tangpinijkul Anuchit Chamsing
ธนกฤต โยธาทูล อุทัย ธานี
Thanakrit Yothatool Uthai Thanee

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งแบบโรตารี มันเส้น ระดับชุมชน

Keywords: Rotary Dryer Cassava Chip Farmer Scale

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นมันเส้น ที่ออกแบบมีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งที่มีการวางท่อลมกระจายความร้อนการอบแห้งดี ขับเคลื่อนการหมุนถังอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ 2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 กิโลวัตต์ 3) แหล่งความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ผลการทดสอบอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 12 ชั่วโมง ที่ความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62 % ลดลงเหลือ 13% อัตราการใช้แก๊ส 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้มันเส้นอบแห้ง 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนมันเส้นสดต่อมันเส้นอบแห้ง 2.29:1

Abstract

The objective of this study is to design and develop a rotary dryer to dehydrate cassava chip. Dryer capacity was designed 7,000 kg/batch. A dryer composes of 3 main parts; 1) A dryer’s drum was hot air duct installed for a good hot air distribution and was rotated by 5 kw electric motor. 2) A centrifugal fan powered by 3.5 kw electric motor. (3) A LPG burner set was designed for drying heat source. Results of fresh cassava chip drying 7,000 kg at 70 degree Celsius of hot air was drying time was 12 hours started at 62% moisture content of cassava chip reduced to 13%. The LPG consumption rate was 5 kg/hr. Weight of dried cassava chip was 3,057 kg. The proportion of fresh cassava chip per dried cassava chip was 2.29:1.

บทนำ

การผลิตมันเส้นโดยส่วนใหญ่จะใช้การตากลาน และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องทำการเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งเข้าโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเพื่อแปรรูปให้เร็วที่สุด โดยลานมันจะทำการโม่สับหัวมันเป็นมันเส้นและทำการตากลดความชื้น เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน โดยเฉพาะหัวมันที่หักจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลาย การเก็บรักษาในร่มมีแนวโน้มว่าหัวมันสำปะหลังจะเน่าเร็วกว่ากลางแจ้งเนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวฝนตกทำให้หัวมันเปียก ซึ่งจะส่งผลต่อราคาหัวมัดสดในพื้นที่ถูกลง การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารี่เพื่อใช้แก้ปัญหาการไม่สามารถตากมันเส้นได้ในช่วงที่ฝนตก เป็นการลดการเน่าเสียของมันเส้น

การทบทวนวรรณกรรม

กรมวิชาการเกษตร (2528) กล่าวว่าการตากมันเป็นวิธีการกำจัดความชื้นจากหัวมันสดด้วยการระเหย ประเทศไทยใช้วิธีตากมันเส้นกลางแจ้งด้วยแสงแดด โดยเริ่มตากในตอนเช้า โดยนำมันเส้นที่หั่นแล้วไปกองที่ลานตากมันซึ่งปกติลานทำด้วยซีเมนต์มีร่องน้ำระบายน้ำ แล้วเกลี่ยให้เสมอ และกลับมันเส้นทุกๆ 1-2 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ในกรณีที่มีการทำมันเส้นเป็นกิจการขนาดใหญ่มีลานกว้างอาจใช้รถแทรกเตอร์ในการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.2 เศษมันที่หัก และเป็นผงจะตกอยู่ในลานตาก เนื่องจากการตากด้วยแสงแดดจำเป็นต้องอาศัยดินฟ้าอากาศเป็นสำคัญ ระยะการตาก และคุณภาพมันเส้นจึงแตกต่างกันมาก ขนาด และความหนาของมันเส้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการตากแห้ง ในประเทศไทยการตากมันเส้นจำนวน 10 ตัน บนลานตากซีเมนต์ 1 ไร่ ในวันที่มีแดดจัด 3 วัน มันเส้นจะมีความชื้นสุดท้าย 18 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

รูปที่ 2.1 การตากมันเส้น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2528)

รูปที่ 2.2 การกลับมันเส้น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2528)

Olufayo and Ogunkunle (1996) ศึกษาการลดความชื้นมันเส้น โดยวิธีการตากแห้งในสภาพภูมิอากาศชื้นในประเทศไนจีเรียโดยบันทึกค่าความชื้นของตัวอย่างมันเส้นในห้องทดลอง ช่วงของแสงแดด อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ที่มีผลต่อการตากแห้งมันเส้น ผลที่ได้พบว่าไม่มีความแปรปรวนของตัวอย่างของมันเส้นที่มีปริมาณการตากมันเส้นโดยน้ำหนักต่อพื้นที่ที่เท่ากัน โดยความชื้นสมดุลของมันเส้นมีค่าประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) หลังจากตากมันเส้นเป็นเวลา 70 ชั่วโมงที่ได้รับแสงแดด อย่างไรก็ตามพบว่าความหนาของชั้นมันเส้นเป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อการตากแห้งมันเส้นตามธรรมชาติ

Best (1979) ศึกษาการตากแห้งมันโดยการตากบนลานคอนกรีต และการตากบนถาดเอียงที่ทำด้วยตะแกรง ปริมาณของมันที่ตากบนลานคอนกรีต 5-7 กิโลกรัม/ตารางเมตร และ 10-16 กิโลกรัม/ตารางเมตร บนถาดเอียง เวลาที่ใช้ในการตากแห้งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และปริมาณมัน

เส้นที่ตาก ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ การตากแห้งโดยใช้ถาดตะแกรงเอียงจะใช้เวลาน้อยกว่า และได้ประโยชน์ต่อการตากในช่วงที่มีลม ช่วงกลางคืนหรือแม้กระทั่งช่วงที่ไม่มีแรงงานคนหรือมีน้อย เพราะการตากบนถาดไม่ต้องกลับชิ้นมัน

Thanh et al. (1979) ศึกษาการลดระยะการตากแห้งของชิ้นมันสำปะหลังโดยศึกษาผลของตัวกลางที่ใช้ในการตากแห้ง ซึ่งเปรียบเทียบตัวกลางที่ใช้ตากมัน 2 ชนิด คือพื้นผิวคอนกรีตเรียบ (plain cement floor) และพื้นผิวที่มีสีดำ (black-topped floor) ผลการศึกษาพบว่า พื้นผิวที่มีสีดำจะลดระยะเวลาการตากแห้งชิ้นมันสำปะหลังได้มากกว่าพื้นผิวคอนกรีตเรียบ รวมทั้งผลของขนาดชิ้นมันสำปะหลังต่อการทำแห้ง โดยเปรียบเทียบขนาดที่มีการตัดแบบไม่แน่นอนหรือมีรูปร่างชิ้นมันไม่แน่นอน (irregular chip) และการตัดแบบแผ่นบาง (thin slice chip) พบว่าการตัดแบบแผ่นบางจะลดระยะเวลาการทำแห้งได้มากกว่าแบบรูปร่างไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังศึกษาผลของปริมาณมันสำปะหลังต่อพื้นที่ที่ใช้ตากแห้ง โดยเปรียบเทียบชิ้นมันสำปะหลังปริมาณ 4.38, 6.56 และ 8.75 กิโลกรัม/ตารางเมตร พบว่าเมื่อปริมาณมันสำปะหลังต่อพื้นที่ที่ใช้ตากแห้งมากขึ้นการใช้เวลาในการตากแห้งก็มากขึ้นตามไปด้วย

Touré and Kibangou-Nkembo (2004) ศึกษาการลดความชื้นมันสำปะหลัง กล้วย และมะม่วง โดยการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ ในช่วงอัตราการลดความชื้นคงที่ อัตราการลดความชื้นลดลงและการเปลี่ยนแปลงระหว่างสองช่วงดังกล่าว ผลการทดลองปรากฏว่าในช่วงอัตราการลดความชื้นคงที่พบว่ามันสำปะหลังมีอัตราการลดความชื้น 0.3344 kg/s และมีความชื้น 48.1 % (มาตรฐานปียก) ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระหว่างอัตราการลดความชื้นคงที่ และอัตราการลดความชื้นลดลง การลดความชื้นสำหรับมันสำปะหลังมีความชื้นเริ่มต้น 57.8 % (มาตรฐานเปียก) ความชื้นสุดท้าย 9.7 % (มาตรฐานปียก) ใช้เวลาลดความชื้น 15 ชั่วโมง

เวียงและคณะ (2552) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบกาแฟกะลาพันธุ์โรบัสต้า 2 ขนาดความจุ คือจุครั้งละ 400 กิโลกรัม และ 800 กิโลกรัม เป็นถังอบทรงกระบอกแปดเหลี่ยมมีท่อลมร้อนสำหรับเป่าอัดลมร้อนผ่านเมล็ดกาแฟอยู่ตรงกลางถัง ซึ่งการออกแบบถังอบเป็นรูปทรงเหลี่ยมช่วยให้สามารถสร้างถังอบที่แข็งแรง มีช่องระบายความชื้นได้ดี มีการกระจายลมร้อนทั่วถึง ติดตั้งระบบขับเคลื่อนการหมุนถังอบได้แข็งแรงทนทานมากขึ้น ผลการทดสอบการอบแห้งกาแฟกะลา อุณหภูมิที่ใช้อบเริ่มต้น 80 องศาเซลเซียส และปรับลดลงตามอุณหภูมิเมล็ดที่สูงขึ้นโดยอุณหภูมิเมล็ดไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งแต่ละครั้งประมาณ 16-18 ชั่วโมง ที่ความชื้นเมล็ดกาแฟเริ่มต้น 60 % ลดลงเหลือ 12% จากวิธีการอบแห้งแบบการเวียนลมร้อนบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ มีค่าประสิทธิภาพความร้อนประมาณ 80%

ปัจจุบันในต่างประเทศมีการใช้เครื่องอบแห้งหลายรูปแบบมาอบมันเส้น เช่น เครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ที่จำหน่ายในต่างประเทศ

ที่มา: http://www.alibaba.com

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูล งานวิจัย เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น ได้แก่ การหาความหนาแน่น (Bulk Density) ขนาดชิ้นมันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ เป็นต้น โดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นบาง และเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่

3. ทำการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งโรตารีขนาดใหญ่ที่ความจุประมาณ 5 ตัน ต่อครั้งการอบ โดยจะพัฒนาในส่วนของถังบรรจุอบแห้งพร้อมระบบหมุนถัง ระบบการกระจายลมร้อน และแหล่งเชื้อเพลิงความร้อน

4. ทำการทดสอบอบแห้งมันเส้น เก็บข้อมูล แก้ไขปรับปรุง

5. เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ความสามารถในการทำงานอัตราการลดความชื้น (กิโลกรัมน้ำที่ระเหย/ชั่วโมง)
- ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
- ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน
- วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่างๆและความคุ้มทุน

6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น - กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี - สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ - แปลงปลูกพืชของเกษตรกร

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น

ผลการหาค่าความหนาแน่น (Bulk Density) ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของหัวมัน = 560.65 กิโลกรัม/เมตร^3

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของมันเส้นก่อนอบแห้ง = 669.8 กิโลกรัม/เมตร^3

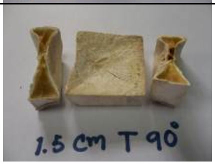
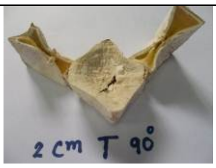
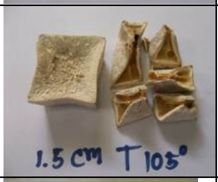
-หาความชื้นเริ่มต้นมันสดด้วยตู้อบ พบว่ามันสดมีความชื้นเริ่มต้น 62 % w.b.

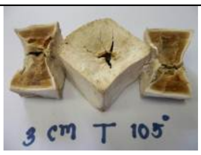
-เปอร์เซ็นต์การยุบตัว ประมาณ 40 เปอร์เซนต์

รูปที่ 2.4 การหาความชื้นด้วยตู้อบ

รูปที่ 2.5 การอบแห้งมันเส้นด้วยเรื่องอบลมร้อนแบบถาดที่ อุณหภูมิ 90 และ 105องศาเซลเซียส เพื่อหาการยุบตัว

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการอบแห้งมันเส้นด้วยเรื่องอบลมร้อนแบบถาด

อุณหภูมิ/ ชั่วโมง อบ ℃/ชม.	ความหนา มันเส้น (ซม.)	ความชื้น % Wb	ลักษณะมันเส้น หลังอบ	บรรยายภาพ แป้งมันเส้น (หลังอบ)
90℃ / 10ชม.	1	67.41		แป้งสุกมาก ผิวภายในแห้ง,แข็งและแตก ไม่เกิดเจล
90℃ / 10ชม.	1.5	64.98		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90℃ / 10ชม.	2	64.35		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90℃ / 10ชม.	2.5	62.32		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90℃ / 10ชม.	3	60.14		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105℃/ 10 ชม.	1	70.42		แป้งสุกมาก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105℃/ 10 ชม.	1.5	66.16		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105℃/ 10 ชม.	2	67.50		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105℃/ 10 ชม.	2.5	66.75		แป้งสุก ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล

105°C/ 10 ชม.	3	64.88		แป้งสุก ผิวภายในเหมือนมันนึ่ง, ไม่แข็งมากไม่เกิดเจล

จากการทดลองมันเส้น นำมันสำปะหลังตัดผ่าเส้นกึ่งกลางของหัวมันสด และตัดให้มีขนาด กxย 4x4 เซนติเมตร มีความหนา 1, 1.5, 2, 2.5, และ3 เซนติเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนัก ก่อนอบ ทุกตัวอย่าง อบที่อุณหภูมิ 90 และ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่ามันเส้นหลังอบ มีความชื้นของมันสำปะหลังเท่ากับ 60-65 % ลักษณะผิวด้านนอก มีสีขาวเหลือง กลิ่นเหมือนแป้งสุก เนื้อสัมผัสแข็งและแห้งมาก ผิวภายในมันเส้น ที่ความหนา 1 เซนติเมตร อุณหภูมิที่ 90และ 105 องศาเซลเซียส ลักษณะ แป้งสุกมาก มีสีน้ำตาล แข็งแห้ง และแตก มากกว่าทุกตัวอย่าง ตัวอย่างแป้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความหนา 3 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อแน่นนุ่ม ผิวด้านในเหมือนมันนึ่ง ในการทดลองนี้ไม่สามารถนำตัวอย่างไปทดลอง การเกิด gelatinization temp ได้ เนื่องจากตัวอย่าง ผิวภายในมันเส้นแห้ง แป้งสุก

<u>การทดสอบอบมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ขนาดเล็ก</u>

รูปที่ 2.6 การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 70 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 70 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีไม่เกิดเจล เพราะใช้เครื่องอบที่มีลักษณะเป่าลมร้อนสูง ทำให้แพร่กระจายความร้อนของมันเส้น แห้งและสุกเร็วในช่วงแรก เมื่ออบนาน 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ตัวอย่างไม่เกิด gelatinization temp

รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบมันเส้นอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบโรตารีกับมันเส้นจากการตากแดด

ความชื้นในตัวอย่างมันเส้นหาได้โดยใช้วิธี นำตัวอย่างมันเส้นไปชั่งน้ำหนักเปียกบันทึกข้อมูล แล้วนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของแห้งที่ได้เพื่อหาน้ำหนักที่หายไปและคำนวณเป็นปริมาณความชื้นและแสดงในรูปของร้อยละของความชื้น ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มเพื่อหาค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการอบแห้งมันเส้น วัดค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อได้ค่าการใช้ปริมาณไฟฟ้าของพัดลม และชุดขับเคลื่อนถังในช่วงเวลาการอบแห้ง

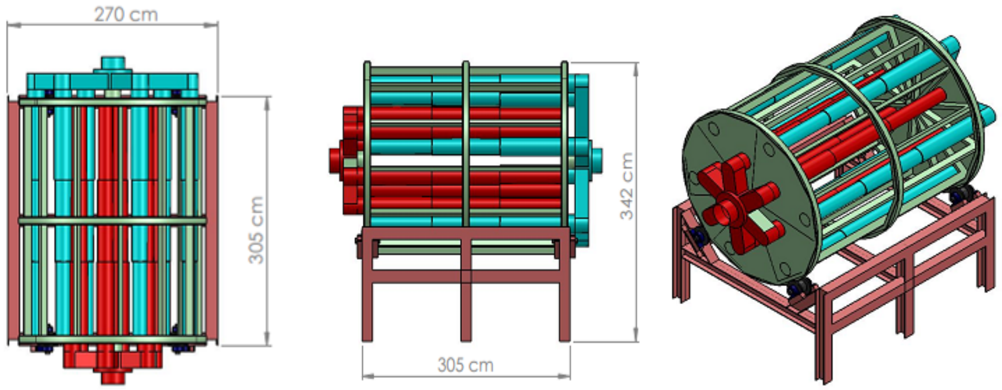
ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก

รายการ	ข้อมูล
น้ำหนักมันเส้นสด(kg)	254
ความชื้นเริ่มต้น(%w.b.)	62
น้ำหนักมันเส้นหลังอบแห้ง(kg)	111
ความชื้นสุดท้าย(%w.b.)	13
สัดส่วนมันเส้นสด:มันเส้นอบแห้ง	2.29:1
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง(°C)	70
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	10
อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(kg/hr)	1.2
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	1.5

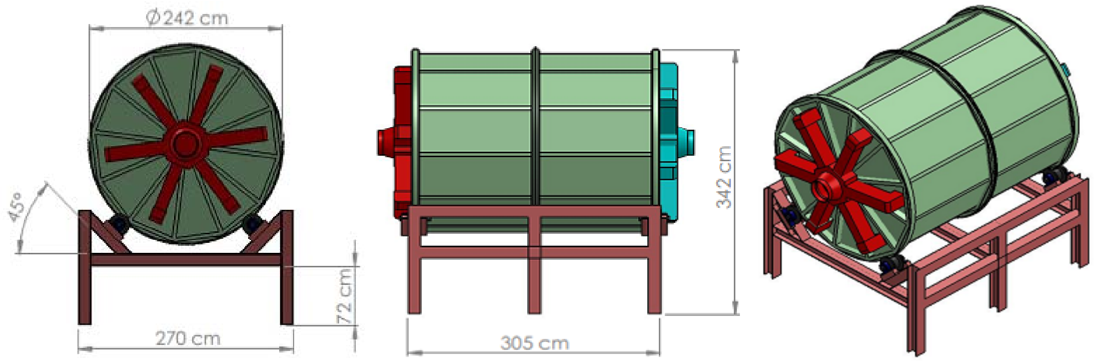
ปัญหาที่พบจากการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีคือ อัตราการแห้งของชิ้นมันที่มีขนาดใหญ่และเล็กแห้งเร็วต่างกัน โดยชิ้นใหญ่จะแห้งช้ากว่าชิ้นเล็ก จึงควรมีการคัดแยกขนาดชิ้นมันให้มีขนาดใกล้เคียงกันในการอบแห้ง

2) การออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี

พบว่าการออกแบบถังอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของการกระจายลมร้อนที่ทั่วถึงในการอบชิ้นมัน จึงต้องมีการพัฒนาระบบท่อลมร้อนให้กระจายลมร้อนได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 2.8 แสดงแบบการวางท่อลมร้อนถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด

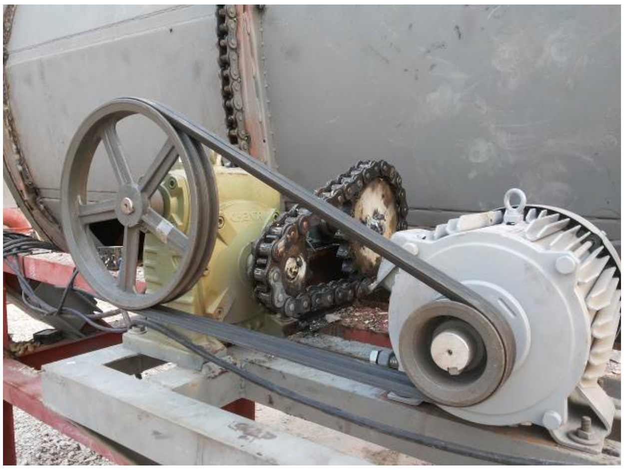


รูปที่ 2.9 ภาพด้านหน้า ด้านข้าง และ 3 มิติ แบบถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด

รูปที่ 2.10 การสร้างถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด

รูปที่ 2.11 การม้วนและเชื่อมต่อท่อลมถังอบแห้งมันเส้น

รูปที่ 2.12 การติดตั้งท่อกระจายลมร้อนภายในถังอบ



รูปที่ 2.13 การหมุนถังอบด้วยเฟืองโซ่ เบอร์120 มอเตอร์ 7.5 แรงม้า

รูปที่ 2.14 พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แก๊สหุงต้ม(LPG) สำหรับลมร้อนในการอบแห้ง

รูปที่ 2.15 เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีที่สร้างเสร็จแล้ว

รูปที่ 2.16 การทดสอบการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแบบโรตารี

ตารางที่ 2.3 ผลการประมาณการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้น

รายการ	ข้อมูล
น้ำหนักมันเส้นสด(kg)	7,000
ความชื้นเริ่มต้น(%w.b.)	62
น้ำหนักมันเส้นหลังอบแห้ง(kg)	3,057
ความชื้นสุดท้าย(%w.b.)	13
สัดส่วนมันเส้นสด:มันเส้นอบแห้ง	2.29:1
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง(^{O}C)	70
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	12
ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม(kg)	60
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	104.8

จากตารางที่ 2.3 เป็นการสรุปผลการอบแห้งมันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้น 62% ให้ลดลงเหลือความชื้น 13% ใช้เวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ใช้ปริมาณแก๊สหุงต้มไป 60 กิโลกรัม

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

โดยกำหนดให้ราคาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ราคา 600,000 บาท มีอายุการใช้งาน 7 ปี พบว่า มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 710,860 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.35 ปี และมีอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนอยู่ที่ 15.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้นทุนจากการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงจะทำให้ต้นทุนการอบแห้งสูง จึงควรหาเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนในการอบแห้งที่มีราคาถูกกว่า

สรุปผล

เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่ออกแบบขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ขนาดถังอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.40 เมตร ยาว 3.00 เมตร มีการวางท่อลมร้อนให้กระจายทั่วถึงมันเส้นในถัง ใช้มอเตอร์ในการหมุนถังขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบถังหมุน 0.5 รอบ/นาที ใช้อบแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 12 ชั่วโมง จากความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62% ลดลงเหลือ 13% ที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส การใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังการอบแห้งจะได้มันเส้นเหลือประมาณ 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วน มันเส้นสดก่อนอบต่อมันเส้นอบแห้งหลังอบ 2.29:1 มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 710,860 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.35 ปี และมีอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนอยู่ที่ 15.75 เปอร์เซ็นต์

บทสรุปโครงการและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้นนี้ได้วิจัยและพัฒนาใน 2 ขั้นตอนที่สำคัญคือ การสับชิ้นมัน และการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง ซึ่งการสับชิ้นมันได้พัฒนาเครื่องสับมันสำปะหลังให้ ชิ้นมันสำปะหลังมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง สามารถลดเวลาเรื่องของการอบแห้งได้ และชิ้นมันขนาด 1x1 ซม. มีความเหมาะสมต่อการนำไปอบที่อุณหภูมิสูงและไม่ส่งผลต่อการเกิดเจล(การสุกของแป้ง) เนื่องจากพื้นที่ที่สัมผัสลมร้อนมีมากทำให้การระบายความชื้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ โดยเครื่องสับที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันสำปะหลังได้ในอัตรา 1.94 ตันต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพของขนาดที่ต้องการ 81.75 % ที่เหลือจะเป็นขนาดชิ้นเล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ในสภาวะหลังการอบแห้ง ซึ่งถ้านำไปอบแห้งในส่วนนี้จะแห้งเร็วกว่าปกติ และสามารถจัดเก็บได้ ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียจากการตาก ซึ่งจากการศึกษาสมรรถนะเครื่องยังมี ความสามารถต่ำและยังใช้พลังงานไม่เต็มที่ เนื่องจากห้องสับที่มีขนาดเล็กเกินไปในการรับอัตราการป้อนที่สูงทำให้มีขีดจำกัดเรื่องการป้อน และชุดใบมีดสับเป็นเส้นสามารถพัฒนาและเพิ่มขนาดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสับได้ ในส่วนของการทำแห้งได้วิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่ออกแบบขนาดความจุ 7,000 กิโลกรัม ขนาดถังอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.40 เมตร ยาว 3.00 เมตร มีการวางท่อลมร้อนให้กระจายทั่วถึงมันเส้นในถัง ใช้มอเตอร์ในการหมุนถังขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบถังหมุน 0.5 รอบ/นาที ใช้อบแบบไม่ต่อเนื่องเพราะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 12 ชั่วโมง จากความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62% ลดลงเหลือ 13% ที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส การใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังการอบแห้งจะได้มันเส้นเหลือประมาณ 3,057 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วน มันเส้นสดก่อนอบต่อมันเส้นอบแห้งหลังอบ 2.29:1

<u>คำแนะนำ</u> การใช้เครื่องสับมันเส้นทรงลูกเต๋ามีข้อดีต่อการอบแห้งแต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องของอัตราการสับและการป่นของชิ้นมันค่อนข้างเยอะ ส่วนเครื่องอบแห้งสำหรับทำแห้งมันเส้นนั้นมีต้นทุนการทำแห้งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการตากลาน แต่จะช่วยแก้ปัญหาและลดการสูญเสียของมันเส้นในช่วงที่ฝนตกและมันเส้นเกิดความเสียหาย จึงเสนอแนะให้มีการใช้เครื่องอบแห้งควบคู่ไปกับการตากลานโดยจัดการอย่างเหมาะสมก็จะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บรรณานุกรม

บทที่ 1

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.

วิจิตรา หงษ์ศิริ. 2549. การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Meiying food machinery co.,ltd. 2 0 1 2 . CHD1 0 0 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 andvelocity on the energy required to cut cassava tubers. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 64, p. 99-102.

บทที่ 2

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

ปรารถนา ปรารถราดี, จิรชัย พุทธกุลสมศิริ, เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. 2552. การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

ภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธุ์ วิบูลย์ เทเพนทร์ นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล ปรีชา อานันท์รัตนกุล ยงยุทธ คงซ่าน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2553. ปรับปรุงถังอบเครื่องอบแห้งกาแฟโรบัสต้าแบบโรตารีเป็นถังอบทรงกระบอกเหลี่ยม. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ประจำปี พ.ศ.2553. นวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเศรษฐกิจพอเพียงและชุมชนเข้มแข็ง. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. หน้า ๒๓๗-๒๔๑

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2550/51. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา

อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2545. การผลิตมันเส้นคุณภาพดี, เกรดอาหารสัตว์. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์และภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Best, R. 1997. Cassava Drying. Cassava Information Center Centro International de Agricultural Tropical.

Olufayo, A.A. and O.J. Ogunkunle 1996. Natural drying of cassava chip in the humid zone of Nigeria. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 21, Issue 4, December 1976, p. 361-369.

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.

Touré, S. and K.N. Serge 2004. Comparative study of natural solar drying of cassava, banana and mango. Renewable Energy Volume 29, p. 975 -990.

Wade A.Amos.,(1998).Report on Biomass Drying Technology. Midwest research Institute for the U.S. Department of Energy.

ภาคผนวก ก

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า

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

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของมอเตอร์ต้นกำลัง

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 (แบบเส้นตรง)	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
รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	94.40	บาท/ชั่วโมง
	48.66	บาท/ตัน

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องสับมันสำปะหลัง

ราคา, P	120,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา (แบบเส้นตรง)	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 สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องสับมัน สำปะหลัง 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

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชนหรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

A_c = $(F_c/A) + (1/C_t)(M+K+R\&M+O+F+L+H)$------------------ สมการที่ 1

F_c = $D + I$ -- สมการที่ 2

D = $(P - S)/N$ -- สมการที่ 3

I = $(P + S)/2 \times (r/100)$ -- สมการที่ 4

โดย	A_c	=	ต้นทุนการใช้เครื่อง	บาทต่อกิโลกรัม
	F_c	=	ต้นทุนคงที่	บาทต่อปี
	D	=	ค่าเสื่อมราคา	บาทต่อปี
	I	=	ดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาส	บาทต่อปี
	r	=	อัตราดอกเบี้ย	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
	P	=	ราคาซื้อเครื่องอบแห้ง	บาท
	S	=	มูลค่าซาก ราคาขายเมื่อเครื่องอบหมดอายุ	บาท
	N	=	อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง	ปี
	A	=	ปริมาณมันเส้นอบแห้งที่อบใน 1 ปี	กิโลกรัมต่อปี
	C_t	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	R&M	=	ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	บาทต่อชั่วโมง
	O	=	ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	บาทต่อชั่วโมง
	F	=	ค่าไฟฟ้า	บาทต่อชั่วโมง
	L	=	ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน	บาทต่อชั่วโมง
	H	=	ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG)	บาทต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

ราคาเครื่องอบแห้ง (P) = 600,000 บาท

อายุการใช้งาน		(N)	= 7	ปี
มูลค่าซาก (5 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ)		(S)	= 30,000	บาท
อัตราดอกเบี้ย		(r)	= 8	
8		เปอร์เซ็นต์ต่อปี		
จากสมการที่ 3:	ค่าเสื่อมราคา	(D)	= (P-S)/N	
			= (600,000-30,000)/7	บาทต่อปี
			= 81,429	บาทต่อปี
จากสมการที่ 4:	ดอกเบี้ย	(I)	= [(P + S)/2] x (r/100)	
			= (600,000+30,000)/2 x (8/100)	บาทต่อปี
			= 25,200	บาทต่อปี
จากสมการที่ 2:	ต้นทุนคงที่	(F_c)	= D+I	
			= 81,429 + 25,200	บาทต่อปี
			= 106,629	บาทต่อปี
ความสามารถในการทำงานของเครื่อง		(C_t)	= 7,000	กิโลกรัมต่อครั้ง
ในการอบ 1 ครั้งใช้เวลา 12 ชั่งโมง			= 583	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จำนวนครั้งการอบแห้งมันเส้น			= 90	ครั้งต่อปี
ปริมาณการอบมันเส้นใน 1 ปี		(A)	= 7,000x90	กิโลกรัมต่อปี
			= 630,000	กิโลกรัมต่อปี
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา		(R&M)=	2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100	ชั่วโมงการทำงาน
			= 0.02x600,000/100	บาทต่อชั่วโมง
			= 120	บาทต่อชั่วโมง
			=120x12 =1,440	บาทต่อครั้งการอบ

(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โซ่ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)

ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ	(O)	= 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน	
		= 0.002x600,000/100	บาทต่อชั่วโมง

= 12 บาทต่อชั่วโมง

=144 บาทต่อครั้ง

(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)

ค่าไฟฟ้า (F) =(7.5+5)x0.746 x 3.50 =32.64 บาทต่อชั่วโมง

=32.64 x12

= 391.8 บาทต่อครั้ง

(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 1.000 ยูนิตต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG) (H)= 5.0 x 20 บาทต่อชั่วโมง

= 100 บาทต่อชั่วโมง

= 100 x 12 บาทต่อครั้ง

= 1,200 บาทต่อครั้ง

(ใช้แก๊สหุงต้ม 5.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคากิโลกรัมละ 20 บาท)

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L) =2x300 บาทต่อครั้ง

=600/12 =50 บาทต่อชั่วโมง

(คนปฏิบัติงานอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน 2วันต่อครั้งการอบแห้ง)

ต้นทุนแปรผัน (R&M+O+F+L+H) =120+12+32.64+100+50 บาทต่อชั่วโมง

= 314.64 บาทต่อชั่วโมง

=314.64 x 12 บาทต่อครั้ง

= 3,775.68 บาทต่อครั้ง

ต้นทุนแปรผัน ($1/C_t$) R&M+O+F+L+H) =1/583.33 x 314.64 บาทต่อกิโลกรัม

= **0.54** บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนคงที่ (F_c/A) = 106,629/630,000 บาทต่อกิโลกรัม

= 0.17 บาทต่อกิโลกรัม

จากสมการที่ 1: ต้นทุนการใช้เครื่อง (A_c) = (F_c/A) + ($1/C_t$) (R&M+O+F+L+H)

= 0.17 + 0.54 บาทต่อกิโลกรัม

= **0.71** บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุน

จุดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(รายได้เพิ่มจากการขายมันเส้นแห้ง – ราคาทุนมันเส้นสด-ค่าดำเนินการอบ)

อบมันเส้นสดครั้งละ 7,000 กิโลกรัม ใช้เวลา 12 ชั่วโมง เดือนละ 30 ครั้ง ปีละ 3 เดือน หรือ 90 ครั้ง หรือปีละ 630,000 กิโลกรัม

ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี = 106,629 บาทต่อปี

ค่ามันเส้นสด กิโลกรัมละ 2.20 บาท 7,000 กิโลกรัม

เป็นเงิน = 15,400บาท

ต้นทุนการใช้เครื่อง = 0.71 บาทต่อกิโลกรัม

มันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม = 0.71 x 7,000 บาทต่อครั้ง

=4,970 บาทต่อครั้ง

มันเส้นสด 7,000 กิโลกรัม อบแล้วได้มันเส้นแห้ง 3,057 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 7 บาท

คิดเป็นเงิน =3,057x7 = 21,399 บาทต่อครั้ง

มูลค่าเพิ่มจากการทำมันเส้นอบแห้ง = 21,399-15,400-4,970 บาทต่อครั้ง

= 1,029 บาทต่อครั้ง

หรือ = 1,029/7,000 =0.15 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้น จุดคุ้มทุน = 106,629 / 0.15

= **710,860** **กิโลกรัมต่อปี**

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

ผลิตมันเส้นอบแห้ง 630,000 กิโลกรัมต่อปี = 630,000 กิโลกรัมต่อปี x 0.15 บาทต่อกิโลกรัม

= 94,500 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม

= 600,000 บาท

94,500 บาท/ปี

= 6.35 ปี

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน = (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) x 100 เปอร์เซ็นต์

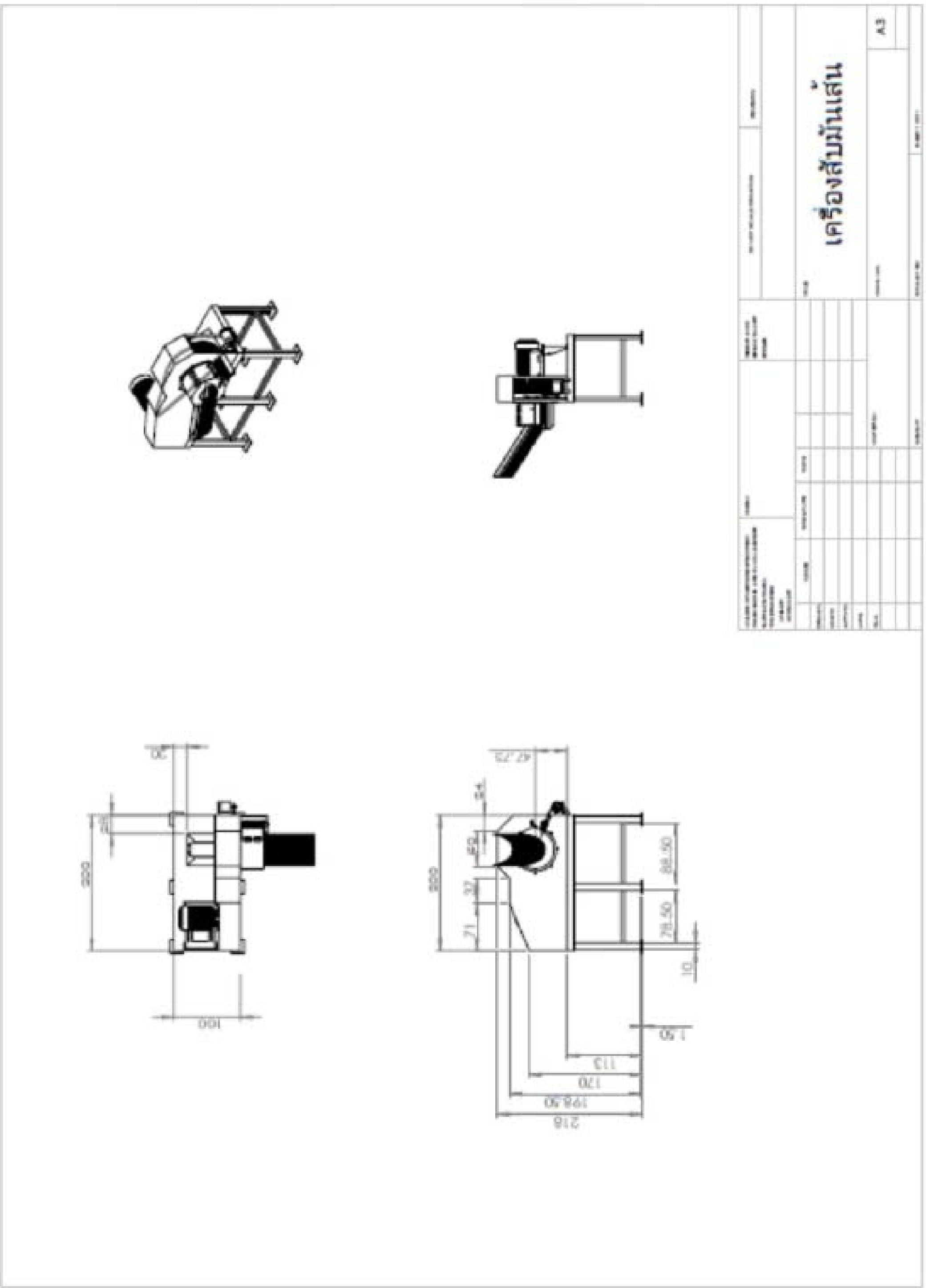
= (94,500/600,000) x 100

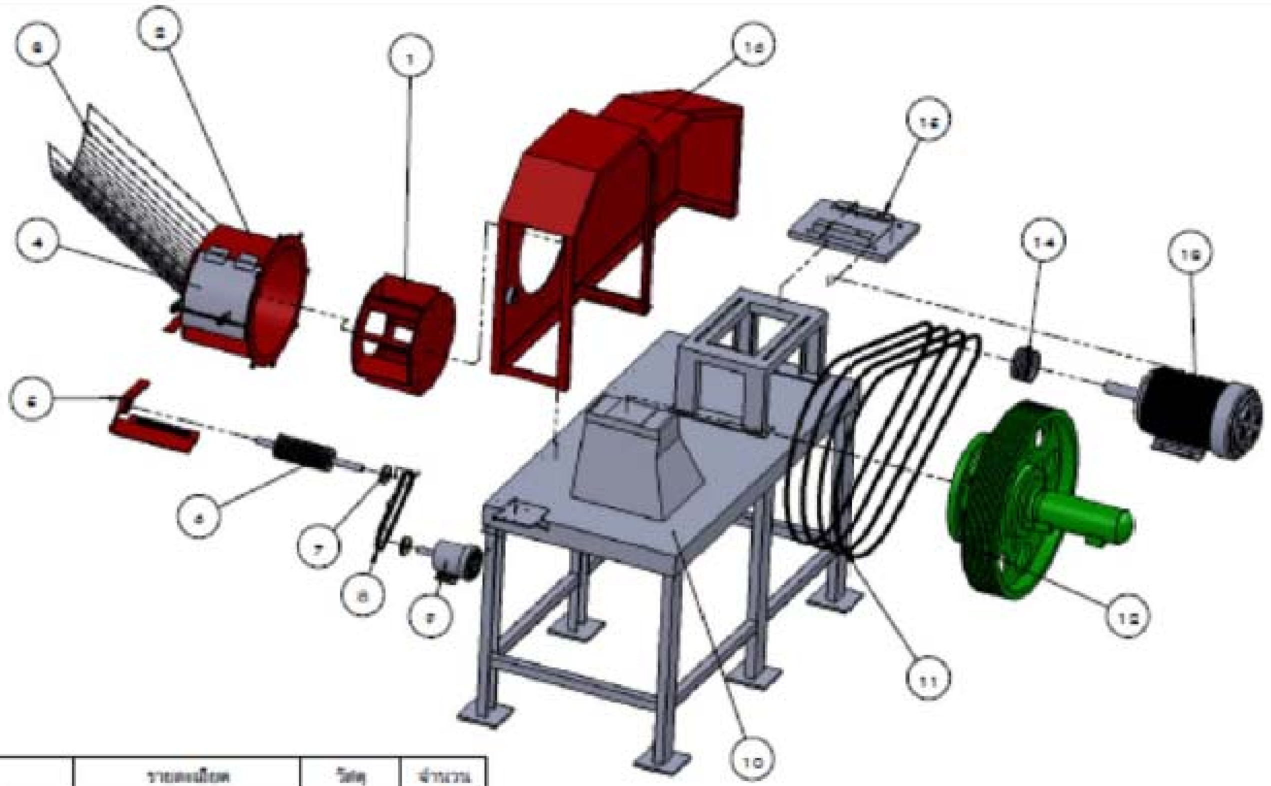
ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี = 15.75 เปอร์เซ็นต์

ผนวก ข

แบบทางวิศวกรรม

เครื่องสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นแบบเต๋า





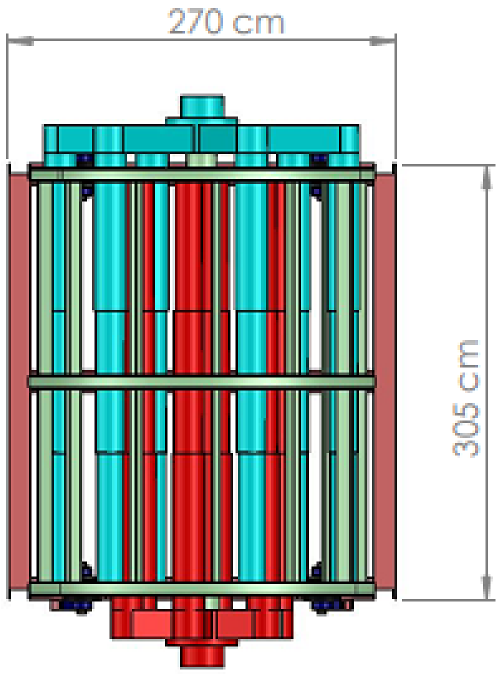
หมายเลข	รายการ	รายละเอียด	วัสดุ	จำนวน
1	ใบพัด			1
2	ฝาครอบ			1
3	ตะแกรงนำส่ง			1
4	ประตู			1
5	โครงรับเพลาใบมีด			1
6	ใบมีด			28
7	มูเล่ Ø 3 นิ้ว			1
8	สายพานร่อง B-35			1
9	มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า			1
10	โต๊ะ			1
11	สายพานร่อง B-153			4
12	มูเล่ Ø 36 นิ้ว			1
13	มอเตอร์ไฟฟ้า 30 แรงม้า			1
14	มูเล่ Ø 6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

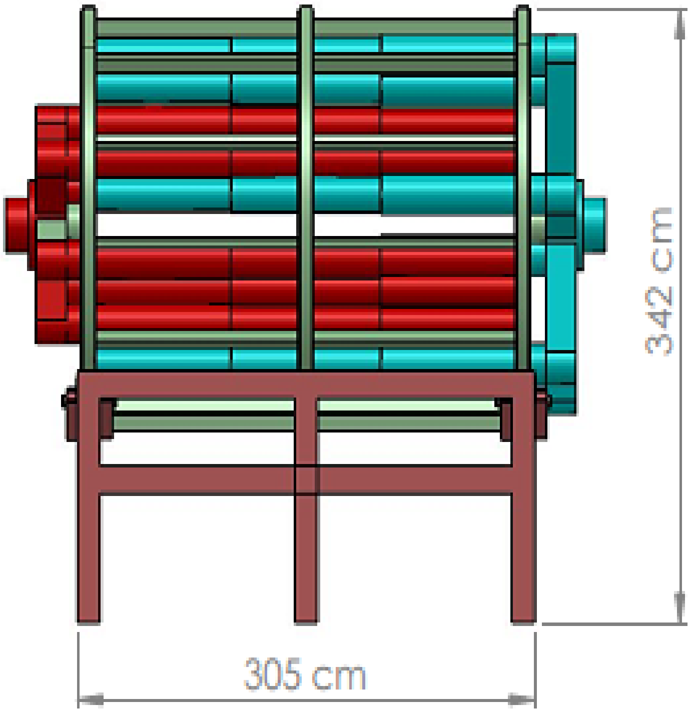
เครื่องสับมันเส้น

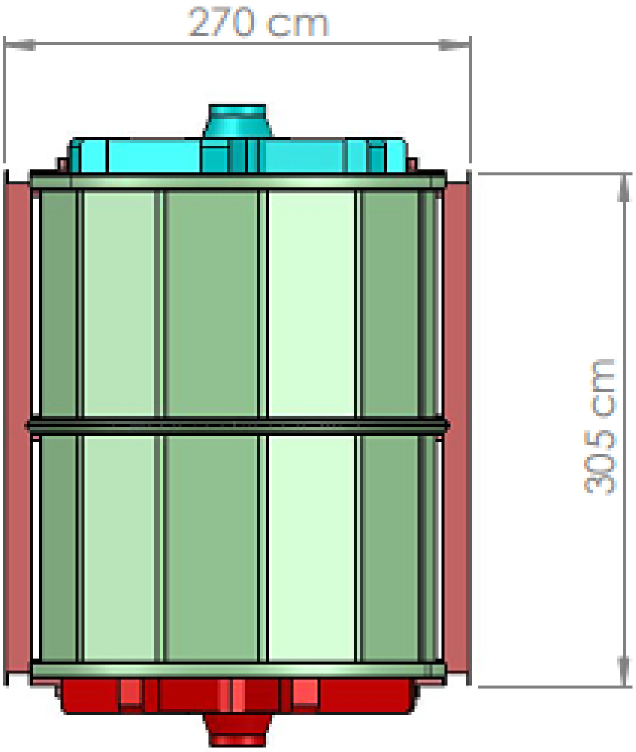
A3

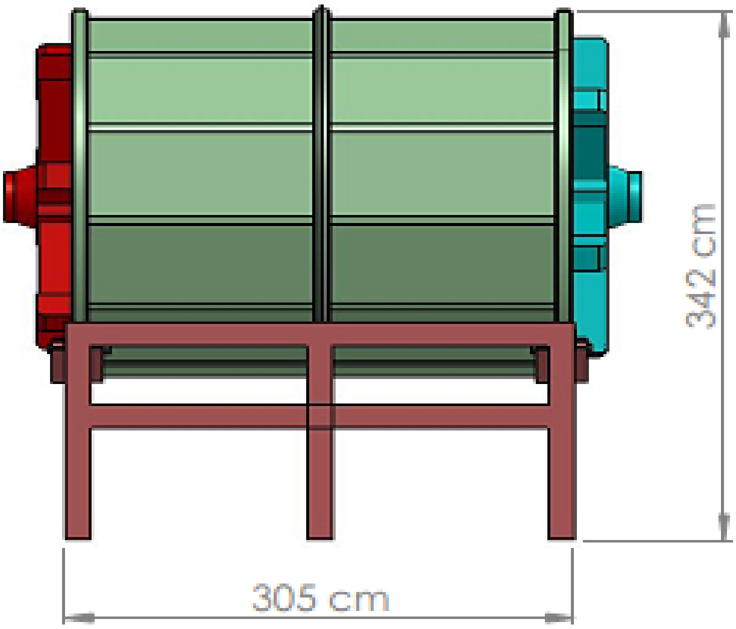
แบบทางวิศวกรรม

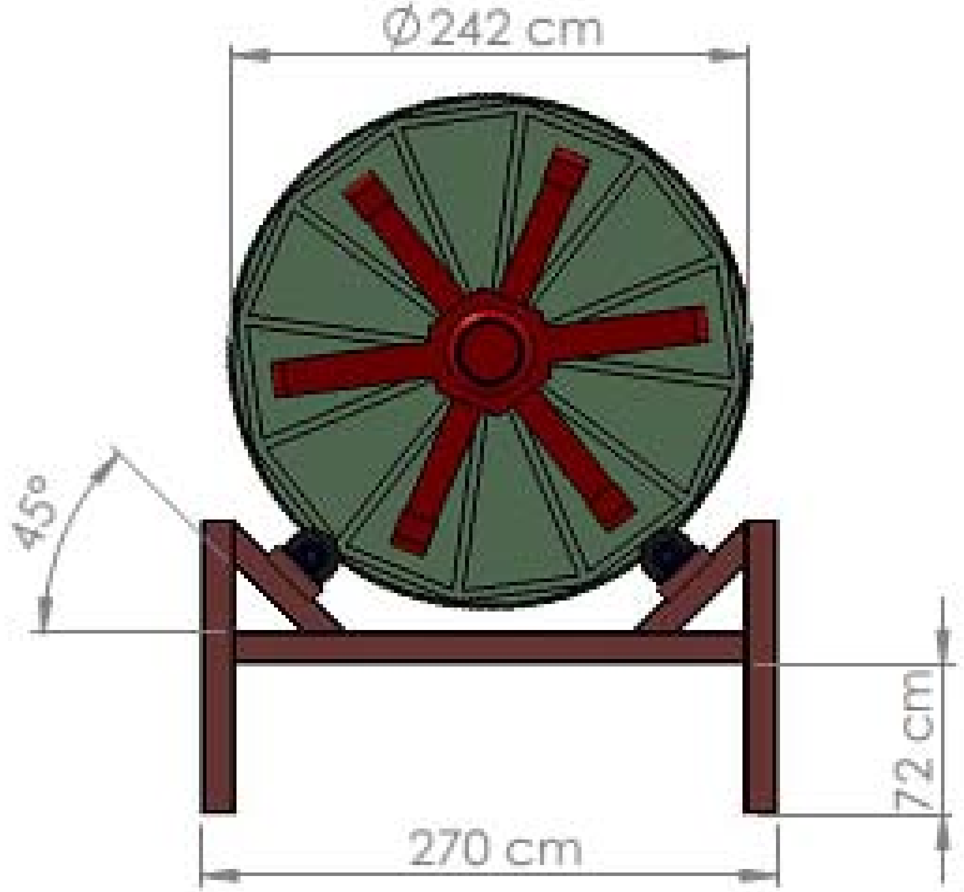
เครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารี่ขนาดระดับชุมชน






270 cm
305 cm


342 cm
305 cm


Ø242 cm
45°
72 cm
270 cm