

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการอบแห้งมันเส้น
- ชื่อกิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดระดับชุมชน
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดระดับชุมชน  
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Research and Development of a Cassava Chip Rotary Dryer for Farmer Scale
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- |                 |                           |  |
|-----------------|---------------------------|--|
| หัวหน้าการทดลอง | : นายเวียง อากรชี         | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น      |
| ผู้ร่วมงาน      | : นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล | สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว |
|                 | : นายพินิจ จิระคกุล       | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น      |
|                 | : นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์      | สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว |
|                 | : นายอุทัย ธาณี           | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี     |

### 5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นมันเส้นที่ออกแบบมีขนาดความจุ 5,000 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งที่มีการวางท่อลมกระจายความร้อนการอบแห้งดี ขับเคลื่อนการหมุนถังอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ 2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 กิโลวัตต์ 3) เตาซีวมวลกำเนิดความร้อน พร้อมชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ผลการทดสอบอบแห้งมันเส้นสด 5,000 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิลมร้อน 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งแต่ละครั้ง 10 ชั่วโมง ที่ความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62 % ลดลงเหลือ 13% อัตราการใช้เชื้อเพลิง 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้มันเส้นอบแห้ง 2,184 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนมันเส้นสดต่อมันเส้นอบแห้ง 2.29:1

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งแบบโรตารี มันเส้น ระดับชุมชน

## Abstract

The objective of this study is to design and develop a rotary dryer to dehydrate cassava chip. Dryer capacity was designed 5,000 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 biomass furnace together heat exchanger set was designed for drying heat source. Results of fresh cassava chip drying 5,000 kg at 105 degree Celsius of hot air was drying time was 10 hours started at 62% moisture content of cassava chip reduced to 13%. The biomass consumption rate was 250 kg/hr. Weight of dried cassava chip was 2,184 kg. The proportion of fresh cassava chip per dried cassava chip was 2.29:1.

Keywords: Rotary Dryer      Cassava Chip      Farmer Scale

## 6. 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 ผลิตประมาณ 29 ล้านตัน (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2552) ในปี 2554 มีการส่งออกมันเส้น 3.7 ล้านตัน มูลค่าส่งออก 29,252 ล้านบาท การใช้ในประเทศประมาณ 1.5 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตมันเส้นประมาณ 700 โรงงาน ซึ่งเป็นการผลิตมันเส้นโดยใช้ลานตากทั้งสิ้น และเนื่องจากสภาวะการผลิตมันสำปะหลังมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้อคำนึง เช่น สภาวะภูมิอากาศ ปริมาณฝนตก ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องทำเก็บเกี่ยวก่อนอายุเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากปริมาณมันสำปะหลังเน่า ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมาก แต่ในทางกลับกันโรงงานผลิตมันเส้นที่ใช้การตากเป็นการแปรรูปก็ไม่สามารถรับผลผลิตของเกษตรกรได้หมด ทำให้ราคาของมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่มีราคาถูกลงเพราะเมื่อรับซื้อแล้วจำเป็นต้องส่งไปแปรรูปในอุตสาหกรรมแป้งซึ่งมีขีดจำกัดของการผลิต ทำให้การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลังจัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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

การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันเส้นสะอาดเป็นการพัฒนาระบบการจัดการการแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อ การแก้ปัญหาเกษตรกร อุตสาหกรรม และนโยบายการประกันราคา อีกทั้งการเตรียมรับประชาคมเศรษฐกิจ อาเซียน(ASEAN Economic Community: AEC) ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาและยกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

การพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเส้นปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งส่วน ใหญ่จะเป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ในอุตสาหกรรมการผลิตมันเส้นมีการใช้เฉพาะเครื่องจักรที่มี จำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องสับมันเส้น อุปกรณ์เกลี่ยมัน รถแทรกเตอร์หรือรถตัด และลานตาก ซึ่งทำให้ การผลิตมันเส้นไม่เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในการวิจัยนี้จะเป็นการเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิตมันเส้นสะอาดด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปโดยการสับชิ้นมันให้ตรงตามความต้องการของ ผู้บริโภคและอบแห้งให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตมันเส้น โดยทำการพัฒนาระบบการสับมันเส้นแบบลูกเต๋า(รูป สมมาตร) และการอบแห้งแบบโรตารีซึ่งเป็นเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ยังมีปัญหาในระบบการแปรรูปมันเส้นทั้ง ในระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรม

## 7. วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาข้อมูล งานวิจัย เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น ได้แก่ การหาความหนาแน่น (Bulk Density) ขนาดชิ้นมันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ เป็นต้น โดยใช้ เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นบาง และเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรม วิชาการเกษตร เพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่
3. ทำการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งโรตารีขนาดใหญ่ที่ความจุประมาณ 5 ตัน ต่อครั้งการอบ โดยจะพัฒนาในส่วนของถังบรรจุอบแห้งพร้อมระบบหมุนถัง ระบบการกระจายลมร้อน และแหล่งเชื้อเพลิง ความร้อน
4. ทำการทดสอบอบแห้งมันเส้น เก็บข้อมูล แก้ไขปรับปรุง
5. เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมีค่าชี้ ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้
  - ความสามารถในการทำงานอัตราการลดความชื้น (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
  - ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
  - เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของชิ้นมันป่น (%)
  - ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน
  - เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร
  - วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่างๆและความคุ้มค่า
6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

## สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

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

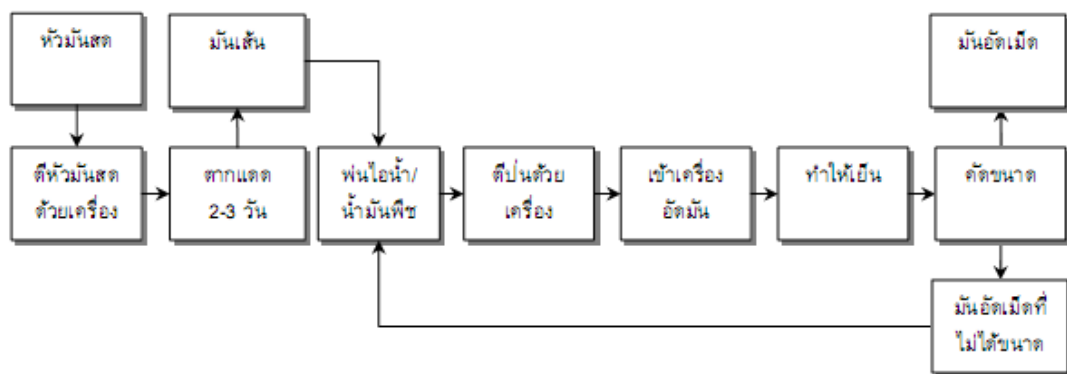
## ระยะเวลาทำการวิจัย

ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1) ผลการศึกษาข้อมูล งานวิจัย เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ด แสดงใน รูปที่ 1 โดยมันเส้นได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องหั่นที่เรียกว่า เครื่องโม่มันเส้น ซึ่งจะหั่นหัวมันสดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปตากแดดบนลานซีเมนต์ 2-3 วัน ให้แห้ง (ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน, 2546) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังได้กำหนดลักษณะที่ต้องการ แสดงในตารางที่ 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) เปรียบเทียบกับลักษณะมันเส้นสะอาดซึ่งกำหนดโดยกองการค้าสินค้าข้อตกลง กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ด

ที่มา: ประรณนา และคณะ, 2552

## ตารางที่ 1\_ ลักษณะผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเส้นที่ต้องการ

คุณลักษณะ	เกณฑ์คุณภาพมันเส้น (มอก.52-2516)	มาตรฐานคุณภาพมันเส้นสะอาด (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์)
แป้ง	ยังไม่กำหนด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก
ทราย	ไม่เกินร้อยละ 3.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ 2.0 ของน้ำหนัก
เส้นใย	ไม่มากกว่าร้อยละ 5.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ 4.0 ของน้ำหนัก
ความชื้น	ไม่มากกว่าร้อยละ 14.0 ของน้ำหนัก	ไม่มากกว่าร้อยละ 13.0 ของน้ำหนัก
กลิ่น และสี	ไม่ได้กำหนด	ไม่มีกลิ่นและสีผิดปกติ
ลักษณะภายนอก	ไม่ได้กำหนด	ไม่บูด เน่า หรือขึ้นรา
อื่นๆ	ไม่ได้กำหนด	ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2523)

จากตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเส้นที่ต้องการสำหรับมาตรฐานคุณภาพมันเส้นสะอาดได้กำหนดลักษณะไว้ชัดเจนว่าตัวอย่างมันเส้นที่ได้สุ่มตรวจคุณภาพโดยปริมาณทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100 ปริมาณแป้งที่ตรวจได้ต้องมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ปริมาณทราย เส้นใย และความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 2.0, 4.0 และ 13.0 ตามลำดับ การผลิตมันเส้นเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานนี้ อุทัย และสุกัญญา (2545) ได้แนะนำวิธีการผลิตไว้ดังนี้

1) เมื่อขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาต้องตัดหัวมันสำปะหลังแต่ละหัวแยกออกจากเหง้าหรือส่วนโคนของลำต้น อย่าให้มีส่วนของเหง้าหรือหัวจุกซึ่งมักเป็นไม้แข็ง สัตว์ย่อยและใช้ประโยชน์ไม่ได้ แม้ว่าในขบวนการผลิตอาหารจะนำไปบดจนละเอียดแล้วก็ตามซึ่งจะทำให้คุณค่าทางอาหารของมันเส้นนั้นลดลง เพราะหัวมันสดที่มีเหง้าติดมากจะมีส่วนของดินทรายติดมาด้วย

2) เคาะหรือร้อนดินทรายที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อทำให้มันเส้นที่ได้มีดินทรายหรือเถ้าในปริมาณต่ำ ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้เลี้ยงสัตว์ และผู้ผลิตอาหารสัตว์ ในกรณีที่ใช้เครื่องร้อนดินทรายที่สามารถขูดส่วนเปลือกนอกของหัวมันออกไปได้บ้างยังจะเป็นการทำให้คุณภาพของมันเส้นที่ได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณเยื่อใยลดน้อยลงปริมาณทรายจะน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้มันเส้นเหมาะกับการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหมักต่าง ๆ และขายได้ราคาดี

3) การตัดหัวมันอาจใช้วิธีตัดด้วยแรงงานหรือตัดด้วยเครื่องก็ได้ การตัดด้วยแรงงานมี 2 แบบคือการตัดตามขวาง กับการตัดตามยาวของหัวมัน ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียต่างกันคือ การตัดตามขวางจะตัดได้ง่าย ตากแห้งเร็ว ขนาดชิ้นที่ได้พอเหมาะกับการใช้ผสมอาหารโคสามารถใช้มันเป็นชิ้นได้เลย หรือการป้อนเข้าเครื่องบดก็ทำได้ง่าย ไม่ค่อยมีปัญหาติดขัดระบบลำเลียง ส่วนการตัดตามยาวจะตัดค่อนข้างช้า และใช้เวลาตากแดดนานกว่า เนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่า นอกจากนี้การนำเข้าเครื่องบดหรือเครื่องผสมอาหารมักมีปัญหาติดขัดในระบบลำเลียง แต่การตัดตามยาวมีข้อดีคือการสูญเสียน้ำหนักน้อย และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง การตัดด้วยเครื่องสามารถตัดได้รวดเร็วกว่าการตัดด้วยแรงงานมากเนื่องจากเครื่องตัดมีสมรรถนะสูง การตัดหัวมันสดด้วยเครื่องตัดจะมีส่วนของหัวมันสดที่ถูกหั่นจนปน ซึ่งเมื่อดากเป็นมันเส้นแล้วจะกลายเป็นฝุ่นมากกว่าการตัดด้วยแรงงาน ยิ่งตั้งความเร็วในการตัดมากเท่าใด

ส่วนชั้นมันที่ปนก็จะมามากขึ้นเท่านั้น และทำให้เปอร์เซ็นต์การเป็นฝุ่นของมันเส้นสูงขึ้นด้วย การใช้เครื่องตัดจึงไม่ควรกำหนดให้ทำงานเร็วเกินไป เพราะจะทำให้ได้มันเส้นมีฝุ่นมากเกินกว่ามาตรฐานที่ผู้ต้องการ

4) ลานตากชั้นมันควรเป็นลานซีเมนต์ถ้ามีการขัดผิวได้จะยิ่งดี เพราะจะป้องกันการปนเปื้อนของทรายในมันเส้น การใช้ลานดินตากมันเส้นจะทำให้ได้มันเส้นคุณภาพต่ำ เพราะจะมีเศษดินทรายปนมามาก ผู้ซื้อไม่ต้องการเป็นอย่างยิ่ง และสีของมันเส้นจะไม่ขาวสะอาด ซึ่งทำให้ผู้ใช้ไม่มีความเชื่อมั่น และไม่กล้าใช้

5) การกลับชั้นมันระหว่างการตากก็มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ทรายในมันเส้น การใช้แรงงานคนกลับจะได้ชั้นมันเส้นที่มีคุณภาพดีที่สุด การใช้เครื่องจักรหรือรถกลับชั้นมันจะทำให้ชั้นมันแตกหักเป็นฝุ่นมาก อีกทั้งชั้นมันจะถูกบดอัดกับทรายบนลานมัน และทำให้มีเปอร์เซ็นต์ทรายสูงขึ้น ดังนั้นเครื่องจักรหรือรถกลับชั้นมัน ควรจะมีอุปกรณ์ป้องกันมิให้ล้อรถบดทับชั้นมัน หรือบดทับน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดการเป็นฝุ่นของมันเส้น และลดเปอร์เซ็นต์ทรายในมันเส้นลงด้วย อย่างไรก็ตาม คุณภาพของมันเส้นอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยการร่อนแยกฝุ่น และทรายที่ติดมากับมันเส้นออกก่อนจะทำการส่งให้กับผู้ใช้ แต่เครื่องร่อนไม่สามารถแยกส่วนของเหง้าหรือตันที่ติดมา หรือหากมีมากก็ให้ติดมาน้อยที่สุด ก็จะทำให้ได้มันเส้นที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้ใช้ และสามารถจำหน่ายได้ในราคาที่ดี

กรมวิชาการเกษตร (2528) กล่าวว่า ในระยะแรกการทำมันเส้นจะใช้เครื่องมือมันเส้นเล็ก ๆ และตากบนลานซีเมนต์ เครื่องมืออุปกรณ์อื่น ๆ มีน้อย ใช้แรงงานคนในการลำเลียงมันเส้นไปตาก และคอยใช้คราดไม้พลิกกลับมันที่ตากบนลาน ในขณะที่ค่าแรงงานเพียงวันละ 7-10 บาทต่อคนต่อวัน ต่อมาค่าแรงงานสูงขึ้นจึงมีการนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยทำงานมากขึ้น เช่น เครื่องโม่ขนาดใหญ่ และรถดักขนหัวมันสดใส่เครื่องโม่ตั้งแสดงในรูปที่ 4 หัวมันสำปะหลังสดที่ออกมาจากเครื่องโม่มันจะถูกลำเลียงไปตากโดยรถไประยมัน มีเครื่องกลับมันเส้น ขนาดลานตากก็ใหญ่ขึ้น เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ โดยเครื่องโม่หัวมันสดขนาดเล็กโม่ได้ชั่วโมงละ 3-5 ตัน ขนาดกลางชั่วโมงละ 20-30 ตัน และขนาดใหญ่ชั่วโมงละ 40-60 ตัน โรงงานมันเส้นเฉลี่ยมีลานตาก 7 ไร่ ใช้หัวมันสดเฉลี่ยรอบละ 109.31 ตัน และได้มันเส้นเฉลี่ย 49.91 ตัน การทำงานรอบหนึ่งหมายถึงโม่เสร็จ และนำไปตากแดด 2-3 วันจนแห้ง แต่ละโรงงานทำงานเฉลี่ยปีละ 8 เดือน โดยโรงงานจะเปิดดำเนินการแปรรูปมากในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน ปีหนึ่งจะผลิตมันเส้นได้ประมาณ 2,886 ตันต่อปีต่อโรงงาน ในปี 2548 ประเทศไทยมีลานมันเส้นประมาณ 500 แห่ง และมักเป็นลานมันเส้นขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่มากกว่า 50 ไร่ ส่วนลานมันขนาดกลาง และขนาดเล็กมีน้อย กำลังการผลิตของลานมันเส้นเฉลี่ยแห่งละประมาณ 120-150 ตันต่อวัน (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548) นอกจากนี้กรมการค้าต่างประเทศได้มีการส่งเสริม และผลักดันการผลิตมันเส้นสะอาด โดยมีการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตมันเส้นสะอาดซึ่งขณะนี้ทั้งหมด 48 ราย (กรมการค้าต่างประเทศ, 2548)



รูปที่ 2 เครื่องโม่มันเส้นขนาดใหญ่

ที่มา : ดนัย (2537)

กรมวิชาการเกษตร (2528) กล่าวว่า การตากมันเส้นเป็นวิธีการกำจัดความชื้นจากหัวมันสดด้วยการระเหย ประเทศไทยใช้วิธีตากมันเส้นกลางแจ้งด้วยแสงแดด โดยเริ่มตากในตอนเช้า โดยนำมันเส้นที่หั่นแล้วไปกองที่ลานตากมันซึ่งปกติลานทำด้วยซีเมนต์มีร่องน้ำระบายน้ำ แล้วเกลี่ยให้เสมอ และกลับมันเส้นทุกๆ 1-2 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5 ในกรณีที่มีการทำมันเส้นเป็นกิจการขนาดใหญ่มีลานกว้างอาจใช้รถแทรกเตอร์ในการทำงานดังแสดงในรูปที่ 6 เศษมันที่หัก และเป็นผงจะตกอยู่ในลานตาก เนื่องจากการตากด้วยแสงแดดจำเป็นต้องอาศัยดีดฟ้าอากาศเป็นสำคัญ ระยะการตาก และคุณภาพมันเส้นจึงแตกต่างกันมาก ขนาด และความหนาของมันเส้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการตากแห้ง ในประเทศไทยการตากมันเส้นจำนวน 10 ตัน บนลานตากซีเมนต์ 1 ไร่ ในวันที่มีแดดจัด 3 วัน มันเส้นจะมีความชื้นสุดท้าย 18 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การตากมันเส้น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2528)



รูปที่ 4 การกลบมันเส้น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2528)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, (2551)ทดสอบได้พัฒนาเครื่องสับมันแบบจานนอนและเครื่องสับมันที่พัฒนาขึ้นสามารถสับมันเป็นแผ่นแต่ยังไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร ซึ่งถ้าเป็นลักษณะของมันเส้นที่ผ่านการสับด้วยเครื่องสับแบบจานรูของลานมันสำปะหลังทั่วไปจะมีลักษณะเป็นก้อนไม่สม่ำเสมอเช่นกัน โดยสมรรถนะการสับ 4.8 ต้นต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการใช้พลังงานจำเพาะ 0.64กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์

Thanh et al. (1979) ได้ปรับปรุงงานตัดของเครื่องตัดแบบจานหมุน โดยดัดแปลงงานตัดแบบเดิมที่ทำให้ชิ้นมันมีขนาดไม่แน่นอน และมีขนาดใหญ่ ทำให้การตากใช้เวลานาน เนื่องจากต้องการให้ชิ้นมันมีขนาดเล็กลง และมีรูปแบบของชิ้นมันที่เป็นรูปแบบเดียวกันมากขึ้น ซึ่งหลังการออกแบบพบว่าสมรรถนะการตัดลดลงจาก 9-11 ต้นต่อชั่วโมง เป็น 6-8 ต้นต่อชั่วโมง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง แต่ขนาดชิ้นมันมีขนาดเป็นรูปแบบเดียวกันมากขึ้น และขนาดชิ้นเล็กลง โดยชิ้นมันมีขนาดเฉลี่ย  $5 \times 2.4 \times 0.6$  เซนติเมตร

Visvanathan et al. (1996) ได้ศึกษาผลที่เกิดจากมุมเอียงของใบมีด และความเร็วในการตัด

หัวมันสำปะหลังตามแนวแกน ตัวอย่างเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลังที่ทำการศึกษายู่ในช่วง 37 ถึง 72 มิลลิเมตร และความชื้นอยู่ในช่วง 65-70 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) มุมที่ใช้ตัดหัวมันสำปะหลังคือ 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา และความเร็วในการตัดที่ใช้ในการศึกษาคือ 1.81 2.68, 3.51 และ 4.90 เมตร/วินาที ผลที่ได้คือ ความเร็วที่น้อยที่สุดที่สามารถตัดหัวมันสำปะหลังได้คือ 2.5 เมตร/วินาที มุมตัดอยู่ระหว่าง 63-75 องศา และมุมใบมีดอยู่ระหว่าง 30-45 องศา

ธวัชชัย และวิรัตน์ (2548) ได้สร้างเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยก สำหรับผลิตชิ้นมันเส้นสะอาด เพื่อเป็นส่วนผสมอาหารสำหรับโคนม เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบหลักคือ ชุดทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังที่มีลักษณะเป็นตะแกรงหมุนเพื่อแยกสิ่งเจือปน ชุดป้อนหัวมันเข้าสู่ชุดใบมีดสับ ชุดใบมีดสับสร้างขึ้นเพื่อให้เป็นรูปแบบการสับตามขวาง และตัดแยกชิ้นมันเป็นรูปทรงแท่งยาว มีช่วงคมมีดตัด 10 เซนติเมตร ผลการทดลองปรากฏว่าตะแกรงชุดทำความสะอาดหัวมันหมุนด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที ป้อนหัวมันสำปะหลังครั้งละ 50 กิโลกรัม ในเวลา 2 นาที เปลือกติดค้างหลังการทำทำความสะอาด 19.2 เปอร์เซ็นต์ ชุดใบมีดสับหัวมันมีสมรรถนะ



เฉลี่ย 598.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการสับไขมัน 85.4 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นเต็ม 57.1 เปอร์เซ็นต์ และขึ้นแตกหัก 42.1 เปอร์เซ็นต์

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

Best (1979) ศึกษาการตากแห้งมันโดยการตากบนลานคอนกรีต และการตากบนถาดเอียงที่ทำด้วยตะแกรง ปริมาณของมันที่ตากบนลานคอนกรีต 5-7 กิโลกรัม/ตารางเมตร และ 10-16 กิโลกรัม/ตารางเมตร บนถาดเอียง เวลาที่ใช้ในการตากแห้งขึ้นอยู่กัสภาพอากาศ และปริมาณมันเส้นที่ตาก ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ การตากแห้งโดยใช้ถาดตะแกรงเอียงจะใช้เวลาน้อยกว่า และได้ประโยชน์ต่อการตากในช่วงที่มีลม ช่วงกลางคืนหรือแม้กระทั่งช่วงที่ไม่มีแรงงานคนหรือมีน้อย เพราะการตากบนถาดไม่ต้องกลับชั้นมัน

Thanh et al. (1979) ศึกษาการลดระยะเวลาการตากแห้งของขึ้นมันสำปะหลังโดยศึกษาผลของตัวกลางที่ใช้ในการตากแห้ง ซึ่งเปรียบเทียบกับตัวกลางที่ใช้ตากมัน 2 ชนิด คือพื้นผิวคอนกรีตเรียบ (plain cement floor) และพื้นผิวที่มีสีดำ (black-topped floor) ผลการศึกษาพบว่า พื้นผิวที่มีสีดำจะลดระยะเวลาการตากแห้งขึ้นมันสำปะหลังได้มากกว่าพื้นผิวคอนกรีตเรียบ รวมทั้งผลของขนาดขึ้นมันสำปะหลังต่อการทำแห้ง โดยเปรียบเทียบขนาดที่มีการตัดแบบไม่แน่นอนหรือมีรูปร่างขึ้นมันไม่แน่นอน (irregular chip) และการตัดแบบแผ่นบาง (thin slice chip) พบว่าการตัดแบบแผ่นบางจะลดระยะเวลาการทำแห้งได้มากกว่าแบบรูปร่างไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังศึกษาผลของปริมาณมันสำปะหลังต่อพื้นที่ที่ใช้ตากแห้ง โดยเปรียบเทียบขึ้นมันสำปะหลังปริมาณ 4.38, 6.56 และ 8.75 กิโลกรัม/ตารางเมตร พบว่าเมื่อปริมาณมันสำปะหลังต่อพื้นที่ที่ใช้ตากแห้งมากขึ้นการใช้เวลาในการตากแห้งก็มากขึ้นตามไปด้วย

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

ทศพล และ อารีย์ (2554) ทำการศึกษาแบบจำลองสภาพการอบมันเส้นด้วยลมร้อน แบบชั้นบาง โดยกำหนดขนาดขึ้น เล็ก กลาง และใหญ่ ที่ อุณหภูมิ 40 50 60 70 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 2.3 เมตรต่อ

วินาที พบว่า สมการของ Page คำนวณค่าคงที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด และการเพิ่มขึ้นของขนาดส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่ลดลงและการใช้พลังงานจำเพาะสูงขึ้น

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 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่จำหน่ายในต่างประเทศ

ที่มา: <http://www.alibaba.com>

2) ศึกษาและทดสอบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้น

ผลการหาค่าความหนาแน่น (Bulk Density) คำนวณน้ำหนักต่อปริมาตร ดังรูปที่ 6 ได้ผลดังนี้

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของหิวมัน = 560.65 กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>

-ค่าน้ำหนักต่อปริมาตร(Bulk Density) ของมันเส้นก่อนอบแห้ง = 669.8 กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>



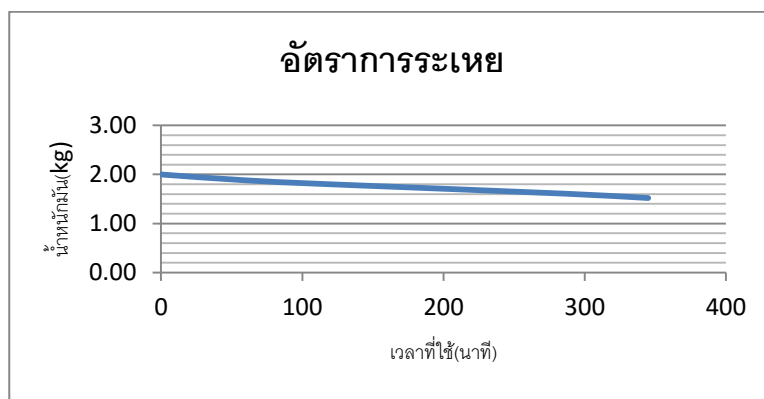
รูปที่ 6 การหาน้ำหนักต่อปริมาตรของหัวมัน (Bulk Density)

-หาความชื้นเริ่มต้นมันสดด้วยตู้อบ ดังรูปที่ 7 พบว่ามันสดมีความชื้นเริ่มต้น 62 % w.b.



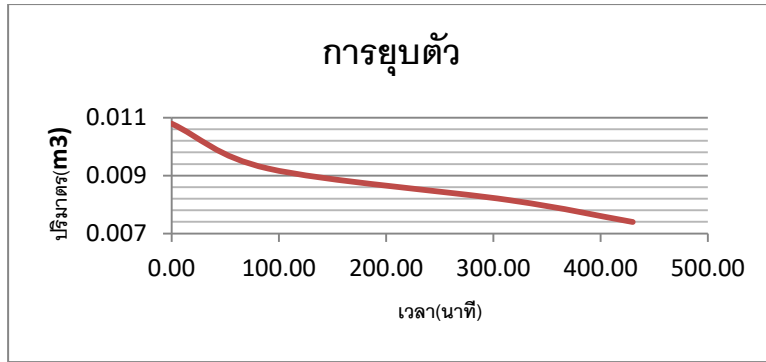
รูปที่ 7 การหาความชื้นด้วยตู้อบ

-หาค่าการระเหย ซึ่งค่าการระเหยจะบ่งบอกว่าเมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักของมันจะหายไปมากหรือน้อยเพียงไร ได้ผล ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงน้ำหนักน้ำที่ระเหยออกในเวลาเพิ่มขึ้น

-หาค่าการยุบตัว เมื่อความชื้นหายไปมันจะเกิดการยุบตัวลงซึ่งจะทำให้มีพื้นที่ว่างภายในถังอบมากขึ้น หากเราทราบอัตราการยุบตัวของมันที่อบจะทำให้สามารถออกแบบถังอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 9 แสดงค่าการยุบตัวของมันเส้นจากการอบแห้ง

- ทำการทดสอบอบแห้งมันเส้นโดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด และแบบโรตารี โดยทดสอบที่ อุณหภูมิ 90 และ 105 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาอัตราการลดความชื้น และการเกิด gelatinization



ชั่งน้ำหนักมันเส้นก่อนอบ








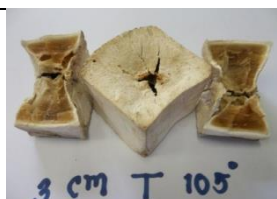
อบมันเส้นที่ T 90 และ 105 องศาเซลเซียส เวลา 10 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนักมันเส้นหลังอบ

รูปที่ 10 แสดงผลการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด

ตารางที่ 1 แสดงผลการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด

อุณหภูมิ/ ชั่วโมง อบ °C/ชม.	ความหนา มันเส้น (ซม.)	น้ำหนัก ถาด(ก.)	น้ำหนัก ก่อนอบ (ก.)	น้ำหนัก หลังอบ(ก.)	% Wb	ลักษณะมัน เส้นก่อนอบ	ลักษณะมันเส้นหลังอบ	บรรยายภาพ แป้งมันเส้น (หลังอบ)
	1	3.9	1507	491	67.41			แป้งสุกมาก ผิว ภายในแห้ง,แข็ง และแตก ไม่เกิด เจล
	1.5	4.1	1522	533	64.98			ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
90°C / 10ชม.	2	4.0	1501	535	64.35			ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล

	2.5	4.1	1513	570	62.32		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
	3	4.0	1523	607	60.14		ผิวภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
	1	3.9	1504.6	445	70.42		แป้งสุกมาก ผิว ภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
	1.5	4.1	1504.5	509	66.16		แป้งสุก ผิว ภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
105°C/ 10 ชม.	2	4.0	1528	498.5	67.50		แป้งสุก ผิว ภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
	2.5	4.1	1513	503	66.75		แป้งสุก ผิว ภายในแห้ง, แข็ง ไม่เกิดเจล
	3	4.0	1535	539	64.88		แป้งสุก ผิว ภายในเหมือน มันฝรั่ง, ไม่แข็ง มากไม่เกิดเจล

จากการทดลองมันเส้น นำมันสำปะหลังตัดผ่าเส้นกึ่งกลางของหัวมันสด และตัดให้มีขนาด กxย 4x4 เซนติเมตร มีความหนา 1, 1.5, 2, 2.5, และ 3 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 90 และ 105 องศาเซลเซียส ลักษณะ แป้งสุกมาก มีสีน้ำตาล แข็งแห้ง และแตกมากกว่าทุกตัวอย่าง ตัวอย่างแป้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความหนา 3 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อแน่นนุ่ม ผิว

ด้านในเหมือนมันนึ่ง ในการทดลองนี้ไม่สามารถนำตัวอย่างไปทดลอง การเกิด gelatinization temp ได้ เนื่องจากตัวอย่างผิวภายในมันเส้นแห้ง แป้งสุก

การทดสอบอบมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็ก



รูปที่ 11 การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 105 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

การอบแห้งมันเส้นที่อุณหภูมิ 105 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีไม่เกิดเจล เพราะใช้เครื่องอบที่มีลักษณะเป่าลมร้อนสูง ทำให้แพร่กระจายความร้อนของมันเส้นแห้งและสุกเร็วในช่วงแรก เมื่ออบนาน 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ตัวอย่างไม่เกิด gelatinization temp



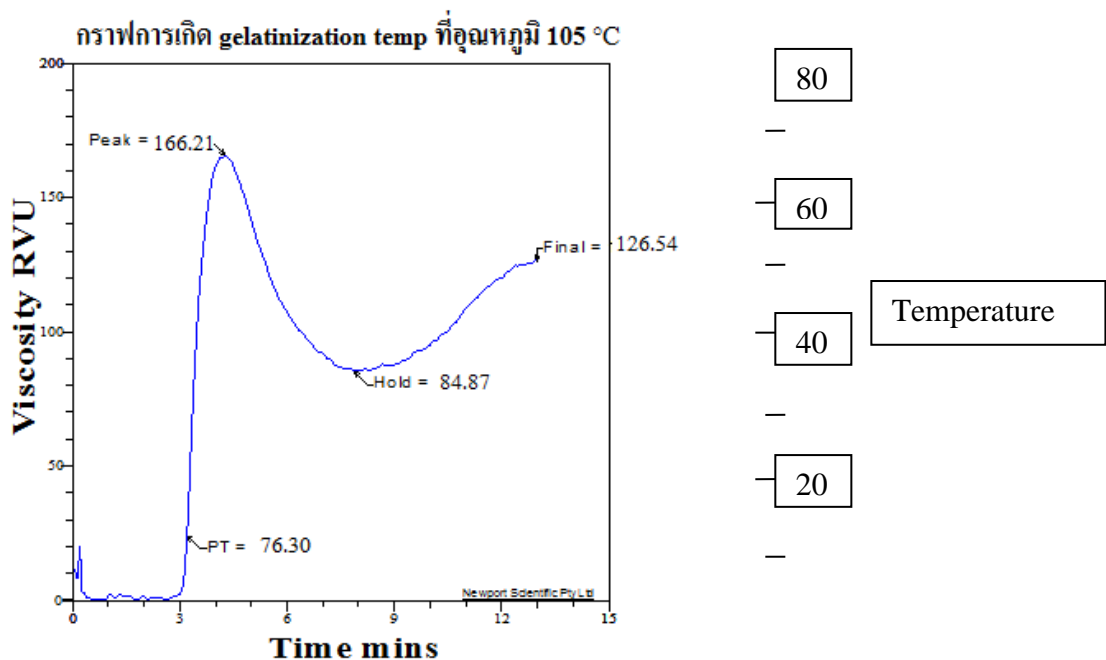
รูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบมันเส้นอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบโรตารีกับมันเส้นจากการตากแดด

ความชื้นในตัวอย่างมันเส้นหาได้โดยใช้วิธี นำตัวอย่างมันเส้นไปชั่งน้ำหนักเปียกบันทึกข้อมูล แล้วนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของแห้งที่ได้เพื่อหาน้ำหนักที่หายไปและคำนวณเป็นปริมาณความชื้นและแสดงในรูปของร้อยละของความชื้น ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงแก๊สสูงต้มเพื่อหาค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการอบแห้งมันเส้น วัดค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่าการใช้ปริมาณไฟฟ้าของพัดลม และชุดขับเคลื่อนถึงในช่วงเวลาการอบแห้ง

ตารางที่ 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)	105
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	10
อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(kg/hr)	1.2
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	1.5

ทดสอบการเกิด gelatinization temp ที่อุณหภูมิ 105 °C ของแป้งมันเส้น วัดโดยใช้เครื่อง RVA ซึ่งตัวอย่างแป้ง 3 กรัม ใส่ในกระบอก ซึ่งด้วยเครื่องซึ่งละเอียด เติมน้ำปริมาณ 25 มิลลิลิตร ทำโดยใส่น้ำแป้งในกระบอก ที่มีใบพัดกวนให้แป้งผสมกัน นำกระบอกและใบพัดกวนใส่เข้าเครื่องวิเคราะห์ RVA เครื่องวิเคราะห์แสดงลักษณะกราฟ ดังรูปที่ 8



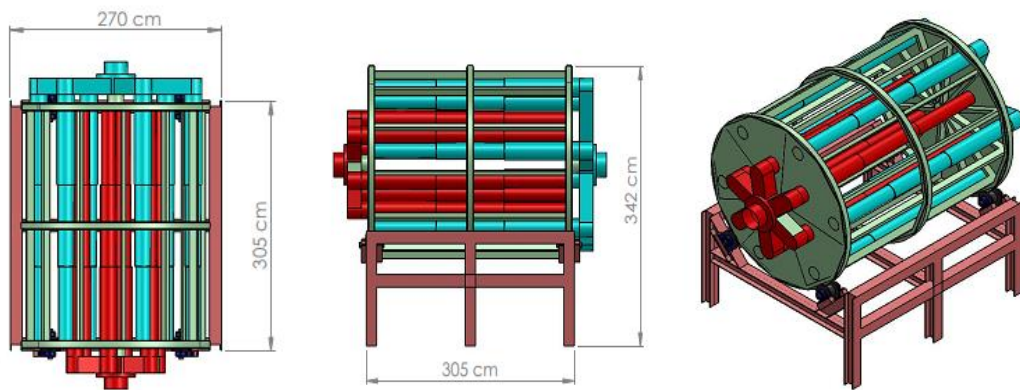
รูปที่ 13 กราฟการเกิด gelatinization temp ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส



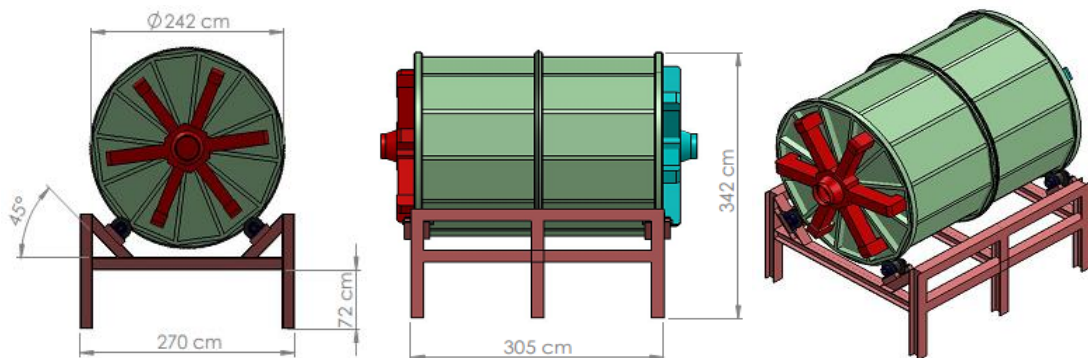
ปัญหาที่พบจากการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีคือ อัตราการแห้งของชิ้นมันที่มีขนาดใหญ่และเล็กแห้งเร็วต่างกัน โดยชิ้นใหญ่จะแห้งช้ากว่าชิ้นเล็ก จึงควรมีการคัดแยกขนาดชิ้นมันให้มีขนาดใกล้เคียงกันในการอบแห้ง

### 3) การออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งมันเส้นขนาดความจุประมาณ 5 ตันมันเส้นสด

พบว่าการออกแบบถังอบแห้งมันเส้นแบบโรตารีขนาดใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของการกระจายลมร้อนที่ทั่วถึงในการอบชิ้นมัน จึงต้องมีการพัฒนาระบบท่อลมร้อนให้กระจายลมร้อนได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 14 แสดงแบบการวางท่อลมร้อนถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด



รูปที่ 15 ภาพด้านหน้า ด้านข้าง และ 3 มิติ แบบถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด



รูปที่ 16 การสร้างถังอบแห้งมันเส้นขนาดความจุ 5 ตันมันเส้นสด



รูปที่ 17 การม้วนและเชื่อมต่อท่อลมถังอบแห้งมันเส้น



รูปที่ 18 พัฒนแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสำหรับลมร้อนในการอบแห้ง



รูปที่ 19 เตาชีวมวลในการสร้างลมร้อนในการอบแห้ง

ตารางที่ 3 ผลการประมาณการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่ (ประมาณ 5,000 กิโลกรัม)

รายการ	ข้อมูล
น้ำหนักมันเส้นสด(kg)	5,000
ความชื้นเริ่มต้น(%w.b.)	62
น้ำหนักมันเส้นหลังอบแห้ง(kg)	2,184
ความชื้นสุดท้าย(%w.b.)	13
สัดส่วนมันเส้นสด:มันเส้นอบแห้ง	2.29:1
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง(°C)	105
เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด(hr)	10
อัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล(kg/hr)	250
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	87.3

ข้อมูลที่ได้ยังเป็นเพียงการคำนวณมาจากผลการทดสอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดเล็กซึ่งมีหลักการที่คล้ายกัน ทั้งนี้เครื่องอบแห้งขนาดความจุ 5,000 กิโลกรัม ยังไม่เสร็จสมบูรณ์

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่ออกแบบขนาดความจุ ประมาณ 5,000 กิโลกรัม ขนาดถังอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.40 เมตร ยาว 3.00 เมตร มีการวางท่อลมร้อนให้กระจายทั่วถึงมันเส้นในถัง ใช้มอเตอร์ในการหมุนถึงขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบถึงหมุน 0.5 รอบ/นาที ใช้อบแบบไม่ต่อเนื่องเพราะต้องใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 10 ชั่วโมง จากความชื้นมันเส้นเริ่มต้น 62% ลดลงเหลือ 13% ที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 105 องศาเซลเซียส การใช้

เชื้อเพลิงจากฟืน ประมาณ 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังการอบแห้งจะได้มันเส้นเหลือประมาณ 2,184 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วน มันเส้นสดก่อนอบต่อมันเส้นอบแห้งหลังอบ 2.29:1

คำแนะนำ การใช้เครื่องอบแห้งสำหรับทำแห้งมันเส้นนั้นมีต้นทุนการทำแห้งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการตากลาน แต่จะช่วยแก้ปัญหาและลดการสูญเสียของมันเส้นในช่วงที่ฝนตกและมันเส้นเกิดความเสียหาย จึงเสนอแนะให้มีการใช้เครื่องอบแห้งควบคู่ไปกับการตากลานโดยจัดการอย่างเหมาะสมก็จะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เครื่องอบแห้งมันเส้นเพื่อเพิ่มคุณภาพการผลิตมันเส้นให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและการส่งออก ลดการสูญเสียจากการเก็บรักษามันสดและช่วยสร้างรายได้ให้เกษตรกรเพิ่มขึ้น เพิ่มศักยภาพการผลิตมันเส้นในการเป็นวัตถุดิบการผลิตอาหารสัตว์ เป็นแนวทางให้กับผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งาน ขยายผลเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์

## 11. คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งมันเส้นให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## 12. เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนกันยายน 2547. แหล่งที่มา :

[http://www.dft.moc.go.th/the\\_files/\\$58/level4/tapp1.htm](http://www.dft.moc.go.th/the_files/$58/level4/tapp1.htm) ตุลาคม 2547

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548. มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา :

[http://www.thaifita.com/ascn\\_potato1.doc](http://www.thaifita.com/ascn_potato1.doc) มีนาคม 2548.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. แผนปฏิบัติการและพัฒนามันสำปะหลังตามแนวยุทธศาสตร์สินค้าเกษตร.

แหล่งที่มา : [http://www.ldd.go.th/menu\\_sampalank/plan/11.html](http://www.ldd.go.th/menu_sampalank/plan/11.html)

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

दनัย ศุภอาหาร. 2537. พฤษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรม **ร้อน**.

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 17(1), 32-41

ปรารธนา ปรารธราตี, จิรัชัย พุทธกุลสมศิริ, เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. 2552. การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

ภาคีสุนัยนวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธุ์ วิบูลย์ เทเพนทร์ นิทัศน์ ตั้งพิณิจกุล ปรีชา อานันท์รัตนกุล ยงยุทธ คงชาน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2553. ปรับปรุงถังอบเครื่องอบแห้งกาแฟโรบัสต้าแบบโรตารีเป็นถังอบทรงกระบอกเหลี่ยม. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๐ ประจำปี พ.ศ.๒๕๕๓. นวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเศรษฐกิจพอเพียงและชุมชนเข้มแข็ง. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. หน้า ๒๓๗-๒๔๑

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

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

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 สุภัญญา 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. Rao 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.