การตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

Cassava Chips with Solar Energy

อรรถวิทย์ สังฆะมณี, [1] นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์, [2] โสภา แคนสี, [3*] ธีรศาสตร์ คณาศรี, [4] วีระวัฒน์ ศรีชา [5]
Attawit Sungkamanee, [1] Niwat Angkawisittpan, [2] Sopa Cansee, [3*] Teerasad Kanasri, [4]
Veerawat Srichar, [5]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากซีเมนต์ และยกระดับสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร การศึกษาประกอบด้วยการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นด้วยการลวกก่อนนำไปอบแห้ง เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น ปัจจัยการศึกษาประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลังเส้น 4 ระดับ คือ ต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร วางบนถาดความสูง 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร นำไปอบแห้งบนพื้นตากในรูปแบบต่างกัน และการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้นด้วยวิธีการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลทดลองพบว่า ระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นตามขนาดและชั้นความสูงวางมันสำปะหลังเส้น และผลการลวกมันสำปะหลังเส้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้ทุกขนาด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ไม่ผ่านการลวก และนอกจากนี้ยังพบว่าการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดเจลใสบนผิวมันสำปะหลังเส้น

คำสำคัญ: มันสำปะหลังเส้น, พลังงานแสงอาทิตย์, การอบแห้ง, การเตรียมวัสดุ

Abstract

This research aimed studying the effects patterns of the cassava chips solar drying on cement field and elevation 5 cm height .Cassava chip samples were pretreated by blanching before drying to reduce the drying time. The factors consisted of four levels of sizes of cassava chips that were <2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5, and 3.5-4.0 cm; these cassava chips were laid on the tray with four levels of thickness that were 2 4 6 and 8 cm; Dried on drying field different and the cassava chip samples were pretreated by blanching the water at temperatures of 60 and 70 °C for 10 minutes. It was found that the drying time of cassava chips would be increased with the size and the thickness increasing. Moreover, the larger size and height thickness. The result of blanching of cassava chips with temperature of 60 °C were that it could

---

[1,5] นิสิตปริญญาโท, [2,3] อาจารย์, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และสาขาวิศวกรรมเครื่องกล, [4] นิสิตปริญญาเอก, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1,5] Graduate Program, [2,3] Lecturer, Department of Electrical Engineering and Mechanical Engineering, [4] Postgraduate Student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author: Sops Cansee, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand. Email address: sopa.c@msu.ac.th

be reduced drying time of all cassava chip samples when compared untreatment. Besides,The blanching cassava chips with water of 70 °C were gelatinized around outside surface.

Keyword: Cassava chips, solar energy, drying, pretreatment

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นผู้ผลิตรายใหญ่[1] มีรายงานพื้นที่การเพาะปลูกรวมทั้งประเทศปี พ.ศ. 2552 ประมาณ 8.2 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 30 ล้านตัน[2] ซึ่งผลผลิตจำนวนนี้แปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังเส้น และมันอัดเม็ด สำหรับเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมภายในประเทศมีปริมาณสูงถึง 20 ล้านตันของผลผลิต การแปรรูปเป็นมันสำปะหลังเส้น และมันอัดเม็ด 12 ล้านตัน และใช้อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ 8 ล้านตัน รวมถึงการส่งออกมันสำปะหลังเส้นไปยังตลาดต่างประเทศประมาณ 4 พันตัน คิดเป็นมูลค่า 18,900 ล้านบาท[3] การแปรรูปมันสำปะหลังเส้นช่วยลดน้ำหนักเพื่อสะดวกต่อการขนส่งยิ่งขึ้น นอกจากนี้มันสำปะหลังเส้นสามารถเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังอีกช่องทางหนึ่งที่เกษตรกรทำได้เอง และอาจแก้ปัญหาราคาหัวมันสดที่ตกต่ำโดยในปี พ.ศ. 2548 เคยรับซื้อมีราคาต่ำถึง 0.63 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อผ่านการแปรรูปเป็นมันสำปะหลังเส้นจำหน่ายได้ราคา 7.20-7.46 บาทต่อกิโลกรัม[2,4]

การแปรรูปมันเส้น หรือมันสำปะหลังเส้น มีขั้นตอนเริ่มจากหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสด ทำการตัดแยกหัวมันออกจากเหง้า สับหัวมันสำปะหลังด้วยมือหรือสับด้วยเครื่อง และนำไปตากแห้งบนลานซีเมนต์[5] โดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ลดความชื้น หรือตากบนพื้นดินที่รองด้วยตาข่ายป้องกันการปนเปื้อนของดิน การแปรรูปมันสำปะหลังเส้นด้วยวิธีการตากแดดแบบธรรมชาติเป็นวิธีที่พบมากสุด เพราะมีขั้นตอนการทำสะดวกและประหยัด แต่ต้องใช้ระยะเวลาการตากนาน 3-5 วัน[6] เพื่อให้ได้ความชื้นประมาณ 13-14%w.b. ซึ่งป้องกันการเกิดเชื้อราได้ แต่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวน[7] ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ทำให้มีคุณภาพต่ำหลังการจัดเก็บ เช่น การรบกวนจากแมลง[8] และข้อจำกัดของแสงอาทิตย์ที่ไม่เอื้ออำนวยในการตาก การแก้ไขวิธีการแปรรูปมันสำปะหลังเส้นจำนวนมากในระหว่างการตากบนลานจึงต้องกลับชิ้นมันสำปะหลังเส้นทุกชั่วโมง ซึ่งต้องเสียค่าแรงงานหรือค่าน้ำมันรถแทรกเตอร์ เพื่อให้ความชื้นลดลงสม่ำเสมอ[9] สำหรับอีกวิธีการที่ช่วยเร่งอัตราการอบแห้งสามารถทำได้ด้วยการเตรียมวัสดุตัวอย่าง (พรีทรีทเมนต์) ก่อนอบแห้งเพื่อปรับสภาพจลนพลศาสตร์เฉพาะของพืชประเภทอาหาร ซึ่งช่วยให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น[10]

เนื่องจากการปรับสภาพทางกายภาพช่วยลดความต้านทานการระเหยผ่านของน้ำ สามารถเพิ่มอัตราการอบแห้ง และลดระยะเวลาการอบแห้ง จากรายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับสภาพก่อนการอบแห้ง เช่น พริกแดง[11] พริกหวาน[12] และผลพลัม[13] จะช่วยให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น อีกวิธีการหนึ่งทำได้ด้วยการลวก[14] จากรายงาน[15,16] พบว่าผลทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการลวก เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของโครงสร้างภายในลดลงทำให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลง ขั้นตอนการเตรียมวัสดุด้วยการแช่น้ำร่วมกับวิธีการลวก จึงถูกนำมาใช้สำหรับพืชประเภทแป้ง เช่น มันฝรั่ง[17] มันสำปะหลัง[18] จากการศึกษา[19] รายงานว่าการลวกมันฝรั่งในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลมร้อน 0.8 เมตรต่อวินาที พบว่า มันฝรั่งที่ผ่านการลวกก่อนจะช่วยลดระยะเวลาอบแห้งลงได้ สอดคล้องกับการศึกษา[20] พบว่า การอบมันสำปะหลังอบด้วยลมร้อนหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ที่เตรียมตัวอย่าง แช่และลวกน้ำร้อนสามารถเพิ่มอัตราการอบแห้งได้ แต่เนื่องจากอุณหภูมิความร้อนที่ลวกสูงเกินไปทำให้โครงสร้างภายในของพืชกลุ่มแป้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ (Browning) และเกิดเจล (Gelatinization) ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการระเหยน้ำบริเวณผิวภายนอกในการอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์[21]

อย่างไรก็ตามรายงานการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีเพียงรายงานการอบแห้งมันสำปะหลังที่ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งแตกต่างกับมันสำปะหลังเส้นบนลานตากที่ต้องการแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร หรือผลิตเอทานอล มีเพียงรายงาน[22] ศึกษาอบแห้งมันเส้นขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ด้วยการตากธรรมชาติสภาวะอากาศความชื้นสัมพัทธ์สูงในรูปแบบที่ต่างกัน คือ ตากบนลานคอนกรีต ในร่มบนลานคอนกรีต และตู้อบแสงอาทิตย์ พบว่าขนาดมันเส้นไม่มีผลต่อรูปแบบการตากแห้งมันสำปะหลังเส้น ซึ่งมีรูปแบบใกล้เคียงกับการทำแห้งบนลานตาก

จากข้อมูลดังกล่าวการศึกษาหาวิธีการการตากแห้งที่เหมาะสมจะช่วยลดความชื้น และการจัดการพื้นลานตากมันสำปะหลังได้ ดังนั้นการยกระดับพื้นตัวอย่างบนลานตาก และการเตรียมวัสดุก่อนการอบแห้งเป็นวิธีที่มีความสะดวกช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งลดระยะเวลาการอบแห้งจนได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี และนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตาก ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ขั้นตอนการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ใช้มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Kasetsart 50) และระยอง 5 (Rayong 5) ที่เกษตรกรนิยมปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดมหาสารคาม อายุการเก็บเกี่ยวระหว่าง 8-12 เดือน นำหัวมันสำปะหลังสดมาตัดหัวมันแยกจากเหง้าทำความสะอาด และสับหัวมันด้วยมือสับ ใช้ตระแกรงสแตนเลสขนาดรูเปิด 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 เซนติเมตร ร่อนแยกขนาดมันสำปะหลังเส้นให้มีขนาดใกล้เคียงกับตัวอย่างบนลานตากมี 4 ขนาด คือ ต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร แยกชิ้นมันสำปะหลังเส้นเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น

มันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการคัดแยกขนาดนำมาวางบนถาดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ขนาดกว้าง × ยาว เท่ากับ 24.5 cm × 33.0 cm กำหนดการวางบนถาดชั้นความสูงเท่ากับ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นจำนวนตัวอย่างละ 2 ถาด นำไปวางบนลานตากพื้นซีเมนต์ 2 รูปแบบดัง Figure 1 ตากวันละ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. ในระหว่างการทดสอบวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วยเทอร์โมมิเตอร์ การทดสอบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 70.4%

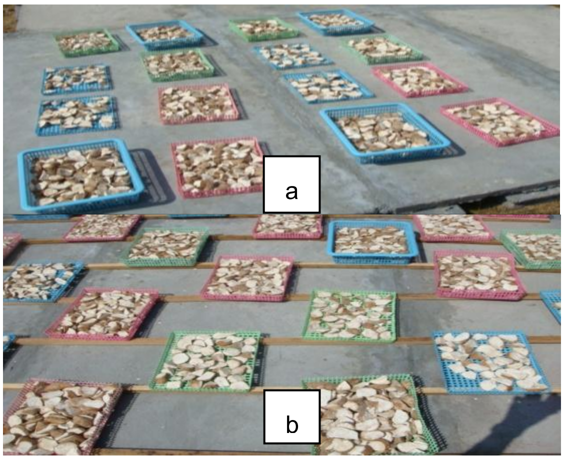

Figure 1 Cassava chip samples on a) cement field and b) elevation 5 cm

การเตรียมวัสดุทดลอง (Pretreament)

ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นนำมาปรับสภาพด้วยวิธีการลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ปล่อยให้เย็นในสภาวะอุณหภูมิห้อง จึงอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ Figure 2 บันทึกผลการทดลองด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัม ชั่งน้ำหนักตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นบนถาดทุกๆ 1 ชั่วโมงในช่วง 1-8 ชั่วโมงแรก และหลังจากนั้นทุกๆ 2 ชั่วโมง จนความชื้นมันสำปะหลังเส้นได้ประมาณ 13-14%w.b. และนำตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นไปหาความชื้นในตู้อบและคำนวณหาความชื้นสุดท้าย[23]

Figure 2 Solar tunnel dryer

ผลการศึกษา

ผลการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเฉลี่ยทั้งวันรังสีแสงอาทิตย์มีความเข้ม 492.1 วัตต์ต่อตารางเมตร ใช้ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่หั่นเป็นชิ้น 4 ขนาด มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 57.8%w.b. วางบนถาดระดับความสูงแตกต่างกัน 4 ระดับ เริ่มการตากแห้งบนลานตากตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. จนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นเริ่มคงที่ จากนั้นเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงกับระยะเวลาการตากแห้งดัง Figure 3 พบว่า การตากในช่วง 4 ชั่วโมงแรกความชื้นจะลดลงใกล้เคียงกัน แต่หลังจากชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป ความชื้นที่ลดลงจะเริ่มแตกต่างกันตามขนาดมันสำปะหลังเส้นมีเพียงขนาดต่ำกว่า 2.5 และ 2.5-3.0 เซนติเมตร ความสูง 2 เซนติเมตร ซึ่งความชื้นลดลงจนได้ตามมาตรฐานมันสำปะหลังเส้น ใช้เวลาประมาณ 29 ชั่วโมง ส่วนมันสำปะหลังเส้นทุกขนาดวางบนถาดความสูง 4 6 และ 8 เซนติเมตร บนลานตากต้องใช้ระยะเวลาการตากนานเกิน 30 ชั่วโมง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนในการระเหยความชื้นต่ำ ขณะที่มันสำปะหลังเส้นที่วางอยู่ด้านล่างถูกปิดทับช่องว่างอากาศจนมีความชื้นสูง และจากการวางมันสำปะหลังเส้นบนถาดชั้นความสูง 2 เซนติเมตร มีการวางกระจายให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างชิ้นมัน อากาศร้อนจึงไหลผ่านช่องว่างจากด้านล่างขึ้นมาด้านบน เกิดการแพร่ระเหยของไอน้ำได้สูง เนื่องจากลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไป ผลจากการสำรวจข้อมูลขนาดมันสำปะหลังเส้นบนลานตากผู้วิจัยพบว่า จำนวนมันสำปะหลังเส้นขนาดเล็ก (<2.5 และ 2.5-3.0 เซนติเมตร) และขนาดกลาง (3.0-3.5 เซนติเมตร) รวมกันมีสูงถึง 93.63% เมื่อต้องการตากแห้งลมร้อนอาจใช้ระยะเวลาประมาณ 32 ชั่วโมง (4 วัน) และมันสำปะหลังเส้นขนาดใหญ่ (3.5-4.0 เซนติเมตร) ที่มีเพียง 6.33% ต้องใช้ระยะเวลาอบแห้งนานเกิน 45 ชั่วโมง (5-6 วัน) เนื่องจากปัจจัยของลักษณะเฉพาะของชิ้นมัน เช่น ความหนาของชิ้น ความสม่ำเสมอของความหนาของชิ้น และความสูงการวางของชั้นที่ตากมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง[24] อย่างไรก็ตามพบว่า การวางบนถาดความสูง 2 เซนติเมตร มีผลต่อปริมาณในแต่ละรอบของการตากมันสำปะหลังเส้น

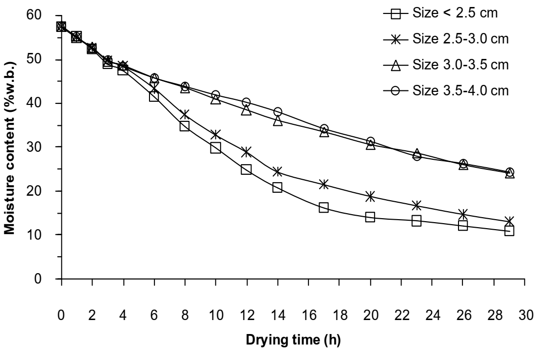

Figure 3 Variation of moisture content using natural drying for the different size on the tray thickness of 2 cm

ผลจากการสำรวจข้อมูลพื้นที่ลานตากผู้วิจัยพบว่า น้ำหนักมันสำปะหลังเส้นแห้งประมาณ 12,000 กิโลกรัม ต้องใช้พื้นที่ลานตาก 1,600 ตารางเมตร

เมื่อต้องการผลิตมันสำปะหลังเส้นเพิ่มจำเป็นต้องขยายพื้นที่การตากเพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อเพิ่มมันสำปะหลังเส้นบนถาดวางความสูง 4 6 และ 8 เซนติเมตร ความสูงในการวางทำให้มันสำปะหลังเส้นปิดทับช่องว่างอากาศ การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดการระเหยของน้ำเฉพาะมันสำปะหลังเส้นที่วางอยู่ด้านบน ดังนั้นระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นจึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณมันสำปะหลังเส้นที่เพิ่มมากขึ้นต่อพื้นที่การตาก[25] นอกจากนี้ยังพบว่า การวางมันสำปะหลังเส้นบนลานตากที่มีความสูงมากขึ้นมันสำปะหลังเส้นส่วนใหญ่จึงเกิดการเน่าเสีย เมื่อตากเป็นระยะเวลานาน

ผลจากการทดลองตากด้วยธรรมชาติบนลานซีเมนต์ โดยการยกระดับตัวอย่างให้สูงจากพื้น 5 เซนติเมตร ดัง Figure 4 ผลการศึกษาพบว่า การยกระดับพื้นให้สูงจากพื้นมีผลต่อการลดลงความชื้นของมันสำปะหลังเส้นทั้ง 4 ขนาด ที่ระดับความสูง 2 cm ความชื้นมีแนวโน้มลดลงรวดเร็วใกล้เคียงกัน และมีความต่อเนื่องในช่วงประมาณ 30 ชั่วโมงแรก จนความชื้นเริ่มคงที่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 38 ชั่วโมง และเมื่อเพิ่มระดับความสูงเป็น 8 เซนติเมตร ความชื้นจะเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาอบแห้งผ่านไป 40 ชั่วโมง เนื่องจากการตากแบบยกระดับให้สูงจากพื้นทำให้อากาศถ่ายเทลมร้อน อากาศสามารถผ่านได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง จึงมีอัตราการอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ลดลงจึงสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

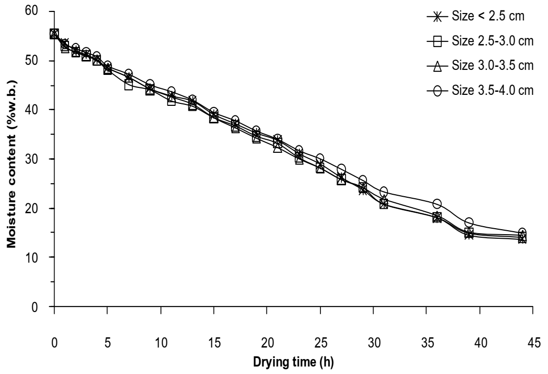

Figure 4 Moisture content for the different chips size on tray thickness of 2 cm with the raised elevated 5 cm

ผลการพรีทรีทเมนต์

ผลการทดลองการเตรียมมันสำปะหลังเส้นด้วยการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อนนำไปตากแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เพื่อหาวิธีการพรีทรีทเมนต์ที่เหมาะสมใช้กับการทำแห้งมันสำปะหลังเส้น เมื่อลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากการสังเกต พบว่า บริเวณผิวภายนอกมันสำปะหลังเส้นจะเกิดเจล และปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ สอดคล้องกับ[21] ส่วนการลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่ามันสำปะหลังเส้นไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา[26] พบว่า อุณหภูมิความร้อนของการเกิดเจลาติไนเซชัน มีผลต่อการแปรรูปพืชจำพวกแป้ง ได้แก่ มันฝรั่ง มันเทศ และมันสำปะหลัง มีอุณหภูมิระหว่าง 66.0-70.0 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาของการตากแห้งมันสำปะหลังเส้นในเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม โดยตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น 4 ขนาด ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส วางบนถาดความสูง 2 เซนติเมตร จากนั้นเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงผลการศึกษาดัง Figure 5 พบว่า ความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องใน 7 ชั่วโมงแรกใกล้เคียงกันมากใช้เวลาประมาณ 44 ชั่วโมง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของโครงสร้างภายใน ทำให้อัตราความชื้นที่ระเหยออกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหลังจากชั่วโมงที่ 7 ความชื้นที่ลดลงจะเริ่มแตกต่างกันเนื่องจากแต่ละขนาดของมันสำปะหลังเส้นมีผลต่อระยะ

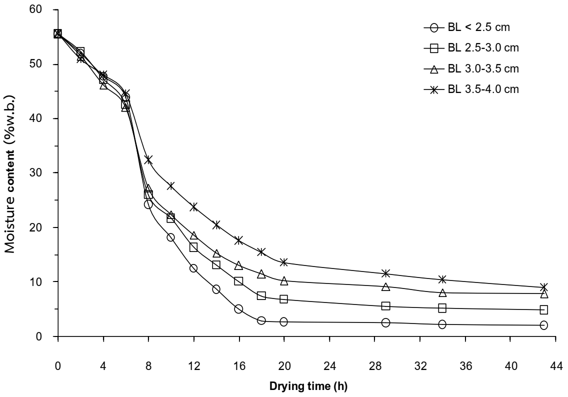

Figure 5 Cassava chips on thickness of 2 cm in tunnel dryer with blanching

เวลาในการอบแห้งที่แตกต่างกัน แต่หลังจากชั่วโมงที่ 19 เป็นต้นไป ความชื้นมันสำปะหลังเส้นทุกขนาดจะเริ่มคงที่

วิจารณ์และสรุป

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ระยะเวลาตากนานเกิน 30 ชั่วโมง (4 วัน) ขนาด และความสูงของชั้นวางมันสำปะหลังเส้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อระยะเวลาการอบแห้ง โดยความชื้นมันสำปะหลังเส้นบนถาดความสูง 2 เซนติเมตร ลดลงสูงสุดรองลงมา คือ 4 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้การยกตัวอย่างให้สูงจากระดับพื้นยังมีผลต่อการลดลงของความชื้นมันสำปะหลังเส้นทั้ง 4 ขนาด ที่ระดับความสูงแตกต่างกันมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกัน ใช้ระยะเวลาอบแห้งประมาณ 32 ชั่วโมง ส่วนผลการลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่สะดวกสามารถช่วยลดระยะการอบแห้งลงได้ 4 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นวิธีธรรมชาติ แต่การลวกที่ใช้ระดับอุณหภูมิสูง 70 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวอย่างเกิดเจล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับ นิสิตระดับปริญญาเอก งบประมาณรายได้ ปี 2555 จากสำนักส่งเสริมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโครงการทุนส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่ ปี 2554 สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงาน

กองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว. และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ขอขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรีที่มีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูลครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.
2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลผลผลิต ปี 2555. สืบค้นได้จาก URL: http://www2.oae.go.th/mis/Forecast/02_journal/forecast3-2555.pdf. May 10, 2012.
3. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553.สืบค้นได้จาก URL: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. Jan 9, 2011.
4. วรินธร ถนัดค้า. การวิเคราะห์การลงทุนในการผลิตมันเส้นสะอาด. กรณีศึกษาอำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.
5. ปานเทพ มารศรี. การวางแผนเชิงกลยุทธ์การดำเนินงานธุรกิจรวบรวมมันเส้นสะอาดของสหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. ชัยภูมิจำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551. หน้า 20.
6. Olufayo AA, Ogunkunle OJ. Natural Drying of Cassava Chips in the Humid Zone of Nigeria. Bioresource Technology 1996;58:89-91.
7. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมการสร้างตำรา คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
8. Condori M, Echaz R, Saravia L. Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. Renewable Energy 2001;22:447-460.
9. สุคนธา สุคนธารา. การเตรียมและสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเจลาติน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.
10. Kudra T. Energy aspects in drying. Drying Technology 2004;22:917-932.
11. Doymaz I, Pala M. Hot air drying characteristics of red pepper. Journal of Food Engineering 2002;55:331-335.
12. Vengaiah PC, Pandey JP. Dehydration kinetics of sweet pepper (Capsicum annum L.). Journal of Food Engineering 2007;81:282-286.
13. Kingsley DH, Guan DS, Hoover DG, Chen H. Processing the role of temperature and pressure oscillation. Journal of Food Protection 2006;69:2454-2459.
14. Agrry SE, Durojaiye AO, Afolabi TJ. Effects of pretreatment on the drying rate and time of potato. Journal of Food Science and Technology 2005;3:361-36.
15. Severini C, Baiano A, Pilli TD, Carbone BF, Derossi A. Combined treatments of blanching and dehydration. Study on potato cubes. Journal of Food Engineering 2005;68:289-296.
16. Potter NM, Hotchkiss JH. In Food science. Gaithersburg: Aspen Publisher, 1998;5:207-211.
17. Leeratanarak N, Devahastin S, Chiewchan N. Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. Journal of Food Engineering 2005;77:635-643.
18. Eze SO, Azubuike A. Assessment of the physicochemical properties and applications of some cassava varieties. Research Journal of Applied Sciences 2010;5:309-312.
19. Leeratanarak N, Devahastin S. Chiewchan N. Drying kinetics and quality of potato chips

undergoing different drying techniques. Journal of Food Engineering 2005;77:635-643.

20. Tunde-Akintunde TY, Afon AA. Modelling of hot-air drying of pre-treated cassava chips. The CIGR E-journal, Agricultural Engineering International 2009;12:34-41.
21. Senadeera W, Bhandari B, Young G, Wijesinghe B. Physical properties and fluidisation behaviour of fresh green bean particulates during fluidised bed drying. Food and Bioproducts Processing 2000;43-47.
22. Aliyu AB, Jibril H. Utilization of greenhouse effect for solar drying of cassava chips. International of journal Physical Sciences 2009;4(11): 615-622.
23. AOAC (1984). “Official Methods of Analysis of International 16th edition”, Association of Official Analytical Chemists.
24. Mohammed A. Size reduction of cassava chip and the drying rate. Journal trancampus 2010;9:1596-8308.
25. Thanh NC, Muttamara S, Lohani BN, Crao BVP, Burintaratikul S. Optimization of drying and peeleting techniques for tapioca root. Environmental Engineering division Asian Institute of Technology. Thailand. 2010.
26. Oates CG. Physical modification of starch. Presented in advanced post academic course on tapioca starch technology. Jan;22-26 & Feb;19-23. AIT Center Bangkok. Thailand. 1996.