

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การอบแห้งมันเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
ร่วมกับลมร้อน

โดย

ผศ.ดร. โสภา แคนสี

มิถุนายน 2556

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การอบแห้งมันเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
ร่วมกับลมร้อน

ผู้วิจัย

สังกัด

ผศ.ดร. โสภา แคนสี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาสารคาม

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

1. Project Title: Solar drying of cassava chip with hot air energy

2. Principal Investigator: Assist. Prof. Sopa Cansee, Mechanical Engineering depart, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Thailand. Tel. 043-754-316 Fax: 043-754-321

3. Problems and Rational:

The procedures in processing cassava chips or “Clean Cassava Chips” are as follows: harvesting fresh cassava roots, separating cassava roots from rhizome, cleaning cassava roots, manually chopping it or copping it by machine, and drying the cassava chips on cement field, or drying it on the ground supported by using nets to prevent the contamination from soil. Processing cassava chips by sun drying in naturally is commonly found in order to yield standard cassava chips because the procedures are easily economically done (Tunda and Afon, 2009). However, it takes 3 – 5 days to dry the cassava chips to prevent fungi (Olufayo and Ogunkunle, 1996). Besides, drying cassava chips might be risky to get damaged from the weather changes that decrease the quality of the products after harvesting, such as the disturbance by pest (Condori *et al.*, 2001). Consequently, the adjustment of condition of goods to be dried by using hot air temperatures would be considered that it can help accelerate the period of drying time (Minguez-Mosquera *et al.*, 1994; Tiris *et al.*, 1994; Ayensu, 1997; Del Valle *et al.*, 1998; Kudra, 2004; Chen *et al.*, 2000). So, the hot air drying is more suitable and more convenient to manage than the method of natural drying, and is more convenient to manage. Currently, the dryer using hot air is popular for drying agricultural products such as rice (Hachhafizoglu *et al.*, 2008), corn (Doymaz, 2003), banana (Dandamrongrak *et al.*, 2003), longan (Janjai *et al.*, 2011), potato (Ahmed *et al.*, 2003), and cassava (Tunde *et al.*, 2005) by using different techniques in controlling direction and sources of hot air. Another way that could help accelerate the drying can be done by preparing for sample materials (pretreatment) before drying by adjusting the kinetics of food plants (Kudra, 2004).

Cassava chips drying with the open sun drying on the elevation concrete floor will be absent. This is way more convenient and suitable for applied cassava chip drying of enterprise. Therefore, appropriately using cassava chips that were separated in order to get similar size with the drying field, combined with the pretreatments for cassava chips before drying might help decrease drying time for applying.

4. Objective:

The objective research is decrease drying time of cassava chips. The detail of the studying is classified 4 main parts: 1) To study pattern of dried cassava chip with natural drying 2) To study

cassava chips with hot air 3) To study preparation method before drying with hot air and 4) To study solar drying of cassava chips together hot air.

5. Methodology:

The cassava roots were separated from the stalks. Then, chopped cassava roots and using a wire rack, stainless steel to classify sizes of 2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 cm. The cassava chips were tested thickness of than 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 and 3.5-4.0 cm height. Cassava chips with solar drying on the concrete floor and lift 5 cm high, cassava chips drying with hot air at 60 and 70 °C, pretreatment cassava chips with blanched in hot water at 60 and 70 °C, the blanching and soaking solution for 10 min and cassava chips solar drying with hot air temperatures 40, 50 and 60 °C.

6. Expected Output:

6.1 Month 1-6: Determination of cassava chip drying with hot air.

6.2 Month 2-12: Determination of cassava chip with natural drying.

6.3 Month 12-18: Determination of cassava chip pretreatment with blanching, and blanching and soaking solution.

6.4 Month 18-24: Determination of cassava chips solar drying together with hot air temperatures 40, 50 and 60 °C.

7. Research Innovation/Invention:

Solar drying of cassava chip with hot air energy will be investigated decreasing cassava chip drying time, natural drying, hot air drying, pretreated samples before drying and solar drying together with hot air. It will make cassava chip industry more sustainable.

8. Duration 24 months

9. Budget

Personnel cost	240,000	Baths
Material and supplied	160,000	Baths
Equipment and facilities	44,000	Baths
Operations/travel costs	36,000	Baths
Others	-	Baths
Total	480,000	Baths

Keywords : Cassava chip, hot air drying, solar drying together with hot air

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ) และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (มมส) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สมโภชน์ สุตาจันทร์ ที่ปรึกษาโครงการ ขอขอบสำนักงานพลังงานจังหวัดมหาสารคาม กระทรวงพลังงานที่เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ทดสอบและอุปกรณ์การทดสอบนี้ ขอขอบคุณนิสิตปริญญาตรี นายวิฑูรย์ งามอาจ นายพงศ์วิศ ไพรินทร์ นายวีระวัฒน์ ศรีชา นางสาวพรธัญญ์ แสนมี นายพลกร บัฒนา นายกิตติศักดิ์ สุนทร ที่ช่วยงานทดสอบอย่างแข็งขัน และขอบคุณนายธีรศาสตร์ คณาศรี นิสิตปริญญาเอก ที่ดูแลการทดสอบและช่วยเหลือข้อมูลต่างๆ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ทดสอบด้วยดี

บทคัดย่อ

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น ประกอบด้วยการศึกษารูปแบบการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน วิธีการเตรียมมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้ง ด้วยลมร้อนและการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ปัจจัยการศึกษาประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลังเส้น 4 ระดับ คือต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร ความหนา 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร การตากมันเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 2 รูปแบบ การตากบนพื้นและยกสูง 5 เซนติเมตร การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส การเตรียมมันสำปะหลังด้วยวิธีการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส การลวกและแช่สารละลาย นาน 10 นาที และการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนอุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบยกสูงสามารถเพิ่มความหนาของชั้นตากได้ถึง 6 เซนติเมตร โดยไม่เน่าเสีย สามารถเพิ่มปริมาณการตากได้มากกว่า 3 เท่า เวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนจะลดลงตามขนาดและชั้นความสูงไม่เกิน 6 เซนติเมตร ส่วนวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยการลวกอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จะสามารถลดเวลาการอบแห้งลงได้มากกว่า 27 เปอร์เซ็นต์ และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชั้นความหนาไม่เกิน 4 เซนติเมตร เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสม

คำสำคัญ: มันสำปะหลังเส้น การอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

Abstract

Solar drying of cassava chip with hot air energy is proposed to reduce drying time of cassava chips. The detail of the studying is classified 4 main parts: 1) To study pattern of dried cassava chip with natural drying 2) To study cassava chips with hot air 3) To study preparation method before drying with hot air and 4) To study solar drying of cassava chips together hot air. The main factors are the fourth level cassava chip sizes, less than 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 and 3.5-4.0 cm, four levels of 2, 4, 6 and 8 cm height. Methodically, cassava chips with solar drying on the concrete floor and lift 5 cm high, cassava chips drying with hot air at 60 and 70 °C, pretreatment cassava chips with blanched in hot water at 60 and 70 °C, the blanching and soaking solution for 10 min and cassava chips solar drying with hot air temperatures 40, 50 and 60 °C.

The results showed that the natural cassava chips drying with elevation can increase up to 6 cm thick layer without spoilage. Moreover, quantity increasing was more than 3 times of on the concrete. The drying time of cassava chips with hot air is reduced vary sizes and the height is not more than 6 cm. The pretreatment with blanching at 60 °C for 10 minutes to decrease drying time as much as 27 percent and a solar drying with hot air temperature of 50 °C, the thickness is less than 4 cm in optimal conditions.

Keywords: Cassava chip, hot air drying, solar drying together with hot air

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มันท้าปะหลัง และมันเส้น	3
2.2 การแปรรูปมันเส้นและมันอัดเม็ด	4
2.3 อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด	6
2.4 การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	7
2.5 การทรีทเมนต์ที่มีต่อการอบแห้ง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	12
3.1 การศึกษาการตากมันท้าปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	12
3.2 การศึกษาการอบแห้งมันท้าปะหลังเส้นด้วยลมร้อน	15
3.3 การศึกษาการพรีทรีทเมนต์ต่อการอบแห้งมันท้าปะหลังเส้น	16
3.4 ออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบมันท้าปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน	18
บทที่ 4 ผลการศึกษา และอภิปรายผล	20
4.1 ผลการศึกษาการตากมันท้าปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	20
4.2 ผลการศึกษาการอบแห้งตากมันท้าปะหลังเส้นด้วยลมร้อน	24
4.3 ผลการเตรียมตัวอย่างมันท้าปะหลังต่อการอบแห้ง	29
4.4 ผลการศึกษาการอบแห้งมันท้าปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการศึกษา และอภิปรายผล	40
5.1 ผลการศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	40
5.2 การศึกษาการอบแห้งตากมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน	40
5.3 การเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังต่อการอบแห้ง	41
5.4 การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน	41
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก บทความที่เผยแพร่	47
ภาคผนวก ข การตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	56
ภาคผนวก ค การตากมันสำปะหลังเส้นบนพื้นยกระดับสูง 5 cm	73
ภาคผนวก ง การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน	90
ภาคผนวก จ การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน	115

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 มั่นเส้นและมันอัดเม็ด (กลั่นรงค์ และคณะ. 2542)	6
รูปที่ 2.2 การอบแห้งระบบ Passive	7
รูปที่ 2.3 การอบแห้งระบบ Active	8
รูปที่ 2.4 การอบแห้งระบบ Hybrid	8
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น	12
รูปที่ 3.2 ตะแกรงแยกขนาดมันสำปะหลังเส้น	13
รูปที่ 3.3 การอบหาค่าความชื้นเริ่มต้น	13
รูปที่ 3.4 การตากมันสำปะหลังเส้นวิธีธรรมชาติ	14
รูปที่ 3.5 การตากมันสำปะหลังเส้นบนพื้นยกระดับสูง 5 เซนติเมตร	14
รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบเครื่องอบลมร้อน	15
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งลมเข้า-ออกของเครื่องอบลมร้อน	16
รูปที่ 3.8 การลวกมันสำปะหลังเส้นในหม้อต้มน้ำ	17
รูปที่ 3.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน	18
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งวัตถุอุณหภูมิในห้องอบแห้ง	19
รูปที่ 4.1 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นขนาดต่างๆ ที่ชั้นความสูง 2 เซนติเมตร	20
รูปที่ 4.2 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นขนาดต่างๆ ชั้นความสูง 4 เซนติเมตร	21
รูปที่ 4.3 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 2 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร	22
รูปที่ 4.4 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 4 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร	23
รูปที่ 4.5 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 6 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร	23
รูปที่ 4.6 ความชื้นมันสำปะหลังขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	24
รูปที่ 4.7 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	25
รูปที่ 4.8 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	25
รูปที่ 4.9 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	29

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 ความชื้นมันสำปะหลังขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	27
รูปที่ 4.11 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	27
รูปที่ 4.12 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	28
รูปที่ 4.13 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	28
รูปที่ 4.14 มันสำปะหลังเส้นลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที	29
รูปที่ 4.15 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการลวกและไม่ลวกด้วยน้ำร้อน	30
รูปที่ 4.16 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการลวกด้วยระยะเวลาต่างกัน	31
รูปที่ 4.17 ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์	32
รูปที่ 4.18 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร พรีทรีทเมนต์ BL+EO และ BL+PO	32
รูปที่ 4.19 อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งในตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่างกัน	33
รูปที่ 4.20 อุณหภูมิชุดเซนเซอร์ภายในห้องอบแห้ง (A) 40 (B) 50 และ (C) 60 °C	34
รูปที่ 4.21 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ที่อบแห้งอุณหภูมิต่างกัน	36
รูปที่ 4.22 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด (A) 2.5-3.0, (B) 3.0-3.5 และ (C) 3.5-4.0 เซนติเมตร	37
รูปที่ 4.23 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C	38
รูปที่ 4.24 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความหนา 4 ระดับ	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลพื้นที่ปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตมันสำปะหลัง ประเทศไทยปี 2552	4
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของหัวมันสำปะหลัง	5
ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขทดสอบการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้ง	17
ตารางที่ 4.1 Drying time of cassava chips in different pretreatment	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก (สิทธิโชค และกล้าณรงค์, 2543) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550) รายงานพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ ปี พ.ศ. 2550 จำนวนประมาณ 8.5 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 30 ล้านตัน ซึ่งผลผลิตจำนวนนี้แปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง มันเส้นและอื่น ๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปภายในประเทศมีปริมาณสูงถึง 20 ล้านตันของผลผลิต มีการแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด 12 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การผลิตเอทานอล และการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) รายงานการส่งออกมันเส้นประมาณ 4 พันตัน คิดเป็นมูลค่า 18,900 ล้านบาท ซึ่งการแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดเป็นมันเส้นนั้น เป็นการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังอีกช่องทางหนึ่งที่เกษตรกรสามารถทำได้เอง และอาจแก้ปัญหาหาค่าหัวมันสดที่แปรปรวนไม่แน่นอน โดยในปี พ.ศ. 2543 เคยมีราคาต่ำถึง 0.63 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ปี พ.ศ. 2553 มีราคา 2.25 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อผ่านการแปรรูปเป็นมันเส้นจำหน่ายได้ราคา 5.50 บาทต่อกิโลกรัม (วรินธร, 2548 ; ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

การแปรรูปมันเส้นหรือ “มันเส้นสะอาด” มีขั้นตอนเริ่มจากหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสด ทำการคัดแยกหัวมันออกจากเหง้า และการสับด้วยมือหรือสับด้วยเครื่อง นำมันเส้นที่ได้ไปตากแห้งบนลานซีเมนต์อาศัยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (ปานเทพ, 2551) หรือการตากบนพื้นดินรองด้วยตาข่ายเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของดิน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542) ทำให้การแปรรูปมันเส้นในปัจจุบันประสบปัญหาระยะเวลาในการตากนาน และลานตากมันเส้นยังมีความเสี่ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวน (วัชรินทร์, 2550) การแก้ไขการตากแบบวิธีธรรมชาติด้วยวิธีการอบแห้งในโรงเรือน หรือการใช้เครื่องอบแห้งจึงมีความเหมาะสมและสะดวกต่อการจัดการมากกว่าการตากแบบวิธีธรรมชาติ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

จากรายงานของ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับมหาวิทยาลัยศิลปากร (2551) ทำการศึกษาการตากแห้งพืชผลทางการเกษตรในโรงเรือน พบว่าความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถวัดอุณหภูมิอบแห้งได้ถึง 40 °C ส่วนการอบแห้งขณะที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ เมื่อต้องการให้แห้งเร็วขึ้นต้องอาศัยพลังงานร่วมหรือพลังงานไฟฟ้าช่วยรักษาอุณหภูมิให้คงที่ หนึ่งเมื่อพิจารณาการอบแห้งขึ้นมันที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่ามีความเหมาะสมต่อการอบแห้ง (Salgado, 1994) สอดคล้องกับการศึกษาของ คำนิง (2550) รายงานว่าการอบแห้งขึ้นมันสำปะหลังด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลาในการอบแห้งขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดความหนาของชิ้นมันโดยชิ้นมันสำปะหลังขนาด 4-5 มิลลิเมตร ความหนาของชิ้นการอบแห้ง 3 เซนติเมตร ความเร็วลม 0.4 เมตรต่อวินาที ให้ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว จากรายงานของ Mahmutoglu et al. (1996) ทำการศึกษาการอบแห้งผลองุ่นด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งให้เห็นว่าการทรีทเมนต์ก่อนการอบแห้ง ด้วยการแช่ Potassium

carbonate ผสมกับ Olive oil ที่มีความเข้มข้น 5% v/v และ 1.5% v/v ตามลำดับ สามารถลดระยะเวลาการตากบนลานซีเมนต์ได้ นอกจากนี้ Ibrahim (2003) ศึกษาการจุ่มลูกพลัมในสารละลาย Potassium carbonate กับ Ethyl oleate (AEO) ความเข้มข้น 5% v/v และ 2% v/v แล้วทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง 29.4% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ การพิจารณาวิธีการเพื่อหาทางลดระยะเวลาการอบแห้ง อาจเป็นแนวทางช่วยในการอบแห้งมันเส้นได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นการศึกษการอบแห้งมันเส้นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ด้วยวิธีการแบบชุดเซยอุณหภูมิ เป็นการหาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมันเส้นในทุกสภาวะอากาศ และนำผลที่ได้ไปเป็นรูปแบบสำหรับการลดความชื้นของการอบแห้งมันเส้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การศึกษการอบแห้งมันเส้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนครั้งนี้ เพื่อศึกษการอบแห้งมันเส้นอย่างต่อเนื่องขณะที่แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ โดยจะศึกษาในขั้นตอนการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์เพื่อศึกษาสภาพการตากบนลานตากของเกษตรกร และหาแนวทางการตากมันสำปะหลังเส้นอย่างต่อเนื่องและลดระยะเวลาการตากลงได้ ซึ่งมุ่งศึกษาปัจจัยขนาดของมันสำปะหลังเส้น ความหนาของชั้นตาก และวิธีการเตรียมมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้ง มีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. การศึกษการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการศึกษาเป็น 2 รูปแบบคือ แบบตากมันเส้นบนลานตาก และการยกสูงจากพื้น
2. การศึกษการอบแห้งมันเส้นด้วยลมร้อน และการพรีทรีทเมนต์ต่อการอบแห้งมันเส้น
3. การศึกษการอบแห้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การพัฒนาเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน มีขอบเขตการดำเนินการศึกษาดังนี้

1. ใช้ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกตลอดการทดลอง
 2. ทดลองการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C ความเร็วลมร้อน 1.5 m/s
 3. การพรีทรีทเมนต์ด้วยวิธีการลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C ที่เติมสารละลาย
 4. Potassium carbonate (K_2CO_3) และ Ethyl oleate (EO) ก่อนนำไปอบแห้ง
- มันสำปะหลังเส้นมีความชื้นไม่เกิน 13-14w.b.%

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มันสำปะหลัง และมันเส้น

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ในวงศ์ Euphobiaceae มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามรากศัพท์ภาษาอังกฤษ เช่น cassava, tapioca, manioc, mandioca และ yuca โดยชนิดที่ปลูกเป็นการค้าทั่วโลกนั้นมีเพียงชนิดเดียวคือ *Manihot esculenta* Crantz เดิมมีการใช้ชื่อว่า *Manihot utilissima* Pohl (เจริญศักดิ์, 2532) มันสำปะหลังที่ปลูกในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1) ชนิดหวาน (Sweet type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ไม่มีรสขมใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ มีทั้งชนิดเนื้อร่วนนุ่มและชนิดเนื้อเหนียวแน่น ไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ ได้แก่ มันสวน มันห่านาหรือก้านแดง และระยอง 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงขึ้น

2) ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง เป็นพิษ และมีรสขมไม่เหมาะสำหรับการบริโภคหรือเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ นอกจากนี้การแปรรูปเป็นอาหารโดยใช้ความร้อน เช่น ตากแดด เผาและต้ม ก็จะทำให้ไซยาไนด์สลายไป พันธุ์มันสำปะหลังชนิดขม ได้แก่ ระยอง 1 ระยอง 2 ระยอง 3 ระยอง 5 ระยอง 60 ระยอง 72 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 ศรีราชา 1 และห้วยบง 60

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกอยู่ในเขตร้อน สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีทนแล้ง จึงสามารถขึ้นได้ในดินทุกชนิด แต่เหมาะสมในดินร่วนปนทราย เพราะการลงหัวและการเก็บเกี่ยวทำได้ง่าย สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน) และช่วงปลายฤดูฝน (เดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน) ซึ่งการปลูกในช่วงฤดูฝนให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าในช่วงอื่น ๆ การเพาะปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ท่อนพันธุ์ปลูกแบบวางนอน ผึ่ง และการปลูกแบบปักลงในแปลง มันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 6 เดือนขึ้นไป แต่อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 8-12 เดือน ถ้าอายุมากเกินไปคุณภาพของหัวจะไม่ดี ฤดูกาลเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพหัวมันสำปะหลัง หัวมันที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง เนื่องจากหัวมันมีน้ำน้อย หลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังจะเน่าเสียเร็วมาก เกษตรกรจะรีบนำส่งโรงงานเพื่อทำการแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ดหรือแป้งมันสำปะหลัง จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตรวม และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของมันสำปะหลังที่รวบรวมจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) รายงานว่า ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเกือบทุกภาคยกเว้นภาคใต้ พื้นที่เก็บเกี่ยวในตารางที่ 2.1 ประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่เก็บเกี่ยว และปริมาณผลผลิตอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือภาคกลาง และภาคเหนือประมาณร้อยละ 30 และ 20 ตามลำดับ มีผลผลิตทั่วประเทศอยู่ในระดับ 16 ถึง 18 ล้านตันหัวมันสดต่อปี ประเทศไทยจึงถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่รายหนึ่งของโลก ทั้งนี้ปริมาณการผลิตหัวมันสดของโลกประมาณ 160 ล้านตัน การใช้ประโยชน์หัวมันสดนั้น มีตั้งแต่การแปรรูปเบื้องต้นในระดับเกษตรกร จนกระทั่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมากที่สุด

และจัดเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีกำลังความสามารถการผลิตมากกว่า 2 ล้านตันมันสำปะหลังต่อปี และมีเทคโนโลยีการผลิตแป้งมันที่สูงที่สุดในบรรดาทุก ๆ ประเทศ ตลอดจนมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ประเทศเพื่อนบ้าน

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลพื้นที่ปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตมันสำปะหลัง ประเทศไทยปี 2552

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)
รวมทั้งประเทศ	8.58	8.29	30.08
ภาคเหนือ	1.46	1.4	5.28
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	4.51	4.36	15.57
ภาคกลาง	2.6	2.52	9.23

(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552)

องค์ประกอบของมันสำปะหลัง

องค์ประกอบที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลังดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นความชื้น (น้ำ) รองลงมาเป็นแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต และอื่นๆ ดังนั้นการซื้อขายหัวมันสำปะหลัง ลานมันหรือโรงงาน แป้งจะกำหนดราคาตามเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง เช่น หัวมันราคากิโลกรัมละ 1 บาท ที่ปริมาณแป้ง 25%

2.2 การแปรรูปมันเส้นและมันอัดเม็ด

มันเส้น (Cassava chip) ได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไป ตากแดดบนลานซีเมนต์ 3-4 วัน (รูปที่ 2.1) การแปรรูปมันสดเป็นมันเส้นคุณภาพดี มีขั้นตอนดังนี้

1) เมื่อชุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาต้องตัดแยกเหง้าหรือส่วนโคนของลำต้น ทำความสะอาดสิ่งเจือปนที่ติดมากับหัวมัน โดยเคาะหรือร่อนดินทราย ที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังออกให้มากที่สุด เพื่อให้มันเส้นที่ได้มีดินทรายในปริมาณต่ำ ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้เลี้ยงสัตว์และผู้ผลิตอาหารสัตว์ และหากมีการใช้เครื่องร่อนดินทรายที่สามารถขูดส่วนเปลือกนอกของหัวมันออกไปได้ ก็จะทำให้คุณภาพของมันเส้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

2) การสับหัวมัน อาจใช้วิธีสับด้วยมือหรือสับด้วยเครื่องก็ได้ การสับด้วยมือ มี 2 แบบ คือ การสับตามขวางและการสับตามยาวของหัวมันซึ่งมีข้อดีข้อเสียต่างกัน โดยสับตามขวางจะสับได้ง่าย ตากแห้งเร็ว ขนาดชิ้นที่ได้พอเหมาะกับการใช้ผสมอาหารโคที่ใช้มันเป็นชิ้นได้เลยมรวมทั้งการป้อนเข้าเครื่องบดก็ทำได้ง่ายไม่ค่อยมีปัญหาติดขัดระบบลำเลียง ส่วนการสับตามยาวจะสับได้ค่อนข้างช้า และก็ใช้เวลาตากนานกว่า

นอกจากนี้การนำเข้าเครื่องบดหรือเครื่องผสมอาหารมักมีปัญหาติดระบบลำเลียงแต่การสับตามยาวมีข้อดีที่จะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า การสับด้วยเครื่องสามารถสับได้รวดเร็วกว่าการสับด้วยมือมาก การสับด้วยเครื่องสับหรือหั่นขนาดใหญ่จะทำงานได้รวดเร็ว แต่ชั้นมันที่สับออกมาจะมีผิวไม่เรียบ มีเศษฝุ่นมาก มีการสูญเสียน้ำหนักมากระหว่างการตาก และได้มันเส้นที่มีฝุ่นมาก ในขณะที่การสับด้วยเครื่องขนาดเล็กจะทำงานได้ช้ากว่า แต่ชั้นมันที่สับออกมาจะมีผิวเรียบกว่ามีฝุ่นน้อย ทำให้เกิดการสูญเสียน้อยกว่า นอกจากนี้เครื่องสับขนาดเล็กยังสามารถปรับแต่งชั้นมันเป็นแบบต่าง ๆ ได้

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของหัวมันสำปะหลัง

	เจริญศักดิ์ (2532)	Balagopalan และคณะ (1988)	Beynum และ Roles (1985)	Grace (1977)	Gomez และคณะ (1985)	Shipman (1967)	Sriroth และคณะ (1998)
ความชื้น (%)	63.28	59.4	66	70.25	*	70	53.02
คาร์โบไฮเดรต (%)	29.73	38.1	26	26.58	*	24	25
โปรตีน (%)	1.18	0.7	1	1.12	1.00-2.00	1	2.18
ไขมัน (%)	0.08	0.2	0.3	0.41	0.2 - 0.5	3.00 **	0.21
เถ้า (%)	0.85	1	*	0.54	1.00-2.00	*	*
เยื่อใย (%)	0.99	0.6	1	1.11	1.5-2	2	1.71
โพแทสเซียม(mg/kg)	0.26	*	*	*	0.07	*	*
ฟอสฟอรัส (mg/kg)	0.04	4	*	*	*	*	*
กรดไฮโดรไซยานิกส์ (ppm)	173	15 - 400	*	*	*	*	110.4
เหล็ก (mg/kg)	*	*	*	*	*	*	*
วิตามินซี (mg/kg)	*	252	*	*	*	*	*

* ไม่มีรายงาน ** รวมทั้งเกลือแร่และน้ำตาล

(กล้านรงค์ และเกื้อกุล. 2543)

3) นำมันที่หั่นแล้วตากบนลานคอนกรีต (ลานตาก) หรือบนพื้นดินรองด้วยมุ้งตาข่าย หรือพื้นที่ปูด้วยวัสดุ เช่น เสื่อตะแกรงไม้ไผ่ โดยผึ่งแดด 3-4 วัน จนชั้นมันแห้ง (ความชื้นไม่เกิน 13-14%w.b.) อย่างไรก็ตามต้องมีการป้องกันการปนเปื้อนของดินทรายขณะทำการตากชั้นมันด้วย

4) การตากแดดชั้นมัน ควรมีการพลิกกลับเป็นระยะ ๆ ทุก ๆ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ชั้นมันแห้งเร็วขึ้น การกลับชั้นมันอาจใช้คนถือไม้เดินกลับชั้นมัน สำหรับลานขนาดเล็ก ซึ่งทำให้เกิดการแตกหักของชั้นมันน้อยมีฝุ่นน้อย ขณะที่การใช้รถแทรกเตอร์สำหรับลานขนาดใหญ่จะทำให้เกิดการแตกหัก และเกิดเป็นฝุ่น

ของชั้นมันมากกว่า การใช้รถขนาดเล็กกลับชั้นมันจะช่วยแก้ปัญหาการแตกหักหรือเป็นฝุ่นของชั้นมันน้อยกว่าการใช้รถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ เมื่อมันเส้นแห้งดีแล้วก็ส่งขายต่อไป เทคนิคอย่างหนึ่งซึ่งจะทำให้ได้ชั้นมันเส้นแห้งที่ขาวสะอาด คือ ควรสับหั่วมันสดในช่วงเช้าแล้วรีบผึ่งแดด เมื่อผึ่งได้ 2 แดดแล้วต้องเก็บรวมกองไว้ก่อนในตอนเย็น ตอนเช้าจึงเกลี่ยออกผึ่งแดดต่อ ทำเช่นนี้จนชั้นมันแห้งสนิท ไม่ควรสับหั่วมันในตอนเย็นและทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อนำมาตากในตอนเช้า และไม่ควรปล่อยชั้นมันวางแผ่ไว้ในลานตลอด 3-4 วัน จนชั้นมันแห้ง เพราะจะทำให้ได้มันเส้นสีออกเหลืองหรือสีหมองคล้ำเล็กน้อย เมื่อแห้งดีแล้วก็ทำการเก็บเพื่อส่งขายเป็น วัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมมันอัดเม็ดต่อไป ปกติมันสด 2.5 กิโลกรัมจะผลิตเป็นมันเส้นได้ 1 กิโลกรัม



รูปที่ 2.1 มันเส้นและมันอัดเม็ด (กล้าณรงค์ และคณะ. 2542)

2.3 อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด

มันอัดเม็ดหรือ มันเม็ด ผลิตโดยการอัดมันเส้นภายใต้สภาวะความร้อนและความดัน การผลิตมันสำปะหลังอัดเม็ดมีขั้นตอนที่คล้ายๆ กันในแต่ละประเทศ ดังนี้

1) ก่อนทำการอัดมันเส้นจะต้องนำมาร้อนเพื่อให้เศษที่เป็นผงและสิ่งเจือปนต่างๆ ออกเสียก่อนเสร็จแล้วแยกมันเส้นที่มีขนาดใหญ่มาตรฐานเข้าเครื่องบดแฮมเมอร์ทิลล์ ต่อจากนั้นมันเส้นที่ได้ขนาดและเกินขนาดที่ถูกบดแล้วจะถูกลำเลียงไปยังถังใส่บนเครื่องอัดก่อนส่งเข้าเครื่องอัด มันอัดเม็ดจะถูกพ่นน้ำเพื่อให้ความชื้นในระดับที่เหมาะสม หลังจากอัดแล้วจะมีลักษณะเป็นท่อนยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความชื้นประมาณ 14%

2) มันอัดเม็ดที่ออกจากเครื่องใหม่ๆ จะยังอุ่น และอ่อนนุ่ม จึงต้องส่งเข้าเครื่องระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้น หลังจากนั้นมันอัดเม็ดจะมีความแข็ง เมื่อมันอัดเม็ดเย็นตัวจะถูกส่งผ่านตะแกรงร่อนเพื่อคัดมันอัดเม็ดที่ใหญ่เกินขนาดก่อน ส่วนมันอัดเม็ดที่เล็กเกินไปจะถูกส่งเข้าป้อัดใหม่ และจะส่งออกไปต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์ เนื่องจากมันเม็ดจะมีปริมาณแป้งสูง (มากกว่า 65%) จึงใช้เป็นแหล่งอาหารของสัตว์

2.4 การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

1) การอบแห้งระบบ Passive เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน (รูปที่ 2.2) ได้แก่

ก. เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

ข. ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ซึบเข้าแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

ค. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง



รูปที่ 2.2 การอบแห้งระบบ Passive

(สำนักพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. 2551)

2) การอบแห้งระบบ Active เป็นระบบการอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้ (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 การอบแห้งระบบ Active

(สำนักพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. 2551)

3) การอบแห้งระบบ Hybrid เป็นระบบการอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ช่วยในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศหรือเครื่องดูดอากาศช่วย (รูปที่ 2. 4)



รูปที่ 2.4 การอบแห้งระบบ Hybrid

(สำนักพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. 2551)

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อน และส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งซึ่งใส่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง ในประเทศที่พัฒนาแล้ว การทำให้ผลผลิตทางการเกษตรและอาหารแห้งได้โดยใช้เครื่องอบแห้งด้วยไฟฟ้าหรือน้ำมันเชื้อเพลิงจะควบคุมง่าย เครื่องอบแห้งอาจจะวางบนพื้นในที่โล่งซึ่งอาจมีสิ่งเจือปนสูงอาจทำให้คุณภาพ

ผลิตภัณฑ์ต่ำลง แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นเครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งตามประเภทการไหลเวียนของกระแสอากาศที่อยู่ภายในเครื่องอบแห้งได้ 2 แบบคือ

1) การพาแบบบังคับ (Force convection) เครื่องอบแห้งนี้ใช้พัดลมหรือโบลเวอร์เป็นตัวขับอากาศให้ไหลหมุนเวียนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง เนื่องจากสามารถกำหนดอัตราการไหลของอากาศให้ไหลเวียนอยู่ภายในเครื่องอบแห้งได้ตามต้องการจึงเหมาะสำหรับงานขนาดใหญ่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น

2) การพาแบบอิสระ (Free convection) เครื่องอบแห้งชนิดนี้ไม่ใช้พัดลมหรือโบลเวอร์ในการขับอากาศให้ไหลหมุนเวียนภายในเครื่องอบแห้ง แต่อาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนที่ทำให้เกิดแรงลอยตัว เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในและภายนอกของเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศช่วยพาความชื้นออกจากชั้นวัสดุที่ทำการอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะกับงานอบแห้งที่มีขนาดเล็กและต้นทุนต่ำเช่น เครื่องอบแห้งในครัวเรือนจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ เพราะไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศภายในได้ตามต้องการ

เมื่อพิจารณาตามลักษณะการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งกับลักษณะการออกแบบเครื่องอบแห้ง Bansal และ Grag (1984: 9-30) ได้รวบรวมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้มีการจัดสร้างขึ้นมา และได้จัดแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

- เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Mode Solar Dryers) เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะใช้วัสดุใส เช่น พลาสติกใสหรือกระจก ทำเป็นหลังคาบรรจุรังสีจากดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปยังวัสดุที่ทำการอบแห้งโดยตรง จึงเกิดการระเหยน้ำออกจากวัสดุเนื่องจากความร้อนสูง

- เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Mode Solar Dryers) เครื่องอบแห้งประกอบด้วยอุปกรณ์รับรังสีอาทิตย์ที่เป็นตัวผลิตอากาศร้อน และห้องอบแห้ง โดยที่รังสีจากดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนก่อน และส่งไปยังวัสดุอบแห้ง ซึ่งมีอากาศเป็นตัวกลาง

- เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Mixed Mode Solar Dryers) เครื่องอบแห้งนี้เกิดจากการพัฒนาเอาเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมนำมาผสมกัน วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง และจากอากาศร้อนที่มาจากตัวทำอากาศร้อน นอกจากนี้ยังมีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด (Hybrid Solar Dryers) ซึ่งเป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ร่วมกับพลังงานอย่างอื่น เช่น พลังงานชีวมวลหรือพลังงานไฟฟ้าเพื่อเสริมในกรณีไม่มีแสงแดดเพียงพอหรือเพิ่มอัตราการหมุนเวียนอากาศร้อน

วรวิทย์ (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรมเพื่อประเมินสมรรถนะของตัวรับรังสีทำอากาศร้อนแบบต่าง ๆ และประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งด้วยพลังแสงอาทิตย์ และใช้พลังงานเสริม LPG ขนาดอุตสาหกรรมตลอดจนความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการทดสอบตัวรับรังสีระหว่างเวลา 9.00-16.00 น. แบบแผ่นเรียบที่มีฉนวนเป็นโพลีเอทิลีนโฟมโดยมีพื้นที่ตัวรับรังสี 23.1 m^2 รังสีอาทิตย์รวมมีค่าเฉลี่ย 836.8 W/m^2 อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.26 kg/s จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 32.1% แบบแผ่นเรียบที่มีฉนวนเป็นเทอร์แมกซ์ มีพื้นที่ตัวรับรังสี

23.1 m² รังสีอาทิตย์รวมมีค่าเฉลี่ย 735.7 W/ m² อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.26 kg/s จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 31.6 % แบบแผ่นเรียบนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ทฤษฎีแบบลอน (ลูกฟูก) ที่มีฉนวนเป็นเทอร์แม็กซ์โดยมีพื้นที่ตัวรับรังสี 23.1 m² รังสีอาทิตย์รวมมีค่าเฉลี่ย 735.7 W/m² อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.28 kg/s จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 38.0% แบบมีครีที่มีฉนวนเป็นเทอร์แม็กซ์ โดยมีพื้นที่ตัวรับรังสี 23.2 m² รังสีอาทิตย์รวมมีค่าเฉลี่ย 834.9 W/m² อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.26 kg/s จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 37.4% เมื่อทดสอบการอบแห้งกล้วยน้ำว้า พบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียนใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยชุดละ 5 วัน เป็นเวลา 44 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 14.93 MJ/kg Water Evaporated (พลังงานปฏิกิริยา) และมีประสิทธิภาพกฏข้อที่หนึ่งของระบบอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และ LPG เฉลี่ยเท่ากับ 15.79% จากการประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า การอบแห้งแบบหมุนเวียนสามารถให้ผลผลิตกล้วยอบแห้งได้ประมาณปีละ 56,012 kg มีรายได้เฉลี่ยละ 1,876,426 บาท และมีต้นทุนเฉลี่ยปีละ 1,255,495 บาท ถ้าคิดอัตราส่วนลด (Discount rate) 15% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 1,195,140.85 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน (BCR) 1.60 อัตราผลตอบแทน (IRR) 29.08% ระยะเวลาการคืนทุน (PBP) 3.2 ปี และระยะเวลาการคืนทุนแบบส่วนลด (DPBP) 4.71 ปี

พัฒนา (2540 : 17-19) ศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งพริกชี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกชี้หนูสด และ หาผลกระทบของการลวกพริกชี้หนูในน้ำเดือดต่อกระบวนการอบแห้ง มีการทดลองเปรียบเทียบ 2 ลักษณะ คือแบบสลับลมร้อนและแบบที่เป็นสลับถังพริกในระหว่างการอบแห้ง พบว่า พริกที่มีการสลับลมร้อนมีแนวโน้มการลดความชื้นสูงกว่า เนื่องจากมีการสลับลมร้อนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายลมร้อนได้สม่ำเสมอมากกว่า สีของพริกที่อบแบบสลับลมร้อนมีสีสม่ำเสมอมากกว่าการอบแห้งแบบสลับถังพริก ส่วนการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนทำการอบนั้นพบว่าไม่มีผลต่อการลดความชื้นของพริกเนื่องจากการลวกยังไม่ดีพอแต่การลวกพริกก่อนอบนั้นทำให้คุณภาพสีของพริกหลังการอบมีคุณภาพดีกว่า

2.5 การทรีทเมนต์ที่มีต่อการอบแห้ง

สวนิต และคณะ (2549) ศึกษาการอบแห้งหน่อไม้ฝรั่งแบบแผ่นด้วยอากาศร้อน ตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่งขนาด 20 × 30 mm² ความหนา 3 mm² อบแห้งที่อุณหภูมิ 65, 80 และ 95 °C ความเร็วลมในห้องอบแห้ง 1, 2 และ 3 m/s โดยการลวกหน่อไม้ฝรั่งอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 5 นาที อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้าย 8%w.b. พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและความเร็วลมสูงจะทำให้ได้หน่อไม้ฝรั่งที่มีสีเหลืองสวย และเมื่อทำการแช่น้ำคั้นสวกก่อนนำไปทำอาหาร จะทำให้ได้หน่อไม้ฝรั่งที่มีความแน่นเนื้อสูงและมีสีไม่คล้ำ

นภาพร และคณะ (2549) ศึกษาการอบแห้งกล้วยแผ่นด้วยอากาศร้อน อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140 °C กล้วยตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ความหนา 3 mm โดยแบ่งกล้วยก่อนอบแห้งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มไม่พรีทรีทเมนต์ กลุ่มนำมัลกด้วยน้ำร้อนนาน 5 นาที กลุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 1% (w/w) นาน 2 นาที และกลุ่มแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.1% (w/w) นาน 1 นาที พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 120 °C กล้วยแผ่นที่พรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีอัตราการอบแห้งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่น และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น

กล้วยแผ่นที่พรีทรีทเมนต์ด้วยการลวกมีอัตราการอบแห้งต่ำที่สุด กล้วยแผ่นที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงเกิดการหดตัวน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ กล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกหลังการอบแห้งมีความหนาต่ำที่สุด การพรีทรีทเมนต์และอุณหภูมิไม่มีนัยสำคัญต่อความแข็งของกล้วย

Doymaz และ Pala (2002) ศึกษาผลของการเตรียมอุ้งนด้วยการแช่สารละลายเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของอุ้งน ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 77.3 - 80.5%w.b. แล้วนำมาแช่ในสารละลาย Ethyl oleate 2% v/v กับ Potassium carbonate 2.5% v/v แล้วนำไปทำแห้งในตู้อบแห้งแบบลมร้อน ที่ความเร็วลม 1.2 m/s อุณหภูมิ 50, 55, 60 และ 70 °C จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 0.2 kg/kg dry mass แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าอุ้งนที่เตรียมด้วยสารละลาย Ethyl oleate มีค่าความสว่างสูง ค่าสีแดงต่อสีเหลืองต่ำแสดงให้เห็นว่าสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยกว่าตัวอย่างอุ้งนที่ไม่ได้แช่สารละลาย เนื่องจากสารละลายมีคุณสมบัติทำให้น้ำแพร่กระจายออกจากเนื้อเยื่ออุ้งนได้เร็วขึ้น โดยกำจัดชั้นไขมันที่ขัดขวางการแพร่กระจายของน้ำในเนื้อเยื่ออุ้งนทำให้เวลาการอบแห้งสั้นลง การเปลี่ยนแปลงค่าสีจึงมีน้อยกว่า

Doymaz (2003) ศึกษาการอบแห้งผลหมอนแบบชั้นบางด้วยลมร้อน โดยทดลองใช้สารละลายเอทิลโอเลต (Ethyl oleate) กรดซิตริก (Citric acid) และกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) พบว่าการใช้เอทิลโอเลตทำให้ระยะเวลาการทำแห้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งผลสด และเมื่อใช้ข้อมูลทำสมการทำนายการทำแห้งแบบต่างๆ พบว่า Logarithmic model สามารถใช้ทำนายการทำแห้งได้ดีกว่าสมการอื่นๆ โดยพิจารณาจากค่า Coefficient of Determination (r^2), Sum square of error (SSE) และ Root Mean Square Error (RMSE)

Ibrahim (2003) ศึกษาการจุ่มลูกพลัมในน้ำที่ผสมสารละลาย Potassium carbonate 5% v/v และ Ethyl oleate 2% v/v (AEO) แล้วทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่าระยะเวลาการอบแห้งลดลง 29.4% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้แสงอาทิตย์ และศึกษาการตากแห้งผลมุลเบอร์รี่ด้วยแสงอาทิตย์เมื่อจุ่มผลมุลเบอร์รี่ด้วยสาร AEO ทำให้ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว

Leeratanarak et al. (2005) ศึกษาการอบแห้งมันฝรั่งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำและอากาศร้อน ความหนา 3.5 mm โดยลวกในน้ำอุณหภูมิ 90 °C นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 °C ความเร็วลม 0.8 m/s พบว่า การลวกมันฝรั่งก่อนอบแห้งจะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้ง (ใช้เวลาสั้นลง) การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำจะใช้เวลาสั้นกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 80 °C การทดสอบคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัส (Hardness) พบว่า การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อน การลวกสามารถช่วยรักษาคุณภาพด้านสี ความแข็งและการหดตัวได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการอบแห้งมันเส้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนนี้ มีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อหา รูปแบบและแนวทางการลดเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นได้ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์จึงได้แบ่ง การศึกษาเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ 1) การตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการศึกษาเป็น 2 รูปแบบคือ แบบตากมันเส้นบนลานตาก และการยกสูงจากพื้น 2) การศึกษาการอบแห้งมันเส้นด้วยลมร้อน 3) การศึกษาการเตรียมมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้งด้วยลมร้อน และ 4) การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลัง เส้นด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน โดยมีรายละเอียดของวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์การตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้เพื่อศึกษาขนาดและความหนาของชั้น การตากใน 2 รูปแบบ คือการตากแบบปกติบนลานตากและการยกสูงจากพื้นลานตาก โดยมีปัจจัยด้านขนาด 4 ระดับคือ ต่ำกว่า 2.5 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร ซึ่งครอบคลุมขนาดมันสำปะหลังเส้นใน สนามที่ได้จากการสำรวจ 94 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดไม่เกิน 3.5 เซนติเมตร และความหนาของชั้นตาก 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1) ใช้มันสำปะหลังที่มีอายุครบการเก็บเกี่ยว 8-12 เดือน ที่ขูดจากแปลงมาตัดหัวมันแยกจากเหง้า ออก และทำความสะอาด สับมันสำปะหลังด้วยมือสับเป็นชิ้นให้มีขนาดใกล้เคียงกับตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น บนลานตาก ดังรูปที่ 3.1 แล้วใช้ตะแกรง (รูปที่ 3.2) ร่อนคัดแยกขนาด 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 2.5 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น



รูปที่ 3.2 ตะแกรงแยกขนาดมันสำปะหลังเส้น

2) เตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ได้แต่ละขนาดไปวางบนถาดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ขนาดกว้าง × ยาว เท่ากับ 24.5 cm × 33.0 cm กำหนดการวางบนถาดความหนาเท่ากับ 2 4 6 และ 8 cm จำนวนตัวอย่างละ 2 ถาด บันทึกผลซึ่งน้ำหนักเริ่มต้น

3) แบ่งตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ได้เพื่อนำไปหาความชื้นเริ่มต้นด้วยตู้อบความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C ใช้เวลานาน 72 h (AOAC, 1984) ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การอบหาค่าความชื้นเริ่มต้น

4) นำไปตากบนลานซีเมนต์ขนาดกว้างxยาว 3 x 4 เมตร วางถาดบนพื้น (รูปที่ 3.4) และตากแบบยกสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร (รูปที่ 3.5) โดยใช้ไม้รอง การวางยกจากพื้นนั้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของลมผ่านด้านล่าง และหรืออาจจะลูขึ้นด้านบนทำให้เกิดการระเหยน้ำทั่วตัวอย่างได้



รูปที่ 3.4 การตากมันสำปะหลังเส้นวิธีธรรมชาติ



รูปที่ 3.5 การตากมันสำปะหลังเส้นบนพื้นยกกระต๊อบสูง 5 เซนติเมตร

5) ทำการตากวันละ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00–16.00 น. โดยทำการบันทึกน้ำหนักมันสำปะหลังเส้น และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำหนักมันสำปะหลังที่เปลี่ยนไปทุก ๆ 2 ชั่วโมง ระหว่างการทดสอบวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้วยเทอร์โมมิเตอร์โดยใช้หลักการกระเปาะเปียก – กระเปาะแห้งทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนได้ความชื้นในมันสำปะหลังเส้น 13–14 %w.b.ความชื้นมาตรฐานเปียก

6) ค่าชี้ผลที่ได้จากการบันทึกผลการทดลอง หาค่าอัตราการอบแห้ง ค่าความชื้นในมันสำปะหลังเส้น ความสามารถในการระเหย และความสามารถในการระเหยน้ำ

3.2 การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดมันสำปะหลังเส้น อุณหภูมิอบแห้ง ความเร็วลม และความหนาของมันสำปะหลังเส้นที่มีผลต่อการอบแห้ง มีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบ

การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน ทำการทดลองโดยใช้เครื่องทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีเครื่องอบลมร้อน ดังรูปที่ 3.6 ชุดทดสอบมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- 1) พัดลมแบบเหวี่ยงหมุนใบพัดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 HP 220 Volt 50 Hz
- 2) วาล์วเปิด-ปิด เพื่อควบคุมอัตราการไหลของลมร้อน
- 3) ชุดให้ความร้อนแบบขดลวดไฟฟ้า 2,000 Watt จำนวน 10 ชุด
- 4) ห้องอบแห้งขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 95 × 95 × 65 cm
- 5) ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID Control
- 6) ท่อลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm



รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบเครื่องอบลมร้อน

3.1.3 วิธีการทดสอบ

ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลังเส้น ความหนาในการวางบนถาด แต่ละปัจจัยมี 4 ระดับ ส่วนในการศึกษาความเร็วลมร้อน และอุณหภูมิอบแห้งมีปัจจัย 3 ระดับ วางแผนการทดลองโดยเลือกใช้แผน การทดลอง Factorial experiment in completely randomized design (CRD) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ใช้มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูก ซึ่งขั้นตอนการเตรียมวัสดุตามหัวข้อ 3.1.1 (วงเล็บ 1-3) นำตัวอย่างเพื่ออบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C ใช้ความเร็วลมร้อนเท่ากับ 1.5 m/s โดยวัดค่าความเร็วลมเข้า และความเร็วลมออกจากด้านบนของห้องอบด้วย anemometer (LUTRON, AM-4204, Taiwan) ดังรูปที่ 3.7 ด้วยอุณหภูมิกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นที่เปลี่ยนไปของทุกๆ 1 h ในช่วงแรก 1-3 h และบันทึกผลทุกๆ 2 h ในช่วงหลังจนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นคงที่



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งลมเข้า-ออกของเครื่องอบลมร้อน

3.3 การศึกษาการพรีทรีทเมนต์ต่อการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น

วัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยขั้นตอนการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้น (พรีทรีทเมนต์) ด้วยวิธีการลวกในน้ำร้อน การลวกร่วมกับการแช่สารละลาย Potassium carbonate (K_2CO_3) และ Ethyl oleate (EO) ที่มีผลต่อการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น ซึ่งมีสมมติฐานการเตรียมตัวอย่างวัสดุก่อนการอบแห้งจะช่วยขนาดเซลล์เพื่อให้สามารถระเหยได้เพิ่มขึ้น

3.3.1 วิธีการทดสอบ

1) ขั้นตอนเตรียมวัสดุในการทดลองทำเช่นเดียวกันกับ หัวข้อ 3.1.1 จากข้อย่อยที่ 1-3 ในเงื่อนไขขนาดที่เหมาะสมสำหรับการตากแห้งมี 3 ขนาด คือ 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 cm กำหนดวางบนถาดความหนา 2 cm

2) ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการคัดขนาด นำมาปรับสภาพด้วยวิธีการลวก ในหม้อต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C นาน 5 10 และ 15 min โดยวัดและปรับอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล type K ขณะทำการอุ่นด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบจุ่มน้ำ ดังรูปที่ 3.8 และปล่อยให้เย็นในสภาวะอุณหภูมิห้องก่อนการอบแห้ง

3) เตรียมสารละลาย Potassium carbonate และ Ethyl oleate ความเข้มข้น 5%v/v และ 2%v/v ตามลำดับ (0.5 และ 0.2 kg ต่อปริมาตรน้ำ 10 l)

4) ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นลวกร่วมกับการแช่ในสารละลาย K_2CO_3 (5%, v/v) และ Ethyl oleate EO (2%v/v) นาน 5 10 และ 15 min ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C และความเร็วลม 1.5 ± 0.1 m/s ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม (Tunde & Afon, 2009) เงื่อนไขการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.8 การลวกมันสำปะหลังเส้นในหม้อต้มน้ำ

5) วัดค่าวัตถุดิบภูมิกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นที่เปลี่ยนไปของทุกๆ 1 h ในช่วงแรก 1-3 h และบันทึกผลทุกๆ 2 h ในช่วงหลังจนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นคงที่

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขทดสอบการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้ง

การพรีทรีทเมนต์ Pretreatment	ขนาด (cm)	ระยะเวลาการลวก (min)
ไม่ผ่านการลวก Unblanchedn (Untreat)	2.5-3.0 3.0-3.5 3.5-4.0	-
การลวก Blanched (BL)	2.5-3.0 3.0-3.5 3.5-4.0	5 10 และ 15
การลวกร่วมกับการแช่ในสารละลาย (AEEO) Blanched and Dipping (BL+PO),(BL+EO)	2.5-3.0 3.0-3.5 3.5-4.0	5 10 และ 15

3.4 ออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

วัตถุประสงค์การออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนเพื่อลดความชื้นมันสำปะหลังเส้นบนลานตากได้อย่างต่อเนื่องในเงื่อนไชที่เหมาะสม

3.4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์การทดสอบ

การศึกษาเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนบนพื้นที่ลานตากมันสำปะหลังเส้น ชุดทดสอบมีโครงสร้างทำจากวัสดุน้ำหนักรเบา สามารถถอดประกอบ และเคลื่อนย้ายได้สะดวก ด้านบนปิดคลุมด้วยพลาสติกใสมีลักษณะรูปแบบทรงโดม ติดตั้งพัดลมดูดอากาศ 2 ชุด และต่อท่อระบบลมร้อนเข้าภายในห้องอบแห้ง โดยมีระบบควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง ดังรูปที่ 3.9

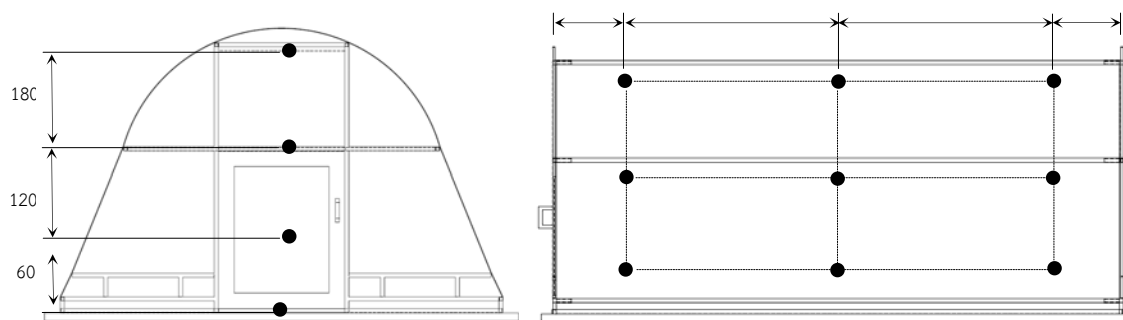


รูปที่ 3.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

3.4.2 ศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (ขณะไม่เปิดลมร้อน)

เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในของเครื่องอบแห้ง นำผลทดสอบไปออกแบบสำหรับการพัฒนาเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังนี้

- 1) ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด k ภายในห้องอบแห้ง จำนวน 9 จุด และบนตำแหน่งพื้นคอนกรีต 1 จุด รูปที่ 3.10
- 2) บันทึกผลอุณหภูมิความร้อนภายในห้องอบแห้งตั้งแต่วันที่ 09.00-17.00 น.
- 3) เปรียบเทียบผลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทั้ง 10 ตำแหน่ง กับอุณหภูมิสถานะแวดล้อมด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ Dual Thermometer DIGICON DP-7



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในห้องอบแห้ง

3.4.3 ศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (เปิดเครื่องเป่าลมร้อน)

เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนอบแห้งอุณหภูมิ ที่ 40 50 และ 60 °C ความเร็วลม 10 m/s และเปรียบเทียบผลทดสอบก่อนนำไปออกแบบเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) ติดตั้งสายเทอร์คัปเปิลภายนอกห้องอบแห้ง 2 ตำแหน่ง เพื่อบันทึกผลอุณหภูมิสถานะแวดล้อม

2) ทดสอบเปิดเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ควบคุมความร้อนภายในห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 °C กำหนดความเร็วลมร้อน 10 m/s

3) บันทึกผลอุณหภูมิตั้ง 3 ตำแหน่ง ตั้งแต่เวลา 09.00-17.00 น. ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Dual Thermometer DIGICON DP-7 ในช่วงแรกทุกๆ 1 h และในช่วงหลังทุกๆ 2 h เพื่อเปรียบเทียบผลอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิสถานะแวดล้อม

3.4.4 การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยเครื่องต้นแบบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน เป็นการศึกษาหาขนาดของชั้นมันสำปะหลังเส้น อุณหภูมิ ความเร็วลมร้อน และลักษณะการวางมันสำปะหลังเส้นที่มีผลต่อการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ซึ่งอาจนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) ขั้นตอนเตรียมวัสดุในการทดลองเหมือน 3.1.4 ข้อที่ 1-3

2) ทดสอบอบแห้งมันสำปะหลังเส้น 4 ขนาด ด้วยเครื่องต้นแบบอบแห้งมันสำปะหลังเส้นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน รูปที่ 24 อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 °C ใช้ความเร็วลมร้อน 10 m/s กำหนดการวางบนถาดความหนา 4 ระดับ บันทึกผลการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นจำนวนตัวอย่างละ 2 ถาด เพื่อหาความชื้นทุก 2 h จนมันสำปะหลังเส้นมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13-14%w.b. (ความชื้นมาตรฐานมันสำปะหลังเส้น) แล้วนำมาเปรียบเทียบความชื้นต่อระยะเวลาในการอบแห้ง

บทที่ 4

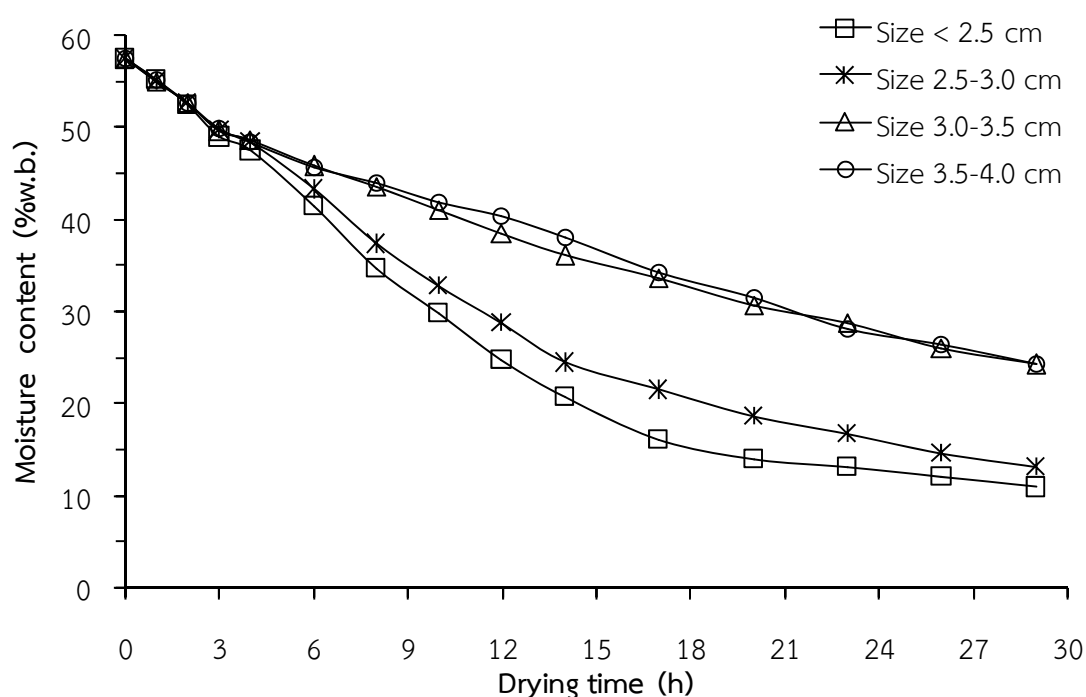
ผลการศึกษา และอภิปรายผล

การรายงานผลการศึกษาการอบแห้งมันเส้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนนี้ แบ่งการรายงานผลการศึกษาเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ 1) ผลการศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการศึกษาเป็น 2 รูปแบบคือ แบบตากมันเส้นบนลานตาก และการตากบนลานยกสูงจากพื้น 2) ผลการศึกษาการอบแห้งมันเส้นด้วยลมร้อน 3) ผลการศึกษาการเตรียมมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้งด้วยลมร้อน และ 4) ผลการศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

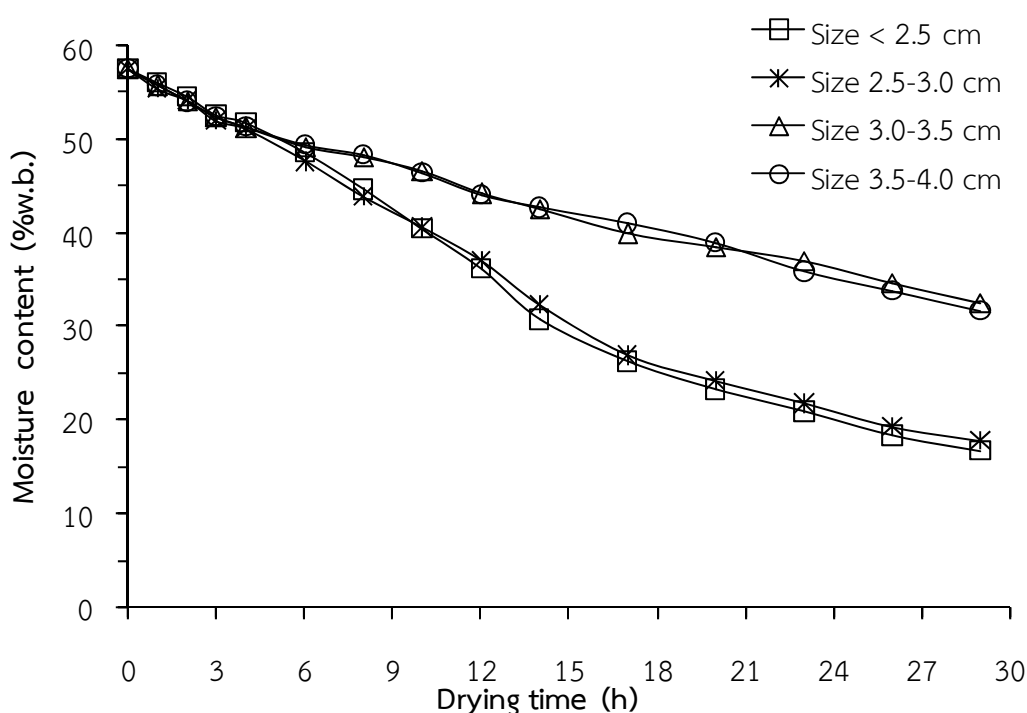
การศึกษาผลของการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผลของการตากแห้งตามธรรมชาติบนลานตากซีเมนต์ และการตากโดยการยกสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร เพื่อให้การระเหยน้ำได้ทั้งด้านบนและล่าง เป็นการเพิ่มอัตราเร็วของการระเหยน้ำได้ ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร มีระดับความสูงของถาดที่ต่างกัน คือ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร เริ่มการตากแห้งตั้งแต่วันที่ 08.00 – 16.00 น. และเก็บตัวอย่างมันเส้นตอนเย็นแล้วจึงนำมาตากในวันถัดไปจนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นเริ่มคงที่ จากนั้นเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงกับระยะเวลาการตากแห้ง รายละเอียดข้อมูลการศึกษาแสดงภาคผนวก ข และ ค มีผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 ผลการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานซีเมนต์



รูปที่ 4.1 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นขนาดต่างๆ ที่ชั้นความสูง 2 เซนติเมตร

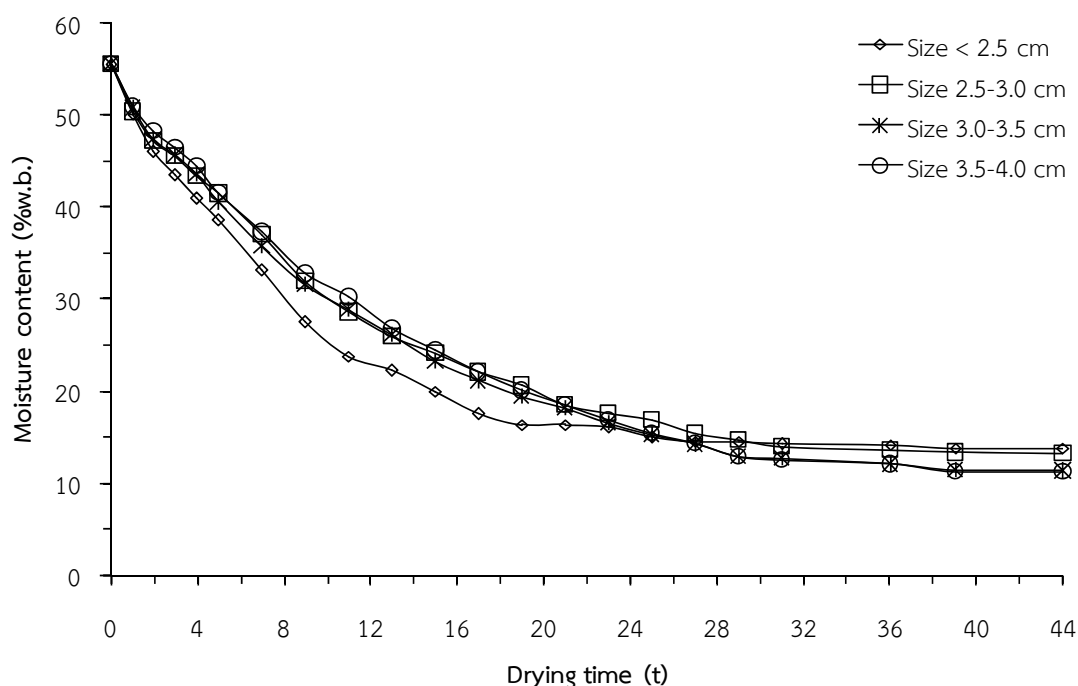
จากรูปที่ 4.1 ความชื้นของมันเป็นค่าเฉลี่ยหลังจากที่ขึ้นความสูงของการตาก 2 เซนติเมตร ที่ได้จากการตากบนพื้นลานซีเมนต์พบว่า 4 ชั่วโมงแรก การลดลงของความชื้นจะไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไปจะพบว่า ความชื้นของมันเป็นค่าเฉลี่ยจะลดลงจะแยกเป็น 2 กลุ่ม แตกต่างกันชัดเจนขึ้น โดย มันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 3.0 เซนติเมตร ใช้เวลาตากนานประมาณ 23-29 ชั่วโมง (3-4 วัน) จึงได้ความชื้นตามมาตรฐานมันสำปะหลังเส้น ซึ่งใกล้เคียงกับการตากในลานจริงของเกษตรกร/ผู้ประกอบการซึ่งจะตากที่ความหนาประมาณ 2 เซนติเมตรเช่นกัน และทำการพลิกกลับด้วยแรงงานคนหรือใช้รถแทรกเตอร์ติดตั้งคราดเพื่อใช้กลับด้านมันสำปะหลังเส้นทุกๆ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาตากแห้งนาน 3-5 วัน ส่วนขนาดตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นมากกว่า 3.0 เซนติเมตร ความชื้นไม่สามารถลดลงได้จะเกิดการเน่าเสียก่อน นอกจากนี้พบว่าขนาดตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ต่ำกว่า 3 เซนติเมตร ตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ที่ขึ้นความสูงเพิ่มขึ้นเป็น 4 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.2 ความชื้นตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นมีตามมาตรฐานใช้เวลาตากนาน 29 ชั่วโมง (4 วัน) นอกจากนี้หากตากมันเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ขึ้นความสูงที่มากกว่า 4 เซนติเมตร นั้นจะทำให้เกิดการเน่าเสียของตัวอย่างมันเส้นทุกตัวอย่างการทดสอบซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าการตากบนลานมันนั้นจึงทำเป็นชั้นบาง และมีขนาดมันสำปะหลังเส้นส่วนใหญ่ประมาณ 3 เซนติเมตร และต้องคอยพลิกกลับให้เกิดการแห้งของตัวอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามด้วยวิธีการนี้จะต้องใช้พื้นที่ลานตากจำนวนมากจึงจะเพียงพอต่อการรองรับปริมาณมันสำปะหลัง ซึ่งพื้นที่ลานตาก 1 ไร่ จะสามารถตากมันสำปะหลังเส้นสดประมาณ 10-12 ตัน ดังนั้นหากมีวิธีการจัดการที่ดีหรือหารูปแบบการตากมันเส้นโดยการยกพื้นสูงขึ้น น่าจะเพิ่มปริมาณโดยเพิ่มความสูงของชั้นการตากบนลานได้



รูปที่ 4.2 ความชื้นของมันเป็นค่าเฉลี่ยหลังจากที่ขึ้นความสูง 4 เซนติเมตร

4.1.2 ผลการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานซีเมนต์โดยการยกกระดပ်ให้สูงจากพื้น 5 เซนติเมตร

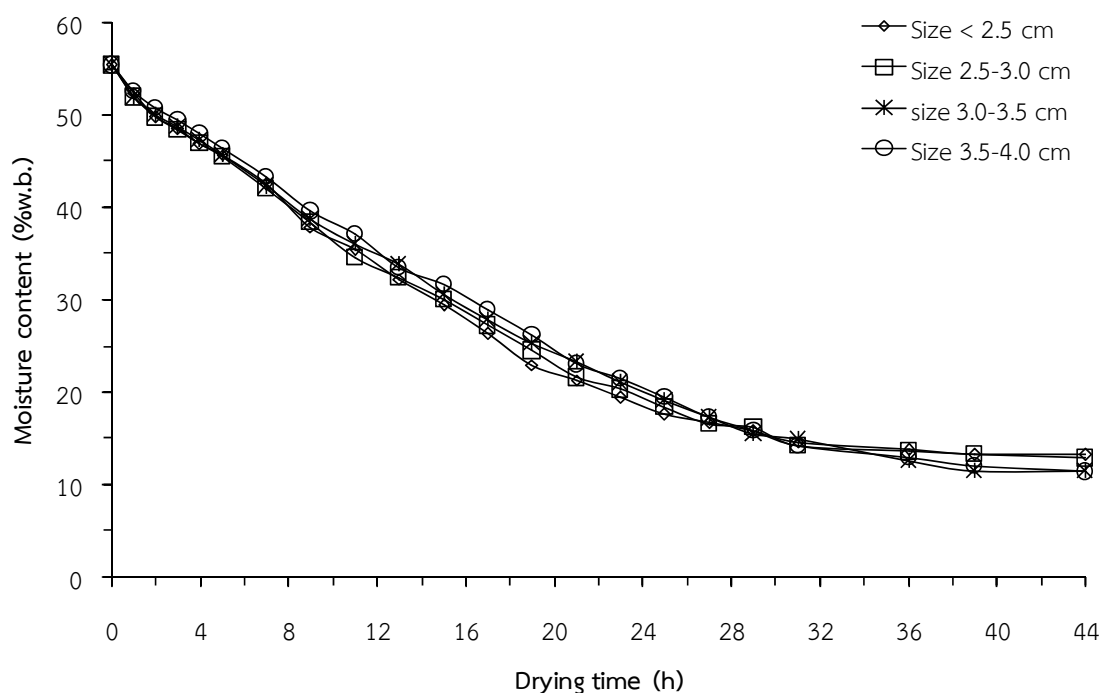
การศึกษาผลของการตากแห้งตามธรรมชาติบนลานซีเมนต์โดยการยกสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.3-4.5 ความชื้นที่ลดลงของตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นความสูง 2 4 และ 6 เซนติเมตร ทำการตากมันสำปะหลังเส้นขนาดต่างๆ กัน พบว่า ตัวอย่างมันเส้นสามารถลดความชื้นลงได้ตามต้องการของชั้นความสูง 2-6 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการยกพื้นสูงขึ้นนั้นสามารถช่วยให้การถ่ายเทของความชื้นออกจากวัสดุตัวอย่างได้ดีเพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศสามารถเคลื่อนที่ผ่านจากด้านล่างสู่ผิวด้านบนหรือทุกทิศทางจึงเป็นการเพิ่มอัตราการระเหยน้ำของตัวอย่างมันเส้น นอกจากนี้การยกพื้นสูงยังสามารถเพิ่มปริมาณการตากมันสำปะหลังเส้นได้เพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการตากบนพื้นลานซีเมนต์ทั่วไป และประยุกต์ใช้กับการตากจริงในลานนั้นจะสามารถรองรับปริมาณมันสำปะหลังเข้าสู่ลานมันได้เพิ่มเป็น 3 เท่าเช่นกัน โดยพื้นที่ลานตากเท่าเดิม จากผลการศึกษาดังรูปที่ 4.3 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 2 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร ความชื้นของตัวอย่างจะสามารถลดลงในระดับตามต้องการประมาณ 13-14 %w.b ใช้เวลานาน 30 ชั่วโมง (4 วัน)



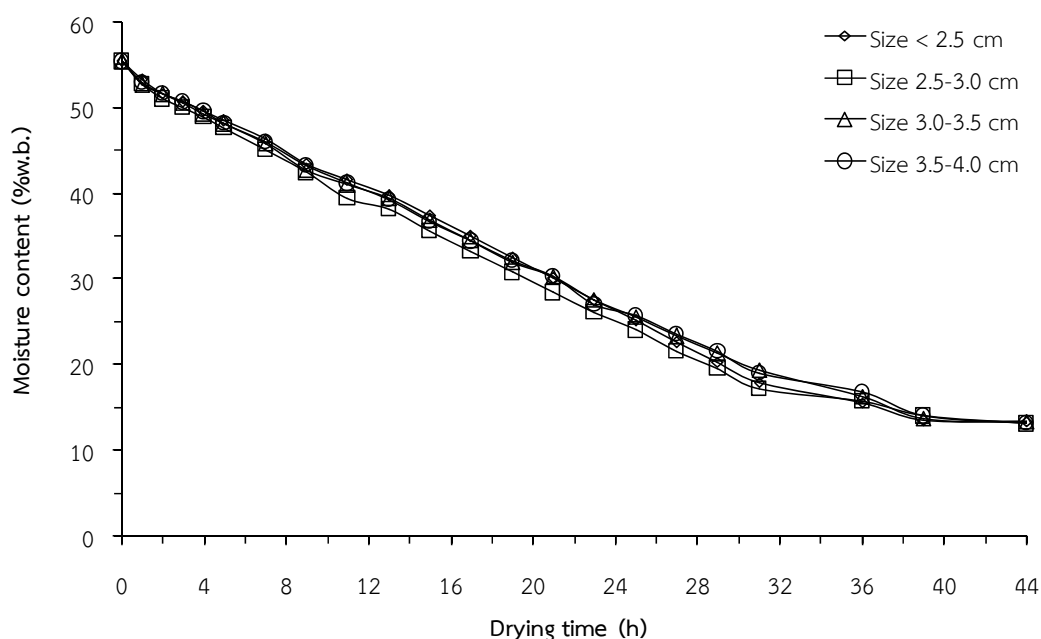
รูปที่ 4.3 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 2 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร

ขณะที่ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 4 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.4 ความชื้นของทุกขนาดของตัวอย่างจะลดลงเชิงเส้นสม่ำเสมอ 32 ชั่วโมง และหลังจากนั้นความชื้นจึงเริ่มลดลงคงที่ และได้ผลิตรากที่การตากนาน 36 ชั่วโมง (5 วัน) และความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 6 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.5 ความชื้นของทุกขนาดของตัวอย่างจะลดลงเชิงเส้นสม่ำเสมอคล้ายกันกับการตากที่ชั้นความสูง 4 เซนติเมตร แต่อาจใช้

เวลานาน 39 ชั่วโมง (5 วัน) จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ซึ่งขนาดตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่แตกต่างกันนั้นการลดลงของความชื้น จะไม่แตกต่างกัน ใช้เวลาเวลาดตาก 44 ชั่วโมง หรือประมาณ 5-6 วัน จึงได้ความชื้นตามมาตรฐานมัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแนวทางหนึ่งของการเพิ่มอัตราการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นสามารถทำได้โดยการตากตัวอย่างสูงจากพื้น โดยจะใช้ความหนาของชั้นการตากได้เท่าใดให้คำนึงถึงเวลาในการตากที่ยอมรับได้



รูปที่ 4.4 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 4 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.5 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นที่การตากชั้นความสูง 6 เซนติเมตร ยกพื้นสูง 5 เซนติเมตร

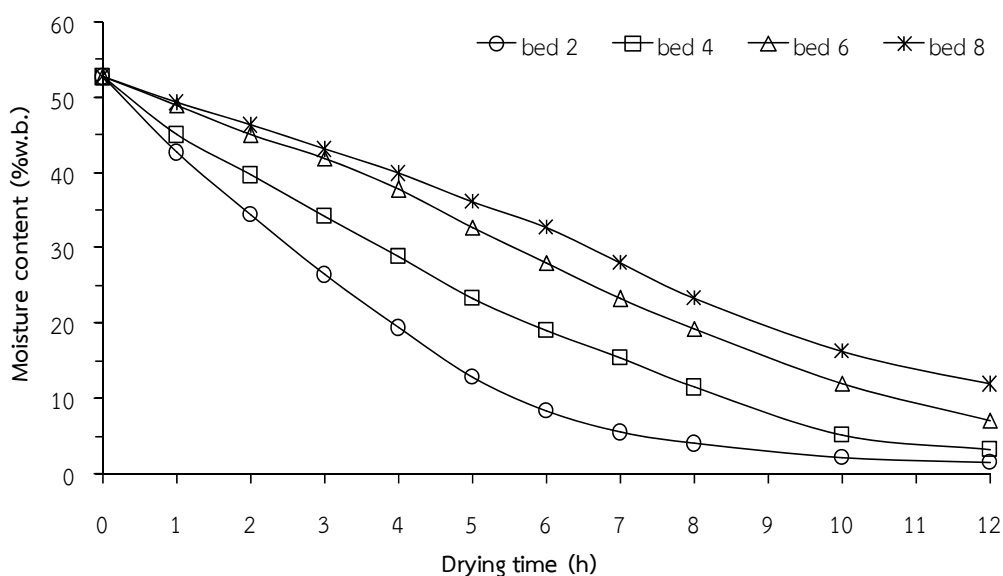
4.2 ผลการศึกษาการอบแห้งตากมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน

ผลการศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน เป็นการศึกษาขนาดมันสำปะหลังเส้นที่แตกต่างกัน และความหนาของชั้นวางมันสำปะหลังเส้นต่อการอบแห้งมัน สำหรับการทำให้แห้งแบบลมร้อน ความชื้นตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นเริ่มต้นเฉลี่ย 57.8%w.b. มีรายละเอียดวิธีการศึกษาดังหัวข้อ 3.2 ผลการศึกษาขนาดมันสำปะหลังเส้นแตกต่างกัน 4 ขนาด กำหนดวางบนชั้นความหนา 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสและความเร็วลม 1.5 m/s มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาผลของขนาดชั้นวางตากที่ความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร ขนาดของชั้นมันขนาด ต่ำกว่า 2.5 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.50 เมตรต่อวินาที ทำการเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงต่อระยะเวลาการอบแห้ง เพื่อศึกษาขนาดความสูงหรือความหนาของการวางทับซ้อนกันของชั้นมันมีผลต่อการอบแห้ง

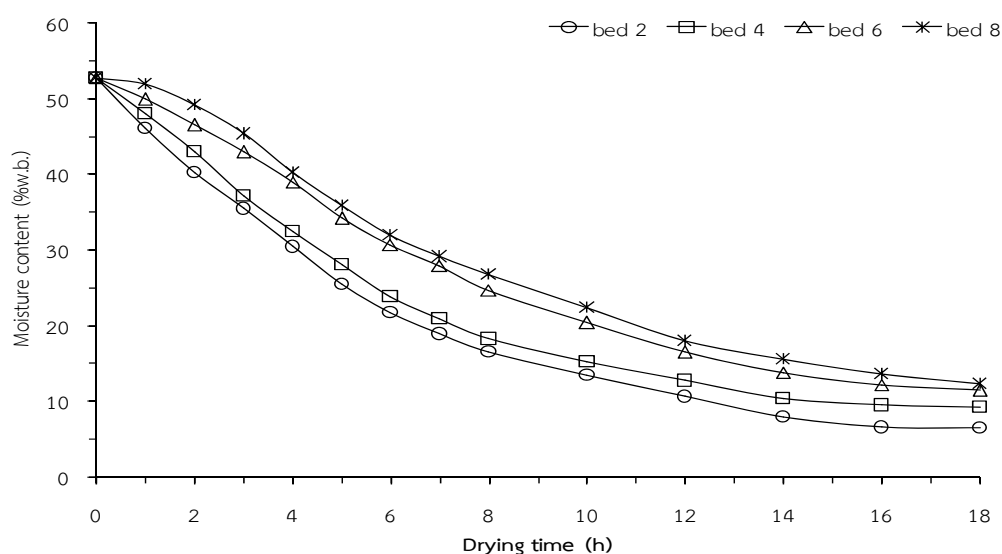
4.2.1 ผลของชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.50 เมตรต่อวินาที

ผลการศึกษาความชื้นที่ลดลงต่อระยะเวลาการอบแห้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาเป็นค่าชี้ผลของการศึกษา โดยมีข้อมูลผลการทดสอบแสดงไว้ดังภาคผนวก ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังรูปที่ 4.6 ถึง รูปที่ 4.9 แสดงการลดลงของความชื้นที่ขนาดชั้นมันเท่ากันแต่ชั้นความสูงต่างกัน



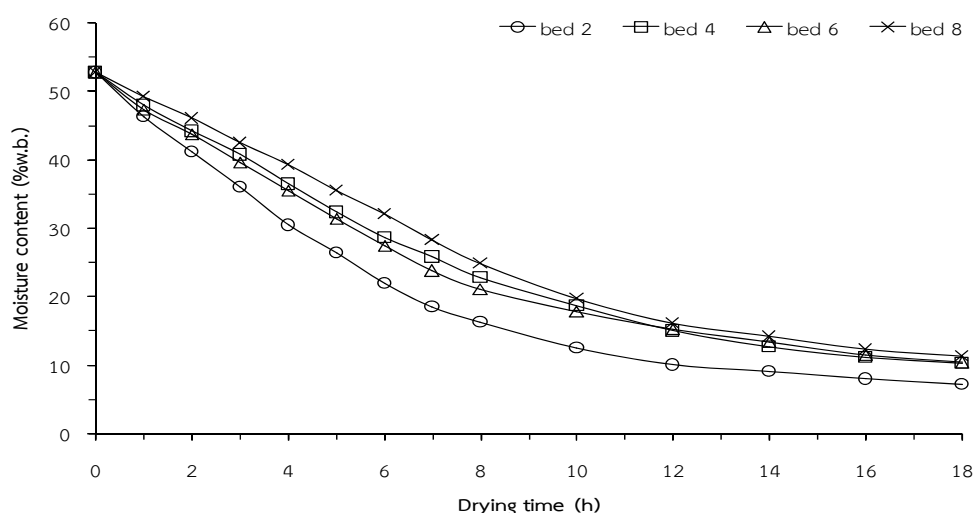
รูปที่ 4.6 ความชื้นมันสำปะหลังขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.6 การลดลงของความชื้นออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกใช้เวลาผ่านไป 7 ชั่วโมง จะเห็นว่า การลดลงของความชื้นมีความแตกต่างกัน เมื่อชั้นความสูงต่างกัน ช่วงที่ 2 หลังจาก 7 ชั่วโมง ถึง 18 ชั่วโมง ที่ชั้นความสูง 4 6 และ 8 เซนติเมตร ความชื้นจะลดลงแบบเป็นกลุ่มหรือพฤติกรรมลดลงของความชื้นใกล้เคียงกัน ความหนาของการอบแห้ง 2 เซนติเมตร ใช้เวลา 8 ชั่วโมง จะได้ความชื้นตามต้องการ ขนาดที่ความหนาของชั้นอบแห้งอื่นๆ ใช้เวลาอบแห้งนาน 11 ชั่วโมง



รูปที่ 4.7 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

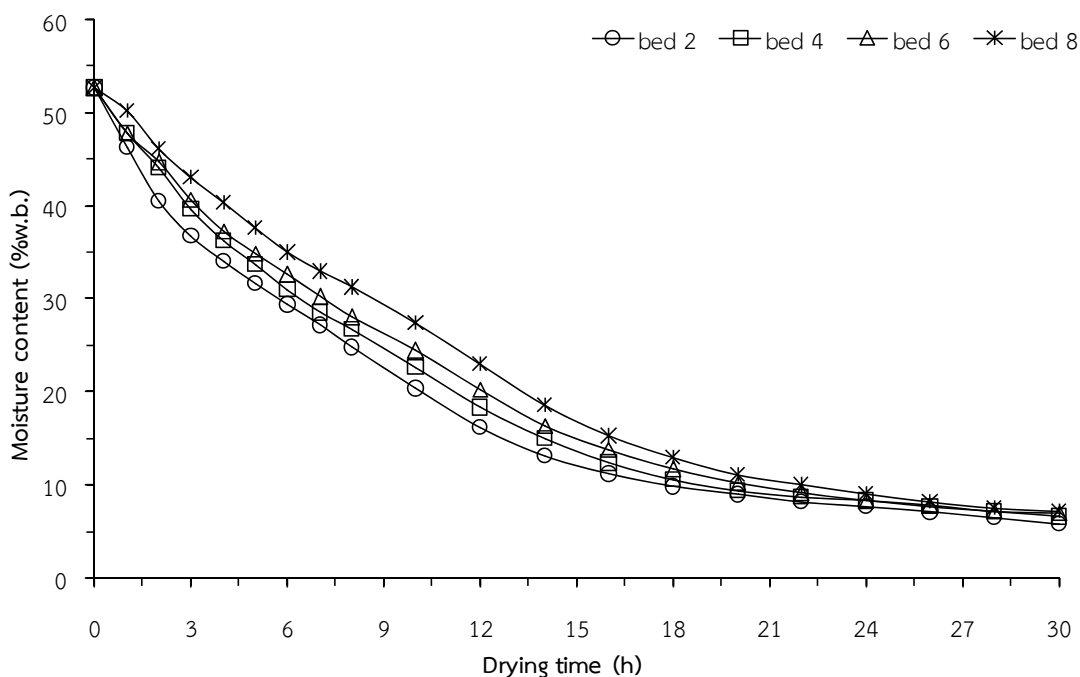
จากรูปที่ 4.7 เมื่อขนาดตัวอย่างมันเส้น 2.5-3.0 เซนติเมตร พบว่า การลดลงของความชื้นของแต่ละชั้นความสูงไม่แตกต่างกันมากนัก ชั้นความสูง 2 เซนติเมตร ใช้เวลาอบแห้งนาน 11 ชั่วโมง ขณะที่ชั้นความสูงอื่นๆ ใช้เวลาอบแห้งนาน 14 ชั่วโมง จึงจะได้ความชื้นที่ต้องการ และหลังจากชั่วโมงที่ 16 ถึง ชั่วโมงที่ 18 การลดลงของความชื้นค่อนข้างคงที่ของทุกตัวอย่างการอบแห้ง



รูปที่ 4.8 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.8 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร ที่วางชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อขนาดตัวอย่างมันเส้นเพิ่มขึ้นความสูงของชั้นการ

อบแห้ง 2 และ 4 เซนติเมตร ใช้เวลาอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ขณะที่ชั้นความสูงการอบแห้ง 6 และ 8 ใช้เวลาอบแห้งนาน 15 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

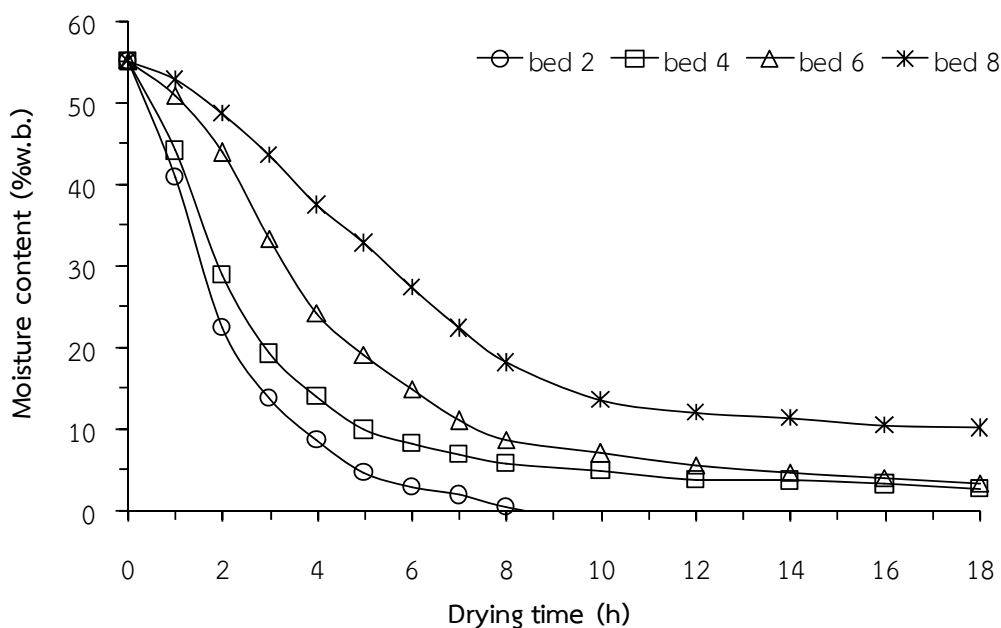


รูปที่ 4.9 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.9 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ที่วางชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมันเส้นมันมีขนาดใหญ่มากขึ้น ลักษณะการลดลงของความชื้นจะค่อยๆ ลดลงทุกชั้นความสูงของการอบแห้ง การอบแห้งใช้เวลานานกว่าทุกขนาดที่ผ่านมา และไม่มีตัวอย่างความสูงใดที่เป็นการลดลงความชื้นคงที่ของช่วงเวลาทดสอบ แสดงถึงความสูงที่หนาของการอบแห้งและขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นการระเหยของความชื้นจะค่อยลดลงช้าๆ เนื่องจากลมร้อนอาจจะผ่านไม่สะดวกเหมือนกับตัวอย่างมันที่มีขนาดเล็ก

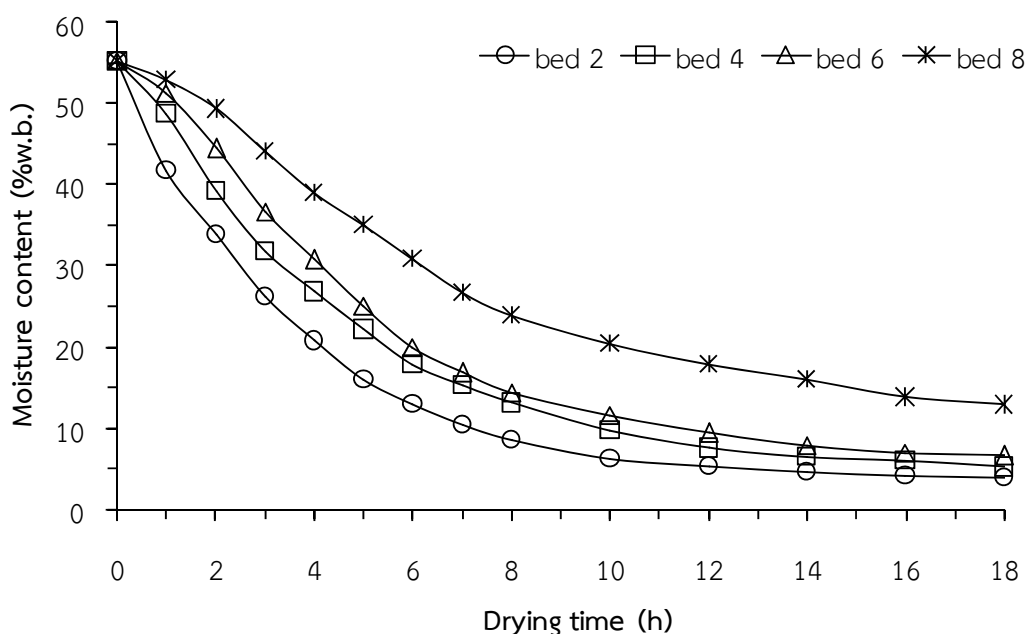
4.2.2 ผลของชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.50 เมตรต่อวินาที

ผลการศึกษาชั้นความสูงต่างกัน 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร ของการอบแห้งตัวอย่างมันเส้นที่มีขนาดแตกต่างกันตามขั้นตอนและวิธีการอบแห้งเหมือนหัวข้อ 3.2 ในบทที่ 3 นำตัวอย่างอบแห้งอุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.50 เมตร/วินาที มีผลการทดลองดังรูปที่ 4.10 ถึง รูปที่ 4.13



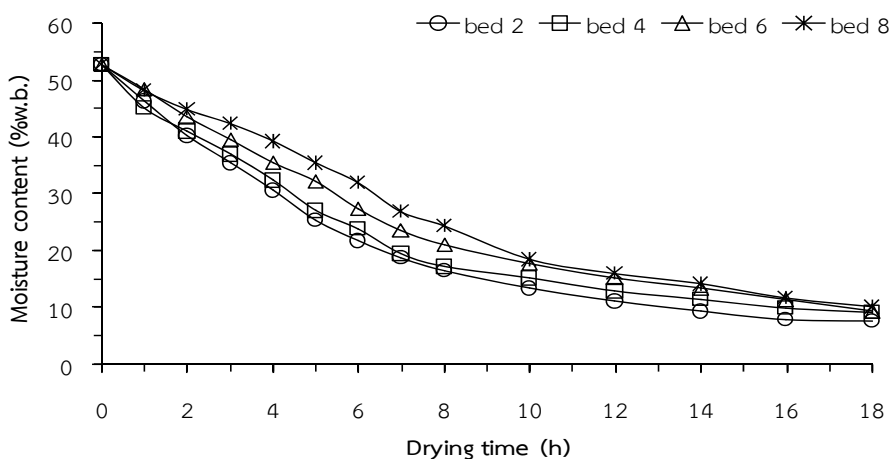
รูปที่ 4.10 ความชื้นมันสำปะหลังขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.10 ขนาดชั้นมันสำปะหลังที่ต่ำ 2.5 เซนติเมตร เมื่ออบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็น 70 องศาเซลเซียส ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วแตกต่างกันตามชั้นความสูงที่ต่างกัน โดยชั้นความสูง 2 4 และ 6 เซนติเมตร ใช้เวลาอบแห้งนาน 3 4 และ 6 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์มันเส้นที่ต้องการที่ความชื้นประมาณ 10-13%w.b. ขณะที่ชั้นความสูง 8 เซนติเมตร จะใช้เวลาอบแห้งนาน 10 ชั่วโมง

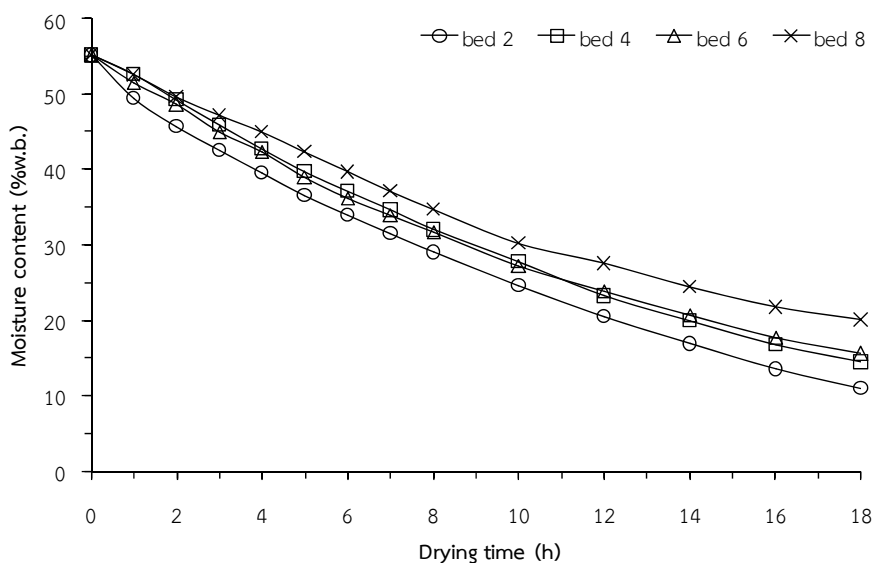


รูปที่ 4.11 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.11 ความชื้นของตัวอย่างมันสำปะหลังขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร ที่ชั้นความสูงการอบแห้ง 2 4 และ 6 เซนติเมตร ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วในอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกัน ใช้เวลาอบแห้งนาน 6-9 ชั่วโมง จึงได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ขณะที่ชั้นความสูง 8 เซนติเมตร มีอัตราการลดลงของความชื้นที่ช้าใช้เวลานาน 16 ชั่วโมง จึงได้ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นที่ชั้นความสูงนี้อาจไม่เหมาะที่จะนำมาทำการอบแห้ง โดยเฉพาะเมื่อขนาดตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ ตัวอย่างมันสำปะหลังจะใช้เวลาอบแห้งที่นานมากกว่า 18 ชั่วโมง และความชื้นไม่สามารถลดลงจนได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวอย่างมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่และชั้นหนาความร้อนจะไม่สามารถผ่านได้ง่ายทำให้การระเหยนํ้าจะเป็นไปอย่างช้าๆ ขณะเดียวกันเนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง และชั้นมันขนาดใหญ่จะทำให้เกิดเป็นเจลบริเวณผิวหน้าของตัวอย่างมันสำปะหลัง ทำให้ความชื้นไม่สามารถระเหยออกมาได้



รูปที่ 4.12 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้ง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



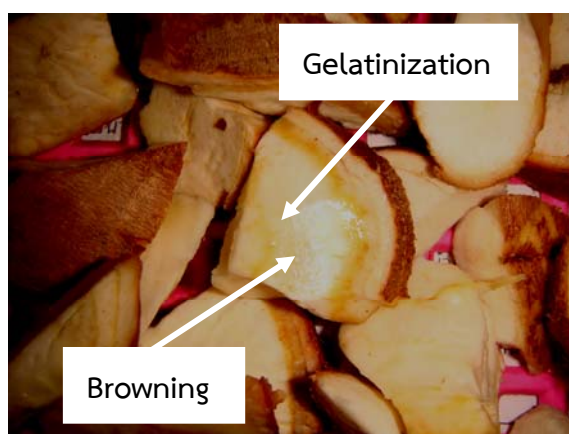
รูปที่ 4.13 ความชื้นมันสำปะหลังขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ชั้นความสูง 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร อบแห้ง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามแนวทางหนึ่งของการเพิ่มอัตราอบแห้งมันสำปะหลังเส้นหรือผลิตภัณฑ์เกษตรคือการเตรียมตัวอย่าง (pretreatment) ก่อนนำไปอบแห้ง ซึ่งตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นจะเตรียมด้วยการลวก การลวกร่วมกับการใช้สารเคมี และเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียม มีวิธีการศึกษาตามหัวข้อที่ 3.3 และมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.3 ผลการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังต่อการอบแห้ง

4.3.1 การพรีพรีทเมนต์ด้วยวิธีการลวก

ผลการศึกษาทดสอบการพรีพรีทเมนต์ เพื่อหาวิธีการพรีพรีทเมนต์ที่เหมาะสมใช้กับการทำแห้งมันสำปะหลังเส้น เมื่อลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที จากการสังเกต ดังรูปที่ 4.14 พบว่าบริเวณผิวภายนอกมันสำปะหลังเส้นจะเกิดเจล (Gelatinization) และปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ (Browning) ส่วนการลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่ามันสำปะหลังเส้นไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Oates, (1996) พบว่าอุณหภูมิความร้อนของการเกิดเจลลิตีในเซชัน ที่มีผลต่อการแปรรูปพืชจำพวกแป้ง ได้แก่ มันฝรั่ง มันเทศ และมันสำปะหลัง มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 66.0-70.0 องศาเซลเซียส

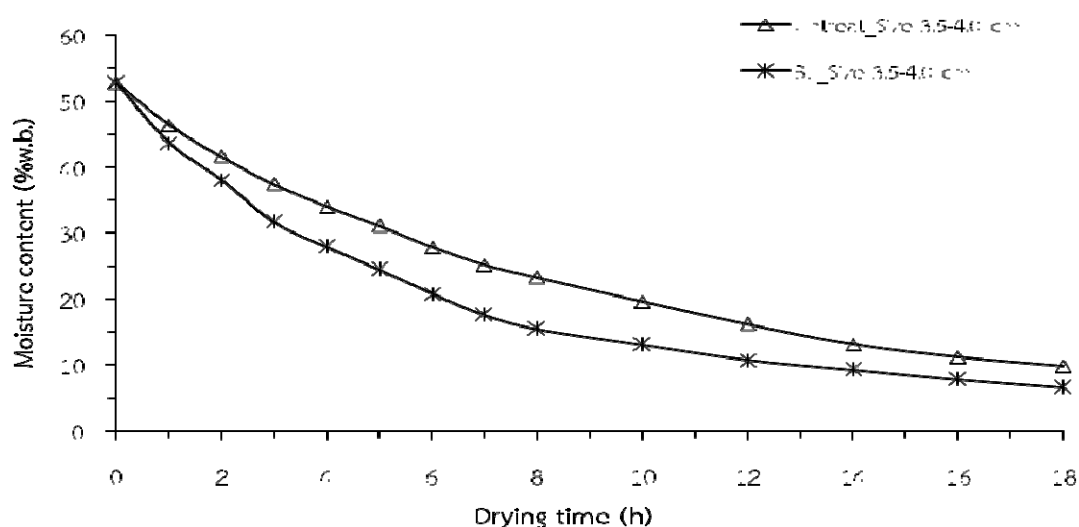


รูปที่ 4.14 มันสำปะหลังเส้นลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที

จากการทดสอบลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ใช้มันสำปะหลังเส้นขนาดแตกต่างกันคือ 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร กำหนดวางบนถาดความหนา 2 เซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1.5 m/s เปรียบเทียบตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ไม่ผ่านการพรีพรีทเมนต์ ดังตารางที่ 4.1 พบว่าการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังด้วยการลวกสามารถลดระยะเวลาการอบแห้งได้ร้อยละ 71 ซึ่งใช้ระยะเวลาอบแห้งนาน 8-9 ชั่วโมง ขณะที่ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ไม่ผ่านการเตรียม (Untreated) ใช้ระยะเวลาอบแห้งประมาณ 11 13 และ 14 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นวิธีการพรีพรีทเมนต์ด้วยการลวกมันสำปะหลังเส้นขนาดตั้งแต่ 2.5-3.0 และ 3.0-3.5 เซนติเมตร สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งได้ 2-3 ชั่วโมง แต่ขนาดมันสำปะหลังเส้น 3.5-4.0 เซนติเมตร อาจใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นดังรูปที่ 4.15

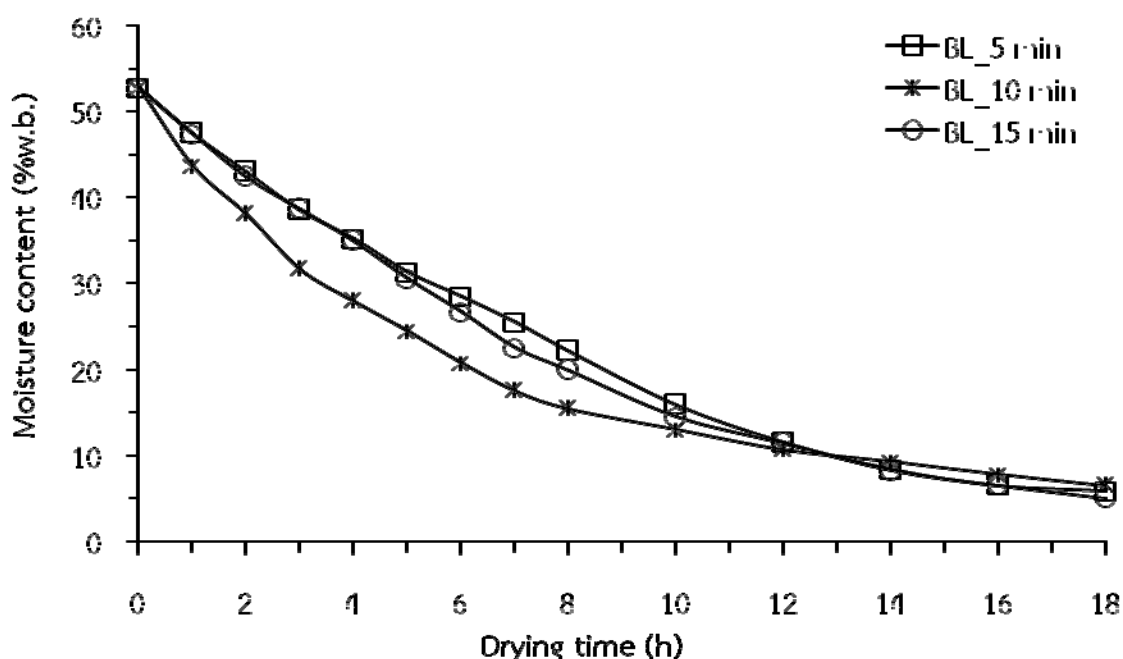
ตารางที่ 4.1 Drying time of cassava chips in different pretreatment

Pretreatment	Size (cm)	Moisture content (%w.b.)	Drying time (h)
Unblanched (Untreat)	2.5-3.0	12.96	11
	3.0-3.5	13.66	13
	3.5-4.0	14.32	14
Blanched (BL)	2.5-3.0	11.41	8
	3.0-3.5	12.60	9
	3.5-4.0	13.03	9
Blanched and Dipping (BL+PO)	2.5-3.0	13.77	8
	3.0-3.5	14.29	10
	3.5-4.0	13.73	10



รูปที่ 4.15 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการลวกและไม่ลวกด้วยน้ำร้อน

จากรูปที่ 4.15 เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ที่เตรียมด้วยการลวกพบว่าสามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้ประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับระยะเวลาอบแห้งมันสำปะหลังเส้นขนาดอื่น เนื่องจากผลจากการลวกมันสำปะหลังเส้นในอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่างการลวก เกิดการดูดซับน้ำเข้าสู่ภายในโครงสร้างมันสำปะหลังเส้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นน้อยลง (Nissreen & Crowley, 2005) ดังนั้นวิธีการเตรียมวัสดุด้วยการลวกมันสำปะหลังเส้นขนาดใหญ่ก่อนนำไปตากแห้งอาจช่วยให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลง



รูปที่ 4.16 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการลวกด้วยระยะเวลาต่างกัน

และผลจากการทดลองลวกตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นเส้นขนาด 3.5-4.0 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาการลวกต่างกัน 3 ระดับ เมื่อนำไปอบแห้งลักษณะการลดลงของความชื้นแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าระยะเวลาการลวกนาน 10 นาที ในช่วงแรกระยะเวลาการอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงชั่วโมงที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังเส้นที่ลวกในระยะเวลาระหว่าง 5 และ 15 นาที จากนั้นความชื้นมันสำปะหลังเส้นต่อระยะเวลาอบแห้งตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10-18 จะเริ่มมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกัน จนได้ความชื้นมันสำปะหลังเส้นเท่ากันในช่วงชั่วโมงที่ 12 ดังนั้นระยะเวลาการลวกที่เพิ่มขึ้นจึงไม่มีผลต่อระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น เนื่องจากเกิดการดูดซับน้ำเข้าสู่โครงสร้างภายในใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเตรียมมันสำปะหลังเส้นบนลานตากอาจเป็นวิธีที่นำไปพร้อมการสับ ก่อนจะนำมันสำปะหลังเส้นไปตากแห้งบนลาน

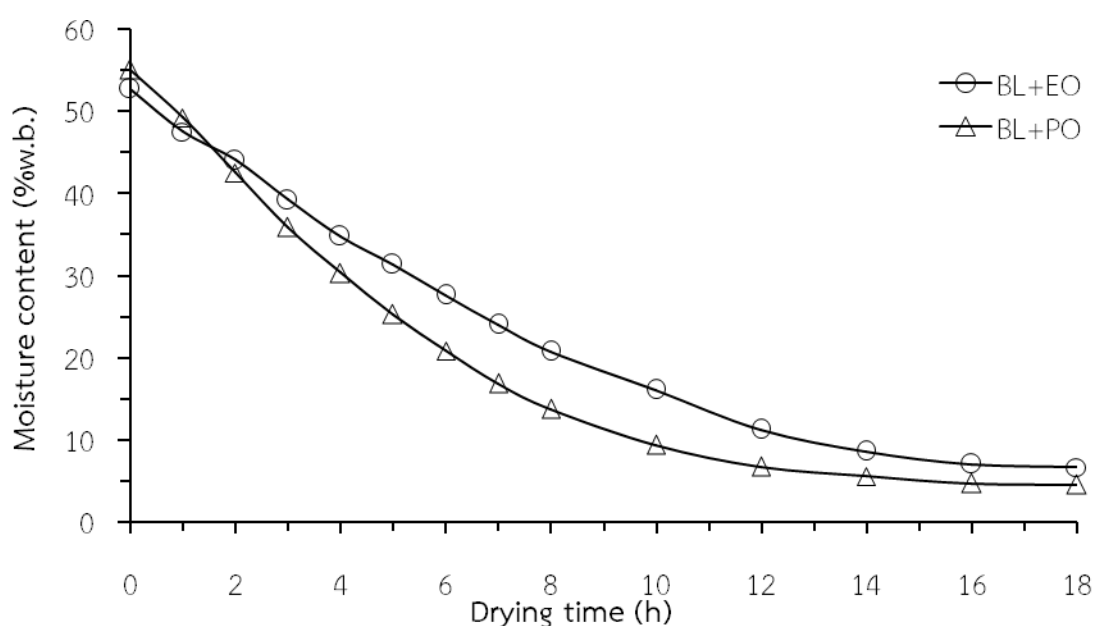
4.3.2 การพรีทรีตเมนต์ด้วยวิธีการลวกร่วมกับแช่สารละลาย Potassium carbonate และ Ethyl oleate (EO)

ผลการพรีทรีตเมนต์โดยวิธีการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ร่วมกับการแช่สารละลายโพแทสเซียมคาบอเนต (BL+PO) ภายหลังนำตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์นำไปอบแห้ง พบว่าวิธีการพรีทรีตเมนต์นี้ ใช้ระยะเวลาอบแห้งใกล้เคียงกับวิธีการลวกในน้ำร้อน นอกจากนี้จากการสังเกต ดังรูปที่ 4.17 พบว่ามันสำปะหลังเส้นบนลานตาก (NAT) เปรียบเทียบกับตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นแห้งที่ผ่านการเตรียมด้วย BL+PO สีจะขาวขึ้น เนื่องจากการลวกมันสำปะหลัง เป็นการกำจัดฝุ่นละอองที่ผิวออกออกไป และการแช่สารละลายโพแทสเซียมคาบอเนต จะช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymic browning reaction) สอดคล้องกับรายงานการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของขึ้นพืช (Kingsly *et al.*, 2006)



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์

และผลการทดลองการพรีทรีทเมนต์โดยวิธีการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสรวมกับการแช่สารละลาย Ethyl oleate (BL+EO) เมื่อนำตัวอย่างอบแห้งได้ความชื้นดังรูปที่ 4.18 พบว่าผลการพรีทรีทเมนต์ BL+PO ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง จึงได้ความชื้นตามต้องการ ขณะที่ BL+EO ใช้เวลาอบแห้งนาน 11 ชั่วโมง ซึ่งอาจเป็นเพราะการพรีทรีทเมนต์ BL+PO มีคุณสมบัติช่วยลดแรงดึงของผิวที่เคลือบเปลือกนอก (wax) ของผักและผลไม้และทำให้เกิดการขยายหรือเพิ่มช่องว่างการระเหยน้ำได้ดีกว่า

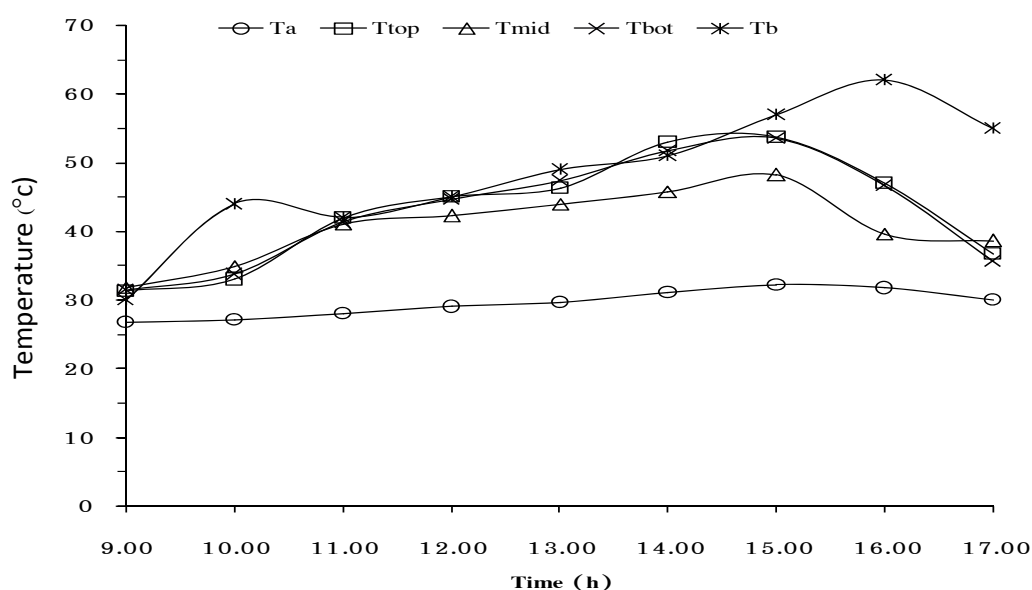


รูปที่ 4.18 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 เซนติเมตร พรีทรีทเมนต์ BL+EO และ BL+PO

4.4 ผลการศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

ผลการออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นมันสำปะหลังเส้นบนลานตากได้ในทุกฤดูกาลหรือสภาวะอากาศ มีขั้นตอนและวิธีการศึกษาดังหัวข้อที่ 3.4 และแบ่งการรายงานผลการศึกษาเป็น 2 หัวข้อหลัก ประกอบด้วย ผลการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง และผลการอบแห้งเมื่อเปิดลมร้อนเข้าร่วมที่อุณหภูมิต่างๆ กัน มีผลการศึกษาดังนี้

4.4.1 ผลการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (ขณะไม่เปิดลมร้อน) เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ผลทดสอบนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิสภาวะแวดล้อม ก่อนนำไปออกแบบเครื่องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ดังรูปที่ 4.19 พบว่าภายในห้องอบแห้งมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม เมื่อเริ่มต้นเวลา 9.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสจากนั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 14.00-15.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตำแหน่งล่าง (Tbot) กลาง (Tmid) และบน (Ttop) เท่ากับ 52.0 53.3 และ 53.7 องศาเซลเซียสโดยมีอุณหภูมิสะสมที่ตำแหน่งพื้น (Tb) สูงสุดเท่ากับ 62.0 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตำแหน่งบนสุดอยู่ใกล้กับหลังคาคลุมด้วยพลาสติกจึงได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Ta) เฉลี่ยเท่ากับ 32.9 องศาเซลเซียสและหลังจากนั้นในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะเริ่มลดลงตามอุณหภูมิแวดล้อมที่ตำแหน่งล่าง กลาง และบน เท่ากับ 43.8, 43.8 และ 43.1 องศาเซลเซียสตำแหน่งพื้นเท่ากับ 47.2 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ยทั้งวันมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 492.1 w/m^2



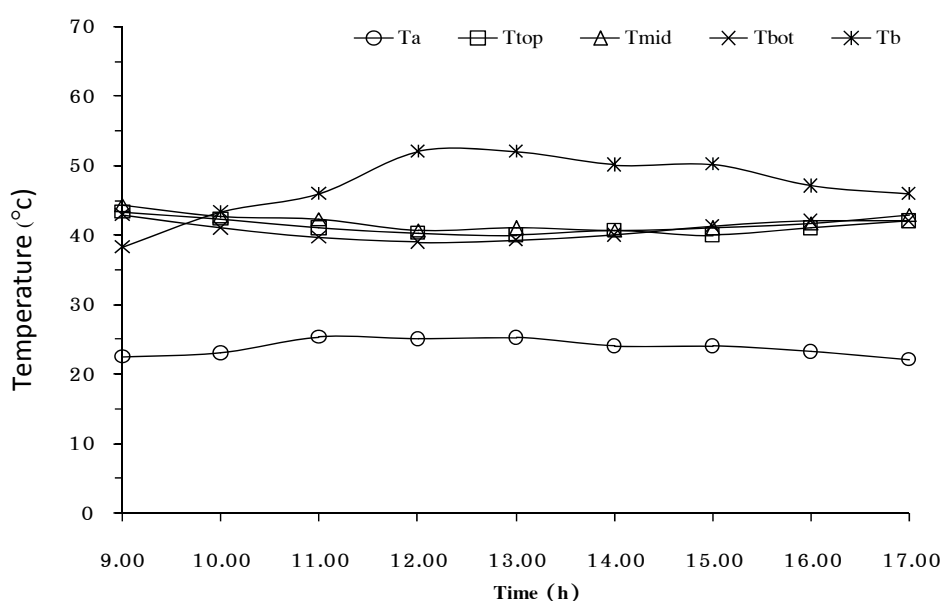
รูปที่ 4.19 อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งในตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่างกัน
ทดสอบวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2555 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4.4.2 ผลการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (เปิดเครื่องลมร้อน) เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมันสำปะหลังเส้นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนวัดอุณหภูมิจำนวน 10 ตำแหน่ง อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 10 m/s (เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 14 เซนติเมตร) ดังรูปที่ 4.20 พบว่าเวลาเริ่มต้นในเวลาช่วง 09.00 น. อุณหภูมิภายในจะแตกต่างกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม และภายในห้องอบแห้งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิอบแห้งที่ทดสอบ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่งล่าง กลาง และบน มีอุณหภูมิสูงสุด 44.3 52.3 และ 63.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิที่ตำแหน่งพื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 15.00 น. เท่ากับ 55.0 61.0 และ 65.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

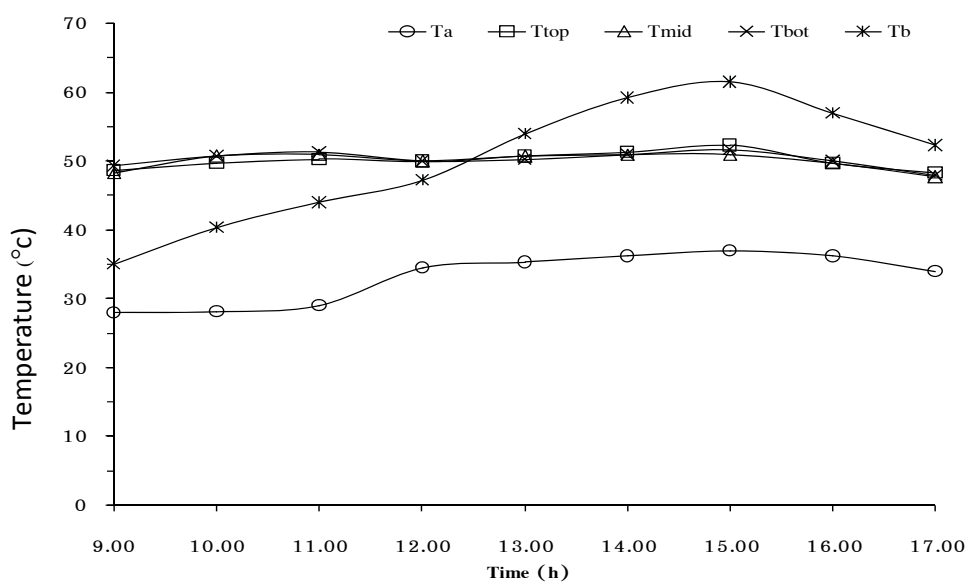
นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ในส่วนนี้เมื่อชดเชยอุณหภูมิด้วยเครื่องเป่าลมร้อนสามารถรักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง มีผลทดสอบดังนี้

1) การทดสอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 09.00-17.00 น. อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเฉลี่ย 23.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งตำแหน่งบน กลาง และล่างอยู่ในช่วง 40.8-44.3 องศาเซลเซียสและตำแหน่งพื้นเท่ากับ 55.0 องศาเซลเซียส ชดเชยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยความร้อนต่ำสุด และสูงสุดอยู่ในช่วง 17.1-20.6 องศาเซลเซียส

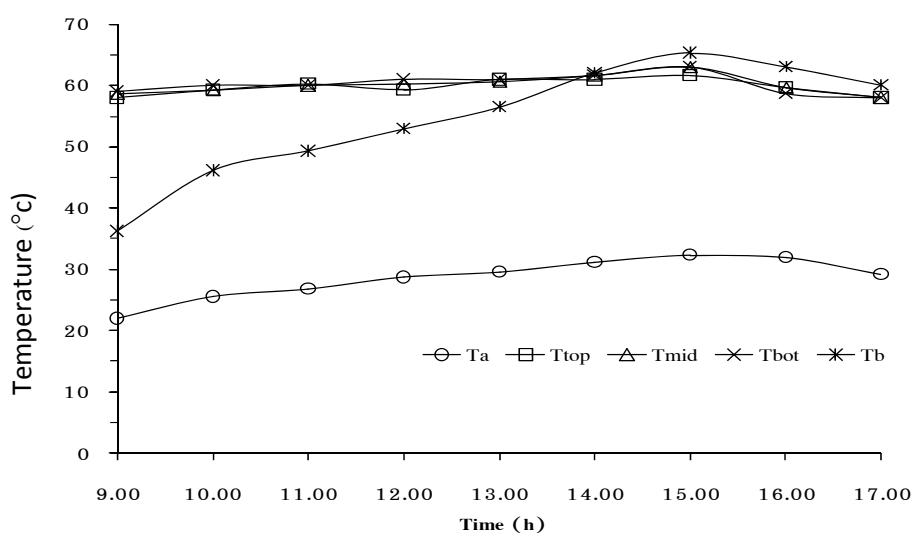
2) การทดสอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในเวลา 09.00-17.00 น. อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเฉลี่ย 32.9 องศาเซลเซียสอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งตำแหน่ง บน กลาง และล่างอยู่ในช่วง 50.0-52.3 องศาเซลเซียสและตำแหน่งพื้นเท่ากับ 61.0 องศาเซลเซียสชดเชยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยความร้อนต่ำสุด และสูงสุดอยู่ในช่วง 17.1-19.4 องศาเซลเซียส



(A)



(B)



(C)

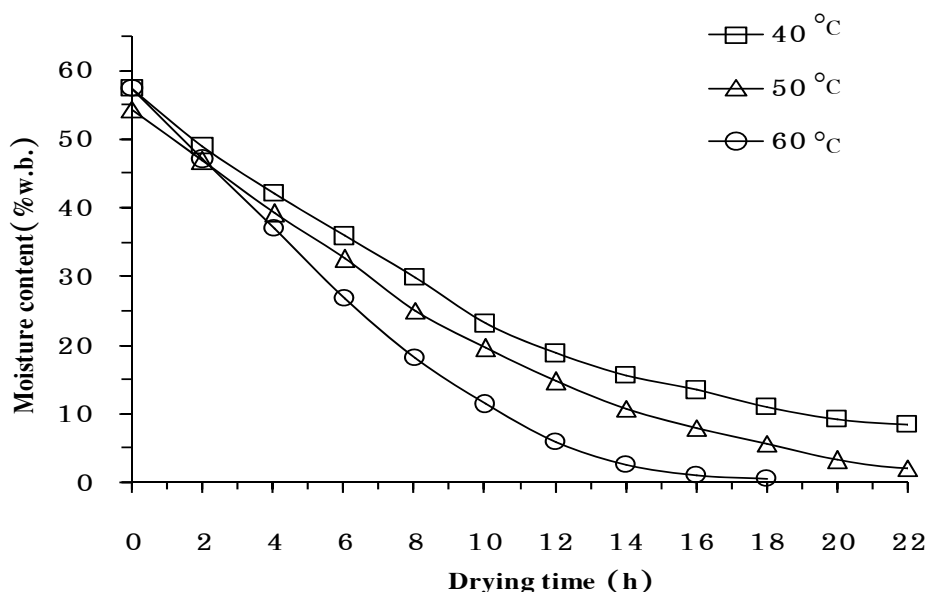
รูปที่ 4.20 อุณหภูมิขดเซยภายในห้องอบแห้ง (A) 40 (B) 50 และ (C) 60 °C

3) การทดสอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสในเวลา 09.00-17.00 น. อุณหภูมิสภาวะแวดล้อมเฉลี่ย 28.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเฉลี่ยตำแหน่ง บน กลาง และล่างอยู่ในช่วง 59.8-63.0 องศาเซลเซียสและตำแหน่งพื้นเท่ากับ 65.0 องศาเซลเซียส ขดเซยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมความร้อนเฉลี่ยต่ำสุด และสูงสุดอยู่ในช่วง 31.2-34.4 องศาเซลเซียส

4.4.3 ผลการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

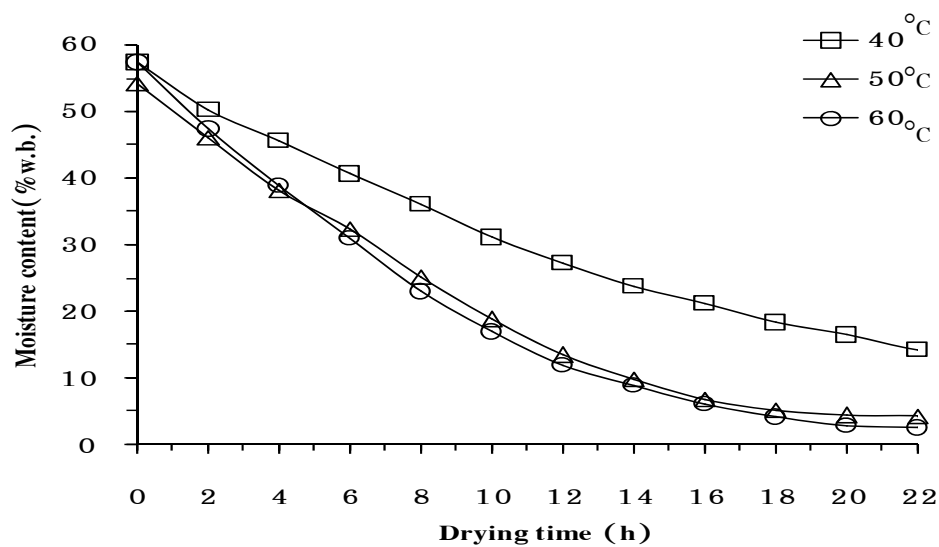
การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน เพื่อศึกษาความชื้นที่ลดลงต่อระยะเวลา การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ซึ่งมีผลการศึกษาตามรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ผลอบแห้งมันสำปะหลังเส้นที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 10 m/s ที่กำหนดชั้นความสูง 2 เซนติเมตร ใช้มันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร อบแห้งจนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นเริ่มคงที่ และเปรียบเทียบความชื้นต่อระยะเวลาการอบแห้ง โดยมีผลการทดลองดังนี้

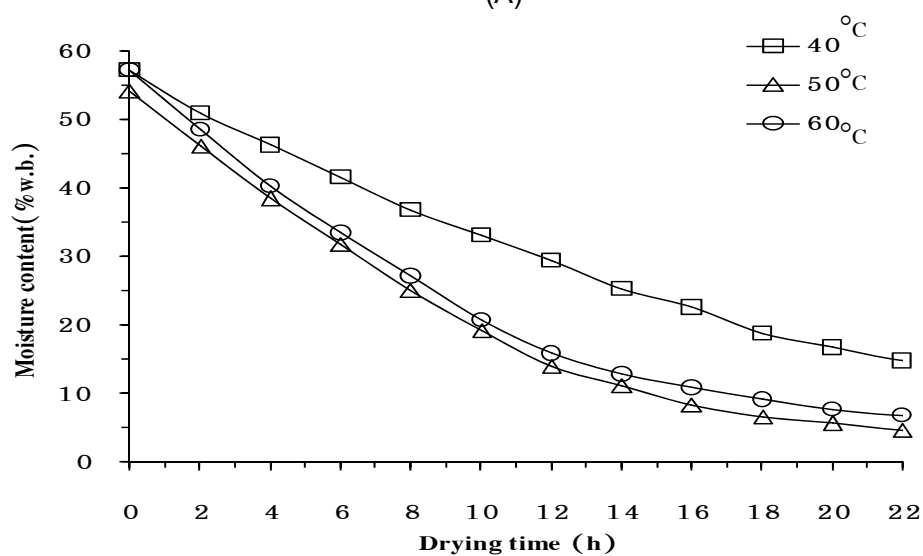


รูปที่ 4.21 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ที่อบแห้งอุณหภูมิต่างกัน

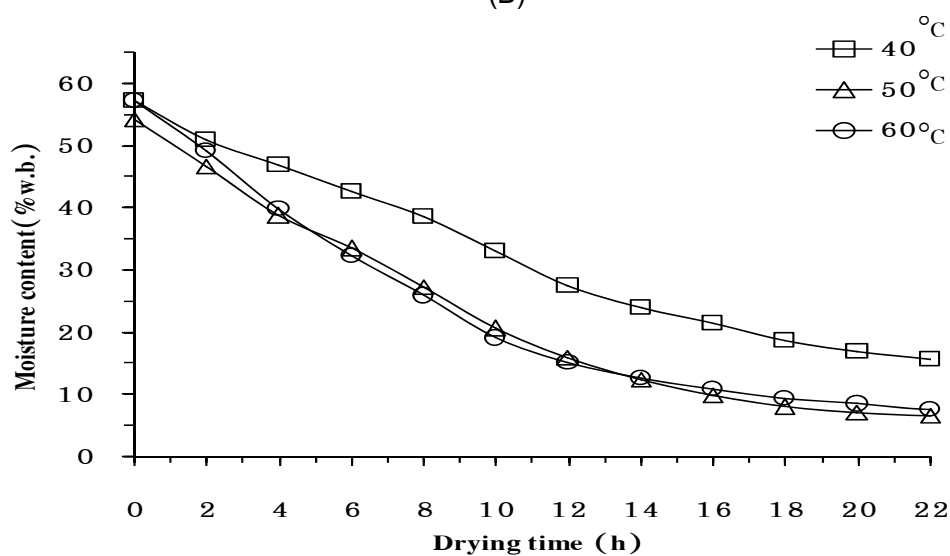
จากภาพรูปที่ 4.21 ผลการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ที่วางบนถาดความหนา 2 เซนติเมตร พบว่าในช่วงระยะเวลาอบแห้งเริ่มต้นจนถึงชั่วโมงที่ 12 ชั่วโมง มีอัตราการลดลงของความชื้นลดลงเชิงเส้น และหลังจากนั้นความชื้นจะลดลงช้าๆ จนได้ความชื้นมันสำปะหลังเส้นตามต้องการ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 10 14 และ 17 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งสูงเพิ่มขึ้นมีผลต่อการระเหยน้ำภายในมันสำปะหลังเส้นเกิดการเร่งน้ำระเหยสู่ภายนอก และเมื่อเพิ่มขนาดมันสำปะหลังเส้น 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร รูปที่ 4.22 (A) (B) (C) พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความชื้นมันสำปะหลังเส้นมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกันจึงใช้ระยะเวลาอบแห้งใกล้เคียงกัน แตกต่างจากการอบแห้งอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส กับทุกขนาดของตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น โดยใช้เวลาการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมง ขณะที่อุณหภูมิ ที่มีการระเหยน้ำภายในได้น้อย จึงทำให้การลดลงของความชื้นใช้เวลานานขึ้นมากกว่า 20 ชั่วโมง



(A)



(B)

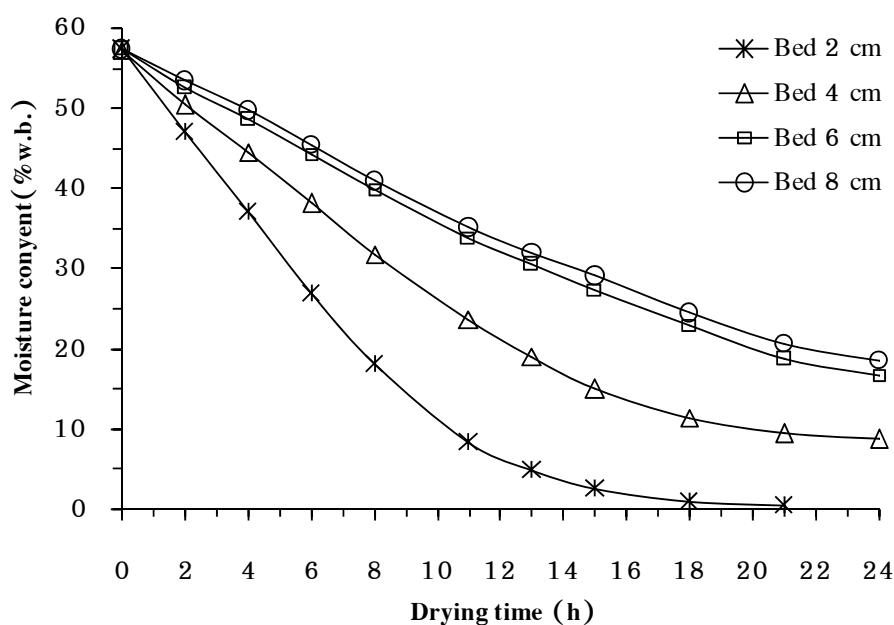


(C)

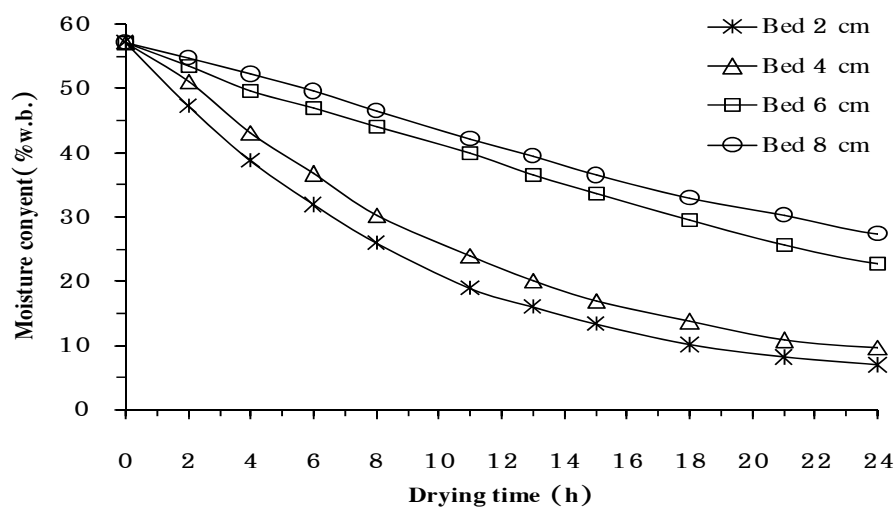
รูปที่ 4.22 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด (A) 2.5-3.0, (B) 3.0-3.5 และ (C) 3.5-4.0 เซนติเมตร

4.4.2 ผลการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นกำหนดวางบนภาตความหนา 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร

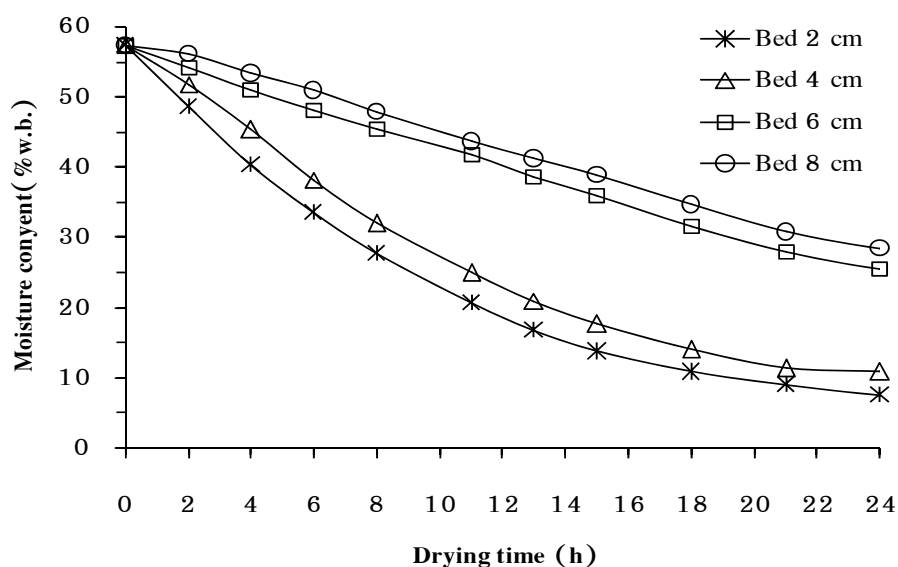
ผลการศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร โดยกำหนดความหนา 4 ระดับ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วลม 10 m/s อบแห้งจนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นเริ่มคงที่ ทำการเปรียบเทียบความชื้นต่อระยะเวลาการอบแห้ง จากรูปที่ 4.23 พบว่าความหนาของชั้นอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง ขนาดมันสำปะหลังที่ต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร บนภาตวางความหนา 2 และ 4 เซนติเมตร จากชั่วโมงเริ่มต้นถึงชั่วโมงที่ 10 ความชื้นของมันสำปะหลังเส้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 10 และ 24 ชั่วโมง และชั้นความหนา 6 และ 8 เซนติเมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่า 30 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์



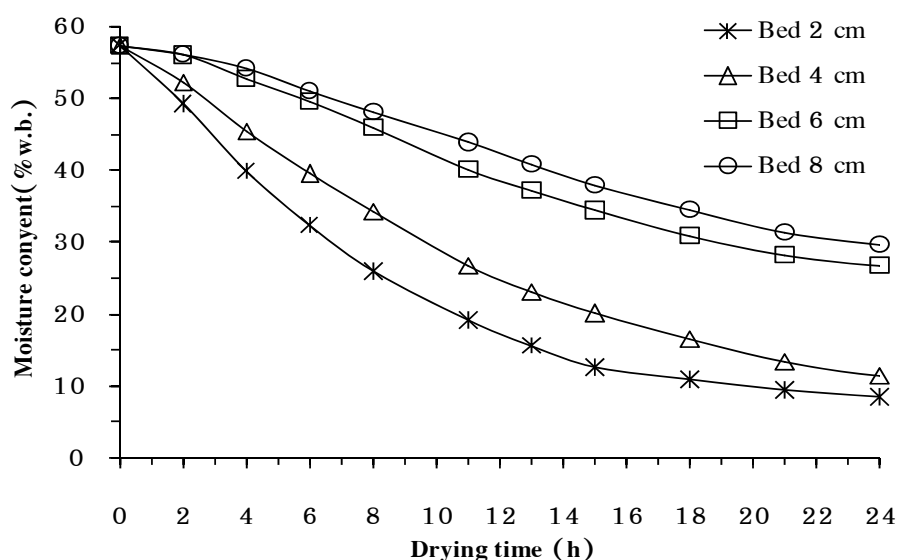
รูปที่ 4.23 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C



A) 2.5-3.0 เซนติเมตร



B) 3.0-3.5 เซนติเมตร



C) 3.5-4.0 เซนติเมตร

รูปที่ 4.24 ความชื้นมันสำปะหลังเส้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความหนา 4 ระดับ

ดังนั้นหลังจากการเปลี่ยนขนาดมันสำปะหลังเส้น 3 ขนาด รูปที่ 4.24 (A-C) พบว่าขนาดความหนาต่างกันมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งมันสำปะหลังเส้นที่มีความหนา 2 และ 4 เซนติเมตรจะมีอัตราการลดลงของความชื้นมันสำปะหลังเส้นลดลงอย่างรวดเร็วใกล้เคียงกัน ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 12-24 ชั่วโมง และขนาดความหนา 6 และ 8 เซนติเมตร อัตราการลดลงของความชื้นมันสำปะหลังเส้นจะลดลงอย่างช้าๆ จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่า 30 h ซึ่งใกล้เคียงกับวิธีการตากแบบวิถีธรรมชาติ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการอบแห้งมันเส้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนนี้ สรุปตามรายงานผลการศึกษาเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ 1) การศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งการศึกษาเป็น 2 รูปแบบคือ แบบตากมันเส้นบนลานตาก และการตากบนลานยกสูงจากพื้น 2) การศึกษาการอบแห้งมันเส้นด้วยลมร้อน 3) การศึกษาการเตรียมมันสำปะหลังเส้นก่อนการอบแห้งด้วยลมร้อน และ 4) การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาผลของการตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การตากแห้งตามธรรมชาติบนลานตากซีเมนต์ จะสามารถลดความชื้นกับมันสำปะหลังที่มีขนาดไม่เกิน 3 เซนติเมตร ที่ชั้นความสูงการตากต่ำกว่า 4 เซนติเมตร จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ หากมันสำปะหลังเส้นมีขนาดใหญ่และหรือความหนาชั้นตากมากกว่านี้จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ เพราะความชื้นไม่สามารถระเหยออกจากตัวอย่างมันสำปะหลังได้ ขณะที่การตากโดยการยกสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร เพื่อให้การเคลื่อนตัวของอากาศผ่านและการระเหยน้ำได้ทั้งด้านบนและล่าง เป็นการเพิ่มอัตราเร็วของการระเหยน้ำได้ สามารถทำการตาก ตัวอย่างมันเส้นความชื้นลงได้ตามต้องการของชั้นความสูง 2-6 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการยกพื้นสูงขึ้นนั้นสามารถช่วยให้การถ่ายเทของความชื้นออกจากวัสดุตัวอย่างได้ดีเพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศสามารถเคลื่อนที่ผ่านจากด้านล่างสู่ผิวด้านบน หรือทุกทิศทางจึงเป็นการเพิ่มอัตราการระเหยน้ำของตัวอย่างมันเส้น นอกจากนี้การยกพื้นสูงยังสามารถเพิ่มปริมาณการตากมันสำปะหลังเส้นได้เพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตากบนพื้นลานซีเมนต์ทั่วไป และประยุกต์ใช้กับการตากจริงในลานนั้นจะสามารถรองรับปริมาณมันสำปะหลังเข้าสู่ลานมันได้เพิ่มเป็น 3 เท่าเช่นกัน โดยพื้นที่ลานตากเท่าเดิม

5.2 การศึกษาการอบแห้งตากมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน

การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน เป็นการศึกษาขนาดมันสำปะหลังเส้นที่แตกต่างกัน และความหนาของชั้นวางมันสำปะหลังเส้นต่อการอบแห้งมัน สำหรับการอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสและความเร็วลม 1.5 m/s พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส สามารถอบแห้งตัวอย่างมันสำปะหลังได้ทุกขนาดและชั้นความหนาที่ทดสอบ อาจแตกต่างกันที่เวลาทำการอบแห้ง โดยอุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งนาน 8 12 และ 14 ชั่วโมง ที่ขนาดมันสำปะหลัง ไม่เกิน 3.5 เซนติเมตร และความสูงน้อยกว่า 6 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งนาน 6 9 และ 12 ชั่วโมง ที่ขนาดและชั้นความสูงเดียวกัน

5.3 การเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังต่อการอบแห้ง

การเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังด้วยการลวกน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีและการลวกและแช่สารละลายเมื่อนำไปอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังด้วยการลวกสามารถลดระยะเวลาการอบแห้งได้ร้อยละ 71 ซึ่งใช้ระยะเวลาอบแห้งนาน 8-9 ชั่วโมง ขณะที่ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ไม่ผ่านการเตรียม (Untreated) ใช้ระยะเวลาอบแห้งประมาณ 11 13 และ 14 ชั่วโมง ที่ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งทดสอบที่ชั้นความสูง 2 เซนติเมตร นอกจากนี้พบว่าการลวกน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดเป็นเจล และการแช่สารละลายทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สว่างขึ้น ไม่หมองคล้ำ

5.4 การศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

การออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบมันสำปะหลังเส้นด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ผลการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (ขณะไม่เปิดลมร้อน) พบว่าภายในห้องอบแห้งมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม เมื่อเริ่มต้นเวลา 9.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสจากนั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 14.00-15.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดภายในห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตำแหน่งล่าง (Tbot) กลาง (Tmid) และบน (Ttop) เท่ากับ 52.0 53.3 และ 53.7 องศาเซลเซียสโดยมีอุณหภูมิสะสมที่ตำแหน่งพื้น (Tb) สูงสุดเท่ากับ 62.0 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตำแหน่งบนสุดอยู่ใกล้กับหลังคาคลุมด้วยพลาสติกจึงได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Ta) เฉลี่ยเท่ากับ 32.9 องศาเซลเซียส

การศึกษากการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน (เปิดเครื่องลมร้อน) วัดอุณหภูมิจำนวน 10 ตำแหน่ง อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 10 m/s (เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 14 เซนติเมตร) พบว่า อุณหภูมิภายในจะแตกต่างกันกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม และภายในห้องอบแห้งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิอบแห้งที่ทดสอบ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่งล่าง กลาง และบน มีอุณหภูมิสูงสุด 44.3 52.3 และ 63.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิที่ตำแหน่งพื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 15.00 น. เท่ากับ 55.0 61.0 และ 65.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การศึกษากการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน 40 องศาเซลเซียส นั้นจะสามารถอบแห้งได้เฉพาะ มันสำปะหลังเส้นขนาดต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร และชั้นความหนา 2 เซนติเมตร เท่านั้น หากขนาดและความหนาที่เพิ่มขึ้นมากกว่านี้จะทำให้ไม่ได้ผลิตภัณฑ์ หรือต้องใช้เวลามากเกินไป ขณะที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 10 14 และ 17 ชั่วโมง ที่ขนาดมันสำปะหลังเส้น 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยชั้นความสูงที่เหมาะสมไม่เกิน 4 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาหาอุปกรณ์เพื่อรองรับการตากแบบยกสูงจากพื้น และทดสอบในปริมาณมากเพื่อยืนยันผล การทดสอบ และส่งเสริมประชาสัมพันธ์เพื่อนำไปใช้ในการตากของลานมันสำปะหลังด้วย พลังงานแสงอาทิตย์
2. การเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังก่อนการอบแห้ง จะทำให้เปียกน้ำก่อนนำไปอบหรือตาก อาจจะ นำไปทำการแผ่ หรือใช้วิธีการสลัดน้ำออกจะเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการช้อนทับกัน และสามารถ อบหรือตากในชั้นความสูงที่เพิ่มขึ้นได้
3. การอบแห้งมันสำปะหลังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน ไม่ควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิภายในห้องอบที่คลุมด้วยพลาสติกสามารถสูงถึงนี้ได้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด, เทคโนโลยีแปง. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2543.

เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, วัชร เลิศมงคล, จำลอง เจียรจันทนา, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรป และคณะ. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากภาวะวิกฤตเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2542.

เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแปงพิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550.

ปานเทพ มารศรี. การวางแผนเชิงกลยุทธ์การดำเนินงานธุรกิจรวบรวมมันเส้นสะอาดของสหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. ชัยภูมิ จำกัด. วิทยานิพนธ์ : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
2551. หน้า 20.

วรินทร์ ถนัดคำ. การวิเคราะห์การลงทุนในการผลิตมันเส้นสะอาด. กรณีศึกษาอำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา วิทยานิพนธ์ : สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร และทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.

สุคนธา สุคนธาธา. การเตรียมและสมบัติของฟิล์มแปงมันสำปะหลังผสมเจลาติน. วิทยานิพนธ์ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2545

สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมการสร้างตำรา คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลผลผลิต ปี 2555. ได้จาก
http://www2.oae.go.th/mis/Forecast/02_journal/forecast3-2555.pdf. May 10, 2012.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553. ได้จาก
http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. Jan 9, 2011.

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

Aliyu AB, Jibril H. Utilization of greenhouse effect for solar drying of cassava chips. International of journal Physical Sciences 2009;4(11): 615-622

- AOAC (1984). "Official Methods of Analysis of International 16th edition", Association of Official Analytical Chemists.
- Condori M, Echaz R, Saravia L. Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. *Renewable Energy* 2001;22:447-460.
- Doymaz I, Pala M. Hot air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering* 2002;55:331-335.
- Eze SO, Azubuike A. Assessment of the physicochemical properties and applications of some cassava varieties. *Research Journal of Applied Sciences* 2010;5:309-312.
- Kingsley DH, Guan DS, Hoover DG, Chen H. Inactivation of hepatitis a virus by high-pressure processing: the role of temperature and pressure oscillation. *Journal of Food Protection* 2006;69:2454-2459.
- Kudra T. Energy aspects in drying. *Drying Technology* 2004;22:917-932.
- 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.
- Leeratanarak N, Devahastin S, Chiewchan N. Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. *J Journal of Food Engineering* 2005;77:635-643.
- Mohammed A. Size reduction of cassava chip and the drying rate. *Journal trancampus* 2010;9:1596-8308.
- 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.
- Olufayo AA, Ogunkunle OJ. Natural Drying of Cassava Chips in the Humid Zone of Nigeria. *Bioresource Technology* 1996;58:89-91.
- Potter NM, Hotchkiss JH. In *Food science*. Gaithersburg: Aspen Publisher, 1998;5:207-211
- 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.
- 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.

- Thanh NC, Muttamara S, Lohani BN, Crao BVP, Burintaratikul S. Optimization of drying and peeling techniques for tapioca root. Environmental Engineering division Asian Institute of Technology. Thailand. 2010.
- 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.
- Vengaiah PC, Pandey JP. Dehydration kinetics of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Journal of Food Engineering 2007;81:282-286.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
บทความที่เผยแพร่

การตากมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

Cassava Chips with Solar Drying

โสภา แคนสี, ^{1*} ธีรศาสตร์ คณาศรี, ² วีระวัฒน์ ศรีชา ³

Sopa Cansee, ^{1*} Teerasad Kanasri, ² Veerawat Srichar ³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากซีเมนต์และยกระดับสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร และการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นด้วยการลวกก่อนนำไปอบแห้ง เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น ปัจจัยการศึกษาประกอบด้วย ขนาดมันสำปะหลังเส้น 4 ระดับ คือต่ำกว่า < 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร วางบนถาดความหนา 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร นำไปอบแห้งบนพื้นลานตากในรูปแบบต่างกัน และการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้นด้วยวิธีการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลทดลองพบว่า ระยะเวลาการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มขนาดและความหนาชั้นมันสำปะหลังเส้นมีผลทำให้มันสำปะหลังเส้นเกิดการเน่าเสียได้ และผลการลวกมันสำปะหลังเส้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้ทุกขนาด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นที่ไม่ผ่านการลวก และนอกจากนี้ยังพบว่าการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดเจลใสบนผิวมันสำปะหลังเส้น

คำสำคัญ: มันสำปะหลังเส้น การตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การเตรียมวัสดุทดลอง

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; 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 were easier spoilage. The result of blanching of

¹ อาจารย์ ^{2,3} นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Lecturer ^{2,3} Graduate Student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang, Kantharawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

cassava chips with temperature of 60 °C were that it could be reduced drying time of all cassava chip samples when compared untreated. Besides, The blanching cassava chips with water of 70 °C were gelatinized around outside surface.

Keyword: cassava chips, cassava chip drying, pretreatment

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ผลิตรายใหญ่¹ รายงานพื้นที่รวมมีการเพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศปี พ.ศ. 2552 ประมาณ 8.2 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 30 ล้านตัน² ซึ่งผลผลิตจำนวนนี้แปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง มันเส้น และมันอัดเม็ด สำหรับเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปภายในประเทศมีปริมาณสูงถึง 20 ล้านตันของผลผลิต มีการนำไปใช้แปรรูปเป็นมันสำปะหลังเส้น และมันอัดเม็ด 12 ล้านตัน และแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ 8 ล้านตัน รวมถึงการส่งออกมันสำปะหลังเส้นไปยังตลาดต่างประเทศประมาณ 4 พันตัน คิดเป็นมูลค่า 18,900 ล้านบาท³ ซึ่งการแปรรูปมันสำปะหลังเส้นจะช่วยลดน้ำหนักเพื่อสะดวกในการขนส่งยิ่งขึ้น นอกจากนี้การแปรรูปมันสำปะหลังเส้นเป็นการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังอีกช่องทางหนึ่งที่เกษตรกรสามารถทำได้เอง และอาจแก้ปัญหาราคาหัวมันสดที่ตกต่ำโดยในปี พ.ศ. 2548 เคยรับซื้อมีราคาต่ำถึง 0.63 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อผ่านการแปรรูปเป็นมันสำปะหลังเส้นจำหน่ายได้ราคา 7.20-7.46 บาทต่อกิโลกรัม^{2,4}.

การแปรรูปมันเส้น หรือมันสำปะหลังเส้น มีขั้นตอนเริ่มจากหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสด ทำการตัดแยกหัวมันออกจากเหง้า สับหัวมันสำปะหลังด้วยมือหรือสับด้วยเครื่อง และนำไปตากแห้งบนลานซีเมนต์⁵ โดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ลดความชื้น หรือตากบนพื้นดินที่รองด้วยตาข่ายป้องกันการบินของดิน¹ การแปรรูปมันสำปะหลังเส้นด้วยวิธีการตากแดดแบบธรรมชาติเป็นวิธีที่พบมากที่สุด เพราะมีขั้นตอนการทำงานง่ายและประหยัด แต่ต้องใช้ระยะเวลาการตากนาน 3-5 วัน⁶ ให้มันสำปะหลังเส้นได้มาตรฐานความชื้นประมาณ 13-14%w.b. เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา มีความเสี่ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวน⁷ ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ทำให้มีคุณภาพต่ำหลังการจัดเก็บ เช่น การรบกวนจากแมลง⁸ และข้อจำกัดของแสงอาทิตย์ที่ไม่เอื้ออำนวยในการตาก การแก้ไขปัญหาคือการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานพื้นฐาน วิธีการแปรรูปมันสำปะหลังเส้นจำนวนมากในระหว่างการตากบนลานจึงต้องกลับขึ้นมันสำปะหลังเส้นทุกชั่วโมง ต้องเสียค่าแรงงานหรือค่าน้ำมันรถแทรกเตอร์ เพื่อให้ความชื้นลดลงสม่ำเสมอ⁹ สำหรับอีกวิธีการที่ช่วยเร่งการอบแห้งสามารถทำได้ด้วยการเตรียมวัสดุตัวอย่าง (พรีทรีทเมนต์) ก่อนอบแห้งโดยการปรับสภาพจนผลศาสตร์เฉพาะของพืชประเภทอาหาร ซึ่งการเตรียมวัสดุก่อนการอบแห้งช่วยให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น¹⁰

เนื่องจากการปรับสภาพทางกายภาพช่วยลดความต้านทานของความชื้น สามารถเพิ่มอัตราการอบแห้งได้อีก และมีผลต่อระยะเวลาการอบแห้ง จากรายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับสภาพก่อนการอบแห้งอาหารอื่น เช่น พริกแดง¹¹ พริกหวาน¹² และผลพลัม¹³ จะช่วยให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น อีกวิธีการหนึ่งทำได้ด้วยการลวก¹⁴ จากรายงาน^{15,16} พบว่าผลทดสอบกลุ่มตัวอย่างทดลองที่ผ่านการลวก เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของโครงสร้างภายในลดลงทำให้มีผลต่อระยะเวลาการอบแห้งลดลง ขั้นตอนการเตรียมวัสดุทดลองก่อนนำไปอบแห้งด้วยการแช่น้ำร่วมกับวิธีการลวก จึงถูกนำมาใช้สำหรับพืชประเภทแป้ง เช่น มันฝรั่ง¹⁷ มันสำปะหลัง¹⁸ จากการศึกษา¹⁹ รายงานว่าการลวกมันฝรั่งในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 °C ความเร็วลมร้อน 0.8 เมตรต่อวินาที พบว่าการลวกมันฝรั่งก่อนจะช่วยลดระยะเวลาอบแห้งสั้นลง สอดคล้องกับการศึกษา²⁰ พบว่าการอบมันสำปะหลังอบด้วยลมร้อนแห้งเป็นชั้นเล็กๆ ที่เตรียมตัวอย่าง แช่น้ำและลวกน้ำร้อน ลวกน้ำร้อนและแช่น้ำ ชี้ให้เห็นว่าการเตรียมตัวอย่างด้วยการแช่น้ำเพิ่มอัตราการอบแห้งได้ แต่เนื่องจากอุณหภูมิความร้อนที่ลวกสูงเกินไปอาจทำให้โครงสร้างภายในของพืชกลุ่มแป้งเปลี่ยนแปลงจนปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ (Browning) และเกิดเจล (Gelatinization) ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการระเหยน้ำบริเวณผิวภายนอกในการอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์²¹

อย่างไรก็ตามการรายงานการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีเพียงรายงานการอบแห้งไขมันสำปะหลังที่ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งแตกต่างกับมันสำปะหลังเส้นบนลานตากที่ต้องการแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร หรือผลิตเอทานอล มีเพียงรายงาน²² ศึกษาอบแห้งมันเส้นขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ด้วยการตากธรรมชาติสภาวะอากาศความชื้นสัมพัทธ์สูงในรูปแบบที่ต่างกัน คือ ตากบนลานคอนกรีต ในร่มบนลานคอนกรีต และในตู้อบแสงอาทิตย์ พบว่าขนาดมันเส้นไม่มีผลต่อรูปแบบการตากแห้งมันสำปะหลังเส้น ซึ่งมีรูปแบบใกล้เคียงกับการทำแห้งบนลานตาก

จากข้อมูลดังกล่าวสำหรับการศึกษาหาวิธีการดำเนินการตากแห้งที่เหมาะสมจะช่วยลดความชื้น และการจัดการพื้นลานตากมันสำปะหลัง ดังนั้นการยกระดับพื้นบนลานตากซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรทำได้เอง และการเตรียมวัสดุก่อนการอบแห้งเป็นวิธีที่มีความสะดวกช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งจนได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี และนำไปสู่การพัฒนากระบวนการตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตาก เป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ขั้นตอนการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ใช้มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Kasetsart 50) และระยอง 5 (Rayong 5) ที่เกษตรกรนิยมปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดมหาสารคาม อายุการเก็บเกี่ยวระหว่าง 8-12 เดือน หัวมันสำปะหลังสดถูกนำมาตัดหัวมันแยกจากเหง้าทำความสะอาด และสับหัวมันด้วยมือสับ ใช้ตระแกรงสแตนเลสขนาดรูเปิด 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 เซนติเมตร ร่อนแยกขนาดมันสำปะหลังเส้นให้มีขนาดใกล้เคียงกับตัวอย่างลานตากมี 4 ขนาด คือต่ำกว่า 2.5, 2.5-3.0, 3.0-3.5 และ 3.5-4.0 เซนติเมตร แยกชิ้นมันสำปะหลังเส้นเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 57.8%w.b.²³

มันสำปะหลังเส้นที่ผ่านการคัดแยกขนาดนำมาวางบนถาดพลาสติกทรงแปดเหลี่ยมมีพื้นที่ขนาดกว้าง × ยาวเท่ากับ 24.5 cm×33.0 cm กำหนดการวางบนถาดความหนาเท่ากับ 2 4 6 และ 8 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นจำนวนตัวอย่างละ 2 ถาด นำไปวางบนลานตากพื้นซีเมนต์ 2 รูปแบบดัง Figure 1 ตากวันละ 8 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 08.00-17.00 น. ในระหว่างการทดสอบวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วยเทอร์โมมิเตอร์



Figure 1 Cassava chip samples on cement field and elevation 5 cm.

การเตรียมวัสดุทดลอง

ตัวอย่างมันสำปะหลังเส้นนำมาปรับสภาพก่อนการอบแห้งด้วยวิธีการลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C นาน 10 นาที ปลดปล่อยให้เป็นในสภาวะอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ อุโมงค์ Figure 2 บันทึกผลการทดลองด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัมชั่งน้ำหนักตัวอย่างมันสำปะหลังเส้น บนถาดวางทุกๆ 1 h ในช่วง 1-8 ชั่วโมงแรก และหลังจากนั้นทุกๆ 2 ชั่วโมงจนความชื้นมันสำปะหลังเส้นได้ประมาณ 13-14% w.b. หลังการทดสอบอบแห้งทุกครั้ง มันสำปะหลังเส้นจะถูกแยกไปหาความชื้นในตู้อบความชื้น และคำนวณหาความชื้นสุดท้าย



Figure 2 Solar dryer

ผลการศึกษา และวิจารณ์

จากการทดลองผลการตากบนลานตากด้วยวิธีธรรมชาติ เพื่อหาความหนาการวางชั้นมันสำปะหลังเส้น ใช้มันสำปะหลังเส้น 4 ขนาด บนระดับความสูงของถาดแตกต่างกัน 4 ระดับ เริ่มการตากแห้งตั้งแต่วันที่ 08.00-17.00 น. จนน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นเริ่มคงที่ จากนั้นเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงกับระยะเวลาการตากแห้งดัง Figure 3 พบว่าการตากในช่วง 4 ชั่วโมงแรกความชื้นจะลดลงใกล้เคียงกัน แต่หลังจากชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป ความชื้นที่ลดลงจะเริ่มแตกต่างกันตามการเพิ่มของขนาดมันสำปะหลังเส้นมีเพียงขนาดต่ำกว่า 2.5 และ 2.5-3.0 เซนติเมตร วางบนพื้นความสูง 2 เซนติเมตร ซึ่งลดลงจนได้ความชื้นตามมาตรฐานมันสำปะหลังเส้น ใช้เวลาประมาณ 29 h ส่วนมันสำปะหลังเส้นทุกขนาด ที่วางบนพื้น 4 และ 8 เซนติเมตร ต้องใช้ระยะเวลาการตากนานเกิน 30 h เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนในการระเหยความชื้นต่ำ ขณะที่มันสำปะหลังเส้นที่วางอยู่ด้านล่างถูกปิดทับช่องว่างอากาศจนมีความชื้นสูง และจากการวางมันสำปะหลังเส้นบนถาดชั้นความหนา 2 เซนติเมตร มีการวางกระจายให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างชั้นมัน อากาศร้อนจึงไหลผ่านช่องว่างจากด้านล่างขึ้นมาด้านบน เกิดการแพร่ระเหยของไอน้ำได้สูง เนื่องจากลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไป

ผลจากการสำรวจข้อมูลขนาดมันสำปะหลังเส้นบนลานตากผู้วิจัย พบว่าจำนวนมันสำปะหลังเส้นขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 2.5 และ 2.5-3.0 cm) และขนาดกลาง (3.0-3.5 cm) รวมกันมีสูงถึงร้อยละ 93.63 เมื่อต้องการตากแห้งลมร้อนอาจใช้ระยะเวลาประมาณ 32 ชั่วโมง (4 วัน) และมันสำปะหลังเส้นขนาดใหญ่ (3.5-4.0 cm) ที่มีเพียงร้อยละ 6.33 ต้องใช้ระยะเวลาอบแห้งนานเกิน 45 ชั่วโมง (5-6 วัน) เนื่องจากปัจจัยของลักษณะเฉพาะของชั้นมัน เช่น ความหนาของชั้น ความสม่ำเสมอของความหนาของชั้น และความหนาการวางของชั้นที่ตากมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง²⁴ อย่างไรก็ตาม พบว่าการวางบนถาดความหนา 2 เซนติเมตร มีผลต่อปริมาณในแต่ละรอบของการตากมันสำปะหลังเส้น ผลจากการสำรวจข้อมูลพื้นที่ลานตากผู้วิจัย พบว่าน้ำหนักมันสำปะหลังเส้นแห้งประมาณ 12,000 kg ต้องใช้พื้นที่ลานตาก 1,600 m² ดังนั้นเมื่อต้องการผลิตมันสำปะหลังเส้นเพิ่มจำเป็นต้องขยายพื้นที่การตากเพิ่มขึ้นมากด้วย

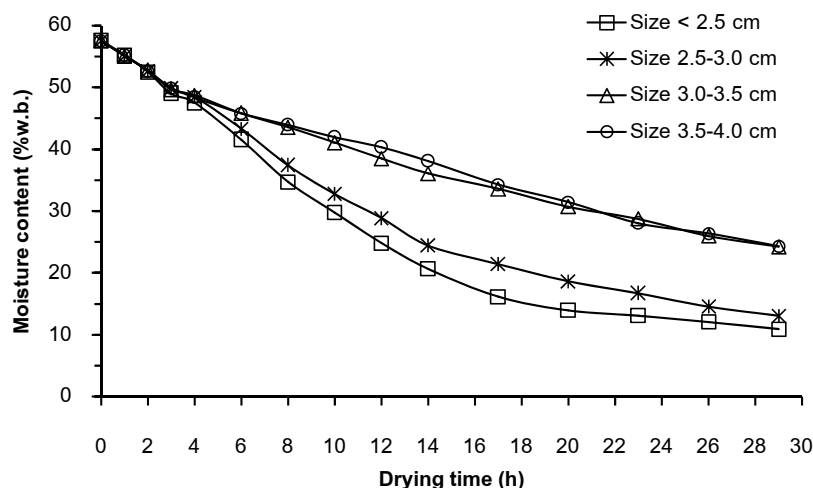


Figure 3 Moisture content using natural drying for the different cassava chips on the tray with the thickness of 2 cm.

และเมื่อเพิ่มมันสำปะหลังเส้นวางบนถาดความหนา 4 6 และ 8 เซนติเมตร พบว่ากรณีการวางมันสำปะหลังเส้นแบบนี้ เกิดขึ้นบนลานตากที่มีพื้นที่จำกัด เมื่อต้องการเพิ่มปริมาณการผลิตมันสำปะหลังเส้น จึงต้องเพิ่มชั้นความหนาในการวาง ทำให้มันสำปะหลังเส้นถูกวางปิดทับช่องว่างอากาศในการถ่ายเทความร้อน เกิดการของระเหยน้ำเฉพาะมันสำปะหลังเส้น ที่วางอยู่ด้านบน ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมันสำปะหลังเส้นจึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณมันสำปะหลังเส้นที่เพิ่มมากขึ้นต่อพื้นที่การตาก²⁵ นอกจากนี้ยังพบว่าการวางมันสำปะหลังเส้นบนลานตากที่มีความหนาขึ้นมันสำปะหลังเส้นส่วนใหญ่จึงเกิดการเน่าเสียเมื่อตากเป็นระยะเวลานาน

ผลจากการทดลองตากด้วยธรรมชาติบนลานซีเมนต์โดยการยกระดับให้สูงจากพื้น 5 เซนติเมตร ดัง Figure 4 พบว่าการยกระดับพื้นให้สูงจากพื้นมีผลต่อการลดลงของความชื้นมันสำปะหลังเส้นทั้ง 4 ขนาด ที่วางบนถาดระดับความสูงที่แตกต่างกัน ความชื้นมีแนวโน้มลดลงรวดเร็วใกล้เคียงกัน และมีความต่อเนื่องในช่วงประมาณ 25 ชั่วโมงแรก จนความชื้นเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 ชั่วโมง และระดับความสูง 8 เซนติเมตร ความชื้นจะเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาอบแห้งผ่านไป 40 h เนื่องจากการตากแบบยกการยกระดับให้สูงจากพื้นทำให้อากาศถ่ายเทความร้อน อากาศสามารถผ่านได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง จึงมีอัตราการอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ความชื้นมันสำปะหลังเส้นที่ลดลงจึงสม่ำเสมอ

ผลการพรีทรีทเมนต์

การทดลองการเตรียมวัสดุมันสำปะหลังเส้นด้วยการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C นาน 10 นาที ก่อนนำไปตากแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เพื่อหาวิธีการพรีทรีทเมนต์ที่เหมาะสมใช้กับการทำแห้งมันสำปะหลังเส้น เมื่อลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 70 °C นาน 10 นาที จากการสังเกต พบว่าบริเวณผิวภายนอกมันสำปะหลังเส้นจะเกิดเจล (Gelatinization) และปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ (Browning) ส่วนการลวกมันสำปะหลังเส้นด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 60 °C พบว่ามันสำปะหลังเส้นไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา²⁶ พบว่าอุณหภูมิความร้อนของการเกิดเจลลิตีในเซชัน ที่มีผลต่อการแปรรูปพืชจำพวกแป้ง ได้แก่ มันฝรั่ง มันเทศ และมันสำปะหลัง มีอุณหภูมิระหว่าง 66.0-70.0 °C

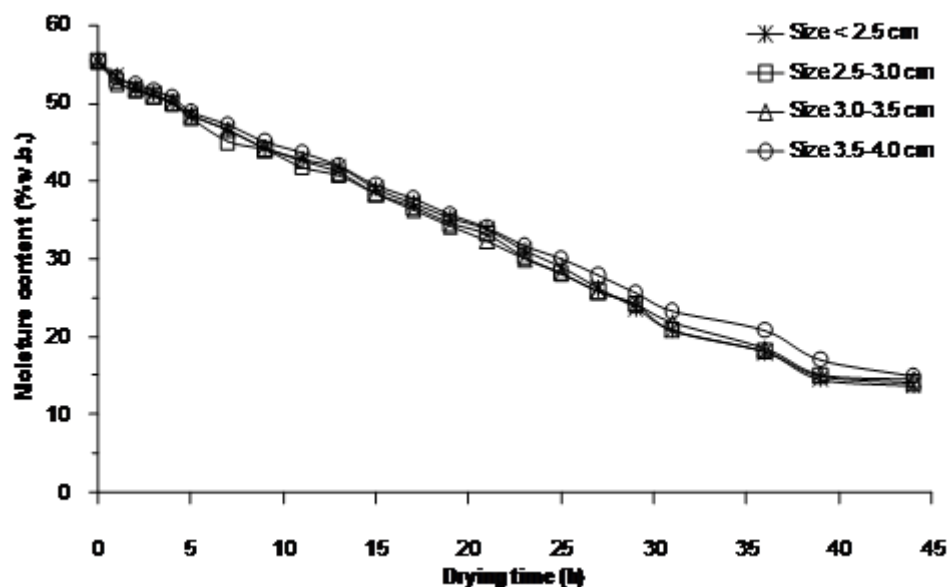


Figure 4 Moisture content for the different chips size on the tray the thickness of 2 cm with the raised elevated 5 cm.

ผลการศึกษาของการตากแห้งมันสำปะหลังเส้นโดยผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 60 °C กำหนดมันสำปะหลังเส้น 4 ขนาด วางบนถาดความสูง 2 เซนติเมตร ทำการตากแห้งเริ่มตั้งแต่วันที่ 08.00-16.00 น. โดยใช้ประมาณเวลา 44 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบความชื้นที่ลดลงกับดัง Figure 5 พบว่าความชื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่องใน 7 ชั่วโมงแรกใกล้เคียงกันมากซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของโครงสร้างภายใน ทำให้อัตราความชื้นที่ระเหยออกมาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และหลังจากชั่วโมงที่ 7 ความชื้นที่ลดลงมีความแตกต่างกัน เนื่องจากขนาดของมันสำปะหลังเส้นไม่เท่ากัน ส่งผลให้มันสำปะหลังเส้นแต่ละขนาดใช้ระยะเวลาอบแห้งไม่แตกต่างกันแต่หลังจากนั้นความชื้นมันสำปะหลังเส้นจะเริ่มคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 19 เป็นต้นไป

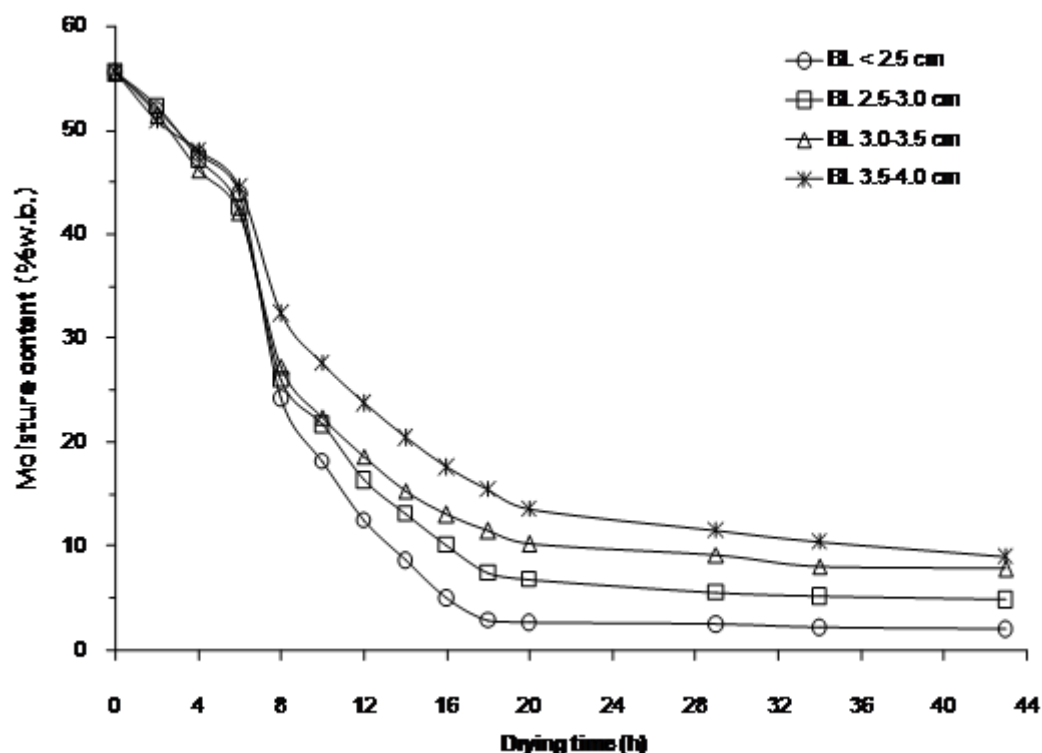


Figure 5 Drying curves of cassava chips treated with blanching.

สรุป

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ระยะเวลาตากนานเกิน 30 ชั่วโมง(ระยะเวลาประมาณ 4 วัน) ขนาดและการวางมันสำปะหลังเส้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อระยะเวลาการอบแห้ง โดยความชื้นมันสำปะหลังเส้นบนลาดความหนา 2 เซนติเมตร ลดลงสูงสุดรองลงมาคือ 4 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้การยกระดับพื้นให้สูงจากพื้นยังมีผลต่อการลดลงของความชื้นมันสำปะหลังเส้นทั้ง 4 ขนาด บนถาดระดับความสูงที่แตกต่างกันมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกันโดย ใช้ระยะเวลาอบแห้งประมาณ 38 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบการลวกมันสำปะหลังเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นวิธีที่สะดวกสามารถช่วยลดระยะเวลาสั้นกว่าการอบแห้ง 4 ชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นวิธีธรรมชาติ แต่การลวกที่ใช้ระดับอุณหภูมิสูงอุณหภูมิ 70 °C ทำให้ตัวอย่างเกิดเจล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับ นิติระดับบัณฑิตศึกษางบประมาณรายได้ ปี 2555 จากสำนักส่งเสริมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโครงการทุนส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่ ปี 2554 สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว.และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ขอขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรีที่มีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูลนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กล้านรงค์ ศรีรอต, เทคโนโลยีแป้ง. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมและการเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

2543.

_____, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, วัชร เลิศมงคล, จำลอง เจียรจำนงา, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรป และ

คณะ. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ โครงการเพื่อบรรเทา ผลกระทบทางสังคมเนื่องจากภาวะวิกฤตเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542.

_____, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้งพิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550.

2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลผลผลิต ปี 2555. ได้จาก
http://www2.oae.go.th/mis/Forecast/02_journal/forecast3-2555.pdf. May 10, 2012.

3. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553. ได้จาก
http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php Jan 9, 2011.

4. วรินทร์ ถนงค์คำ. การวิเคราะห์การลงทุนในการผลิตมันเส้นสะอาด. กรณีศึกษาอำเภอเสิงสาง จังหวัด

นครราชสีมา วิทยานิพนธ์ : สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและ

ทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.

5. ปานเทพ มารศรี. การวางแผนเชิงกลยุทธ์การดำเนินงานธุรกิจรวบรวมมันเส้นสะอาดของสหกรณ์

การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. ชัยภูมิ จำกัด. วิทยานิพนธ์ : 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 โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริม

การสร้างตำรา 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. สุนทรธา สุนทรธรา. การเตรียมและสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเจลาติน. *วิทยานพนธ์ :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. Inactivation of hepatitis a virus by high-pressure 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. *J 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 peeling 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.

ภาคผนวก ข

การตากมันสำปะหลังเส้นบนลานตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ตาราง ผ. 1 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 2 cm ตาก โดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (กรัม)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	699.64	700.00	699.82	57.48	57.50	57.49
1	656.16	672.34	664.25	54.66	55.75	55.21
2	616.16	635.34	625.75	51.72	53.17	52.45
3	575.16	591.34	583.25	48.28	49.69	48.98
4	559.16	574.34	566.75	46.80	48.20	47.50
6	496.16	521.34	508.75	40.04	42.94	41.49
8	438.16	474.34	456.25	32.10	37.28	34.69
10	434.16	413.34	423.75	31.48	28.03	29.75
12	386.16	405.34	395.75	22.96	26.60	24.78
14	363.16	387.34	375.25	18.08	23.19	20.64
17	348.16	361.34	354.75	14.55	17.67	16.11
20	340.16	351.34	345.75	12.54	15.32	13.93
23	339.16	345.34	342.25	12.28	13.85	13.07
26	337.16	339.34	338.25	11.76	12.33	12.05
29	332.16	335.34	333.75	10.43	11.28	10.86

ตาราง ผ. 2 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 4 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,399.64	1,400.00	1,399.82	57.54	57.55	57.54
1	1,355.16	1,351.18	1,353.17	56.15	56.02	56.08
2	1,308.16	1,305.18	1,306.67	54.57	54.47	54.52
3	1,254.16	1,250.18	1,252.17	52.61	52.46	52.54
4	1,235.16	1,228.18	1,231.67	51.88	51.61	51.75
6	1,169.16	1,142.18	1,155.67	49.17	47.97	48.57
8	1,074.16	1,070.18	1,072.17	44.67	44.47	44.57
10	999.16	996.18	997.67	40.52	40.34	40.43
12	928.16	931.18	929.67	35.97	36.18	36.07
14	854.16	860.18	857.17	30.42	30.91	30.67
17	781.16	830.18	805.67	23.92	28.41	26.17
20	771.16	776.18	773.67	22.93	23.43	23.18
23	744.16	757.18	750.67	20.14	21.51	20.82
26	732.16	721.18	726.67	18.83	17.59	18.21
29	713.16	712.18	712.67	16.67	16.55	16.61

ตาราง ผ. 3 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 6 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.55	57.55	57.55
1	2,042.51	2,041.16	2,041.84	56.36	56.33	56.34
2	1,991.51	1,989.16	1,990.34	55.24	55.18	55.21
3	1,903.51	1,923.16	1,913.34	53.17	53.65	53.41
4	1,901.51	1,890.16	1,895.84	53.12	52.84	52.98
6	1,795.51	1,782.16	1,788.84	50.35	49.98	50.17
8	1,670.51	1,660.16	1,665.34	46.64	46.30	46.47
10	1,583.51	1,565.16	1,574.34	43.70	43.04	43.37
12	1,511.51	1,473.16	1,492.34	41.02	39.49	40.25
14	1,430.51	1,366.16	1,398.34	37.68	34.75	36.22
17	1,304.51	1,280.16	1,292.34	31.66	30.36	31.01
20	1,261.51	1,238.16	1,249.84	29.33	28.00	28.67
23	1,214.51	1,199.16	1,206.84	26.60	25.66	26.13
26	1,169.51	1,149.16	1,159.34	23.78	22.43	23.10
29	1,112.51	1,139.16	1,125.84	19.87	21.74	20.81

ตาราง ผ. 4 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 8 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.50	57.50	57.50
1	2,732.84	2,730.63	2,731.74	56.46	56.42	56.44
2	2,672.84	2,669.63	2,671.24	55.48	55.42	55.45
3	2,601.84	2,597.63	2,599.74	54.26	54.19	54.23
4	2,561.84	2,564.63	2,563.24	53.55	53.60	53.57
6	2,437.84	2,439.63	2,438.74	51.19	51.22	51.20
8	2,301.84	2,293.63	2,297.74	48.30	48.12	48.21
10	2,187.84	2,186.63	2,187.24	45.61	45.58	45.59
12	2,099.84	2,095.63	2,097.74	43.33	43.22	43.27
14	1,971.84	1,970.63	1,971.24	39.65	39.61	39.63
17	1,847.84	1,853.63	1,850.74	35.60	35.80	35.70
20	1,766.84	1,778.63	1,772.74	32.65	33.09	32.87
23	1,694.84	1,725.63	1,710.24	29.79	31.04	30.41
26	1,624.84	1,639.63	1,632.24	26.76	27.42	27.09
29	1,575.84	1,584.63	1,580.24	24.48	24.90	24.69

ตาราง ผ. 5 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 2 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.50	57.50	57.50
1	662.87	660.30	661.59	55.12	54.94	55.03
2	627.87	628.30	628.09	52.62	52.65	52.63
3	592.87	591.30	592.09	49.82	49.69	49.75
4	577.87	576.30	577.09	48.52	48.38	48.45
6	525.87	523.30	524.59	43.43	43.15	43.29
8	467.87	482.30	475.09	36.41	38.32	37.37
10	434.87	450.30	442.59	31.59	33.93	32.76
12	411.87	424.30	418.09	27.77	29.88	28.83
14	390.87	396.30	393.59	23.89	24.93	24.41
17	375.87	381.30	378.59	20.85	21.98	21.41
20	364.87	366.30	365.59	18.46	18.78	18.62
23	350.87	363.30	357.09	15.21	18.11	16.66
26	348.87	347.30	348.09	14.72	14.34	14.53
29	341.87	342.30	342.09	12.98	13.09	13.03

ตาราง ผ. 6 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 4 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.55	57.55	57.55
1	1,345.17	1,319.60	1,332.39	55.82	54.96	55.39
2	1,296.17	1,296.60	1,296.39	54.15	54.16	54.16
3	1,238.17	1,238.60	1,238.39	52.00	52.02	52.01
4	1,215.17	1,215.60	1,215.39	51.09	51.11	51.10
6	1,135.17	1,131.60	1,133.39	47.65	47.48	47.56
8	1,057.17	1,057.60	1,057.39	43.78	43.81	43.79
10	997.17	1,001.60	999.39	40.40	40.66	40.53
12	944.17	943.60	943.89	37.05	37.02	37.04
14	878.17	876.60	877.39	32.32	32.20	32.26
17	814.17	810.60	812.39	27.00	26.68	26.84
20	786.17	781.60	783.89	24.40	23.96	24.18
23	757.17	759.60	758.39	21.51	21.76	21.64
26	739.17	731.60	735.39	19.60	18.77	19.18
29	724.17	719.60	721.89	17.93	17.41	17.67

ตาราง ผ. 7 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 6 cm ตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.55	57.55	57.55
1	2,041.78	2,040.78	2,041.28	56.34	56.32	56.33
2	1,988.78	1,987.78	1,988.28	55.18	55.15	55.16
3	1,919.78	1,921.78	1,920.78	53.56	53.61	53.59
4	1,891.78	1,896.78	1,894.28	52.88	53.00	52.94
6	1,787.78	1,782.78	1,785.28	50.14	50.00	50.07
8	1,666.78	1,667.78	1,667.28	46.52	46.55	46.53
10	1,592.78	1,587.78	1,590.28	44.03	43.86	43.94
12	1,518.78	1,514.78	1,516.78	41.30	41.15	41.23
14	1,437.78	1,432.78	1,435.28	38.00	37.78	37.89
17	1,338.78	1,343.78	1,341.28	33.41	33.66	33.54
20	1,273.78	1,268.78	1,271.28	30.02	29.74	29.88
23	1,230.78	1,225.78	1,228.28	27.57	27.27	27.42
26	1,178.78	1,167.78	1,173.28	24.38	23.66	24.02
29	1,158.78	1,143.78	1,151.28	23.07	22.06	22.57

ตาราง ผ. 8 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 8 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.50	57.50	57.50
1	2,734.53	2,735.32	2,734.93	56.47	56.50	56.48
2	2,679.53	2,674.32	2,676.93	55.70	55.50	55.60
3	2,604.53	2,597.32	2,600.93	54.46	54.18	54.32
4	2,575.53	2,562.32	2,568.93	54.07	53.56	53.82
6	2,417.53	2,389.32	2,403.43	51.38	50.20	50.79
8	2,295.53	2,284.32	2,289.93	48.40	47.91	48.15
10	2,204.53	2,197.32	2,200.93	46.17	45.84	46.01
12	2,114.53	2,113.32	2,113.93	43.75	43.69	43.72
14	1,999.53	2,013.32	2,006.43	40.21	40.89	40.55
17	1,908.53	1,835.32	1,871.93	39.15	35.16	37.16
20	1,798.53	1,768.32	1,783.43	34.41	32.70	33.56
23	1,744.53	1,706.32	1,725.43	32.50	30.26	31.38
26	1,651.53	1,627.32	1,639.43	28.36	26.87	27.62
29	1,626.53	1,578.32	1,602.43	27.66	24.60	26.13

ตาราง ผ. 9 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 2 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.87	700.57	700.72	57.55	57.53	57.54
1	662.30	661.47	661.885	55.08	55.02	55.05
2	634.30	625.47	629.885	53.10	52.44	52.77
3	593.30	587.47	590.385	49.86	49.36	49.61
4	582.30	577.47	579.885	48.91	48.48	48.70
6	551.30	546.47	548.885	46.04	45.56	45.80
8	532.30	521.47	526.885	44.11	42.95	43.53
10	505.30	503.47	504.385	41.12	40.91	41.02
12	484.30	482.47	483.385	38.57	38.34	38.45
14	468.30	462.47	465.385	36.47	35.67	36.07
17	451.30	444.47	447.885	34.08	33.07	33.57
20	436.30	422.47	429.385	31.81	29.58	30.70
23	422.30	412.47	417.385	29.55	27.87	28.71
26	405.30	398.47	401.885	26.60	25.34	25.97
29	396.30	388.47	392.385	24.93	23.42	24.17
33	382.30	375.47	378.885	22.18	20.77	21.47
37	372.30	369.47	370.885	20.09	19.48	19.79
41	365.30	361.47	363.385	18.56	17.70	18.13
45	357.30	357.47	357.385	16.74	16.78	16.76
49	350.30	350.47	350.385	15.07	15.11	15.09
53	348.30	348.47	348.385	14.59	14.63	14.61
57	345.30	348.47	346.885	13.84	14.63	14.23
61	344.30	346.47	345.385	13.59	14.13	13.86

ตาราง ผ.10 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 4 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.20	1,400.68	1,400.44	57.55	57.57	57.56
1	1,340.26	1,342.56	1,341.41	55.66	55.73	55.69
2	1,291.26	1,299.56	1,295.41	53.97	54.27	54.12
3	1,246.26	1,250.56	1,248.41	52.31	52.48	52.39
4	1,215.26	1,222.56	1,218.91	51.10	51.39	51.24
6	1,172.26	1,168.56	1,170.41	49.30	49.14	49.22
8	1,150.26	1,141.56	1,145.91	48.33	47.94	48.14
10	1,110.26	1,118.56	1,114.41	46.47	46.87	46.67
12	1,067.26	1,061.56	1,064.41	44.31	44.02	44.16
14	1,036.26	1,031.56	1,033.91	42.65	42.39	42.52
17	984.26	991.56	987.91	39.62	40.06	39.84
20	965.26	967.56	966.41	38.43	38.58	38.50
23	942.26	945.56	943.91	36.93	37.15	37.04
26	906.26	912.56	909.41	34.42	34.87	34.65
29	876.26	885.56	880.91	32.18	32.89	32.53
33	844.26	848.56	846.41	29.60	29.96	29.78
37	817.26	825.56	821.41	27.28	28.01	27.65
41	791.26	797.56	794.41	24.89	25.48	25.19
45	759.26	769.56	764.41	21.72	22.77	22.25
49	734.26	744.56	739.41	19.06	20.18	19.62
53	723.26	729.56	726.41	17.83	18.54	18.18
57	719.26	721.56	720.41	17.37	17.64	17.50
61	713.26	718.56	715.91	16.68	17.29	16.98

ตาราง ผ. 11 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 6 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ค่าเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,102.31	2,103.64	2,102.98	57.60	57.62	57.61
1	2,068.57	2,057.89	2,063.23	56.91	56.68	56.79
2	2,025.57	2,032.89	2,029.23	55.99	56.15	56.07
3	1,959.57	1,942.89	1,951.23	54.51	54.12	54.31
4	1,934.57	1,926.89	1,930.73	53.92	53.74	53.83
6	1,880.57	1,905.89	1,893.23	52.60	53.23	52.91
8	1,845.57	1,829.89	1,837.73	51.70	51.28	51.49
10	1,800.57	1,783.89	1,792.23	50.49	50.03	50.26
12	1,735.57	1,724.89	1,730.23	48.64	48.32	48.48
14	1,680.57	1,676.89	1,678.73	46.96	46.84	46.90
17	1,609.57	1,595.89	1,602.73	44.62	44.14	44.38
20	1,566.57	1,543.89	1,555.23	43.10	42.26	42.68
23	1,502.57	1,489.89	1,496.23	40.67	40.17	40.42
26	1,441.57	1,432.89	1,437.23	38.16	37.79	37.97
29	1,389.57	1,382.89	1,386.23	35.85	35.54	35.69
33	1,351.57	1,345.89	1,348.73	34.04	33.77	33.90
37	1,293.57	1,280.89	1,287.23	31.09	30.40	30.74
41	1,242.57	1,232.89	1,237.73	28.26	27.69	27.98
45	1,184.57	1,174.89	1,179.73	24.74	24.12	24.43
49	1,145.57	1,131.89	1,138.73	22.18	21.24	21.71
53	1,118.57	1,109.89	1,114.23	20.30	19.68	19.99
57	1,110.57	1,084.89	1,097.73	19.73	17.83	18.78
61	1,103.57	1,072.89	1,088.23	19.22	16.91	18.07

ตาราง ผ. 12 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 8 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,801.86	2,801.99	2,801.93	57.53	57.53	57.53
1	2,732.20	2,717.36	2,724.78	56.45	56.21	56.33
2	2,673.20	2,687.36	2,680.28	55.48	55.72	55.60
3	2,624.20	2,644.36	2,634.28	54.65	55.00	54.83
4	2,582.20	2,599.36	2,590.78	53.92	54.22	54.07
6	2,513.20	2,525.36	2,519.28	52.65	52.88	52.76
8	2,475.20	2,456.36	2,465.78	51.92	51.55	51.74
10	2,408.20	2,386.36	2,397.28	50.59	50.13	50.36
12	2,334.20	2,312.36	2,323.28	49.02	48.54	48.78
14	2,237.20	2,219.36	2,228.28	46.81	46.38	46.59
17	2,174.20	2,143.36	2,158.78	45.27	44.48	44.87
20	2,089.20	2,045.36	2,067.28	43.04	41.82	42.43
23	2,021.20	1,979.36	2,000.28	41.12	39.88	40.50
26	1,947.20	1,902.36	1,924.78	38.89	37.45	38.17
29	1,884.20	1,842.36	1,863.28	36.84	35.41	36.13
33	1,806.20	1,779.36	1,792.78	34.12	33.12	33.62
37	1,740.20	1,714.36	1,727.28	31.62	30.59	31.10
41	1,668.20	1,645.36	1,656.78	28.67	27.68	28.17
45	1,594.20	1,564.36	1,579.28	25.35	23.93	24.64
49	1,540.20	1,504.36	1,522.28	22.74	20.90	21.82
53	1,509.20	1,474.36	1,491.78	21.15	19.29	20.22
57	1,486.20	1,454.36	1,470.28	19.93	18.18	19.05
61	1,478.20	1,456.36	1,467.28	19.50	18.29	18.89

ตาราง ผ. 13 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 2 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.11	701.05	700.58	57.51	57.56	57.54
1	663.37	663.39	663.38	55.15	55.15	55.15
2	627.37	629.39	628.38	52.58	52.73	52.66
3	594.37	593.39	593.88	49.95	49.86	49.91
4	578.37	574.39	576.38	48.56	48.21	48.38
6	549.37	547.39	548.38	45.85	45.65	45.75
8	532.37	528.39	530.38	44.12	43.70	43.91
10	516.37	508.39	512.38	42.39	41.48	41.93
12	501.37	495.39	498.38	40.66	39.95	40.30
14	476.37	484.39	480.38	37.55	38.58	38.07
17	455.37	449.39	452.38	34.67	33.80	34.23
20	438.37	429.39	433.88	32.13	30.72	31.43
23	408.37	418.39	413.38	27.15	28.89	28.02
26	405.37	402.39	403.88	26.61	26.07	26.34
29	393.37	392.39	392.88	24.37	24.18	24.28
33	382.37	377.39	379.88	22.20	21.17	21.68
37	375.37	371.39	373.38	20.74	19.90	20.32
41	365.37	362.39	363.88	18.58	17.91	18.24
45	358.37	353.39	355.88	16.99	15.82	16.40
49	349.37	346.39	347.88	14.85	14.11	14.48
53	348.37	343.39	345.88	14.60	13.36	13.98
57	348.37	340.39	344.38	14.60	12.60	13.60
61	346.37	338.39	342.38	14.11	12.08	13.10

ตาราง ผ. 14 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 4 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1402.49	1400.55	1401.52	57.62	57.57	57.59
1	1345.16	1338.5	1341.83	55.82	55.60	55.71
2	1296.16	1289.5	1292.83	54.15	53.91	54.03
3	1251.16	1242.5	1246.83	52.50	52.17	52.33
4	1225.16	1217.5	1221.33	51.49	51.19	51.34
6	1177.16	1169.5	1173.33	49.51	49.18	49.35
8	1141.16	1158.5	1149.83	47.92	48.70	48.31
10	1110.16	1107.5	1108.83	46.47	46.34	46.40
12	1072.16	1052.5	1062.33	44.57	43.53	44.05
14	1041.16	1032.5	1036.83	42.92	42.44	42.68
17	1011.16	1002.5	1006.83	41.22	40.72	40.97
20	979.16	966.5	972.83	39.30	38.51	38.91
23	933.16	918.5	925.83	36.31	35.29	35.80
26	908.16	886.5	897.33	34.56	32.96	33.76
29	880.16	858.5	869.33	32.48	30.77	31.62
33	851.16	829.5	840.33	30.18	28.35	29.26
37	829.16	797.5	813.33	28.32	25.48	26.90
41	801.16	769.5	785.33	25.82	22.77	24.29
45	774.16	743.5	758.83	23.23	20.06	21.65
49	751.16	720.5	735.83	20.88	17.51	19.20
53	737.16	708.5	722.83	19.38	16.12	17.75
57	723.16	699.5	711.33	17.82	15.04	16.43
61	717.16	693.5	705.33	17.13	14.30	15.72

ตาราง ผ. 15 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 6 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย
	1	2		1	2	
0	2,101.41	2,102.01	2,101.71	57.58	57.59	57.58
1	2,046.31	2,052.35	2,049.33	56.44	56.56	56.50
2	1,985.31	1,990.35	1,987.83	55.10	55.21	55.15
3	1,917.31	1,927.35	1,922.33	53.51	53.75	53.63
4	1,884.31	1,894.35	1,889.33	52.69	52.94	52.82
6	1,829.31	1,811.35	1,820.33	51.27	50.79	51.03
8	1,805.31	1,785.35	1,795.33	50.62	50.07	50.34
10	1,748.31	1,761.35	1,754.83	49.01	49.39	49.20
12	1,686.31	1,715.35	1,700.83	47.14	48.03	47.58
14	1,626.31	1,655.35	1,640.83	45.19	46.15	45.67
17	1,579.31	1,612.35	1,595.83	43.55	44.71	44.13
20	1,530.31	1,559.35	1,544.83	41.75	42.83	42.29
23	1,473.31	1,508.35	1,490.83	39.49	40.90	40.20
26	1,411.31	1,454.35	1,432.83	36.84	38.70	37.77
29	1,355.31	1,413.35	1,384.33	34.23	36.93	35.58
33	1,323.31	1,359.35	1,341.33	32.63	34.42	33.53
37	1,269.31	1,318.35	1,293.83	29.77	32.38	31.08
41	1,217.31	1,269.35	1,243.33	26.77	29.77	28.27
45	1,162.31	1,213.35	1,187.83	23.30	26.53	24.92
49	1,115.31	1,171.35	1,143.33	20.07	23.90	21.98
53	1,084.31	1,135.35	1,109.83	17.79	21.48	19.63
57	1,059.31	1,106.35	1,082.83	15.85	19.42	17.64
61	1,048.31	1,093.35	1,070.83	14.96	18.47	16.71

ตาราง ผ. 16 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 8 cm ตากโดย
พลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,802.71	2,812.61	2,807.66	57.54	57.69	57.62
1	2,744.29	2,768.58	2,756.44	56.64	57.02	56.83
2	2,711.29	2,729.58	2,720.44	56.11	56.40	56.26
3	2,645.29	2,694.58	2,669.94	55.01	55.84	55.43
4	2,630.29	2,634.58	2,632.44	54.76	54.83	54.79
6	2,522.29	2,546.58	2,534.44	52.82	53.27	53.05
8	2,490.29	2,518.58	2,504.44	52.21	52.75	52.48
10	2,415.29	2,439.58	2,427.44	50.73	51.22	50.98
12	2,374.29	2,391.58	2,382.94	49.88	50.24	50.06
14	2,317.29	2,343.58	2,330.44	48.65	49.22	48.93
17	2,211.29	2,225.58	2,218.44	46.19	46.53	46.36
20	2,109.29	2,145.58	2,127.44	43.58	44.54	44.06
23	2,039.29	2,076.58	2,057.94	41.65	42.69	42.17
26	1,952.29	1,996.58	1,974.44	39.05	40.40	39.72
29	1,896.29	1,945.58	1,920.94	37.25	38.84	38.04
33	1,838.29	1,879.58	1,858.94	35.27	36.69	35.98
37	1,763.29	1,809.58	1,786.44	32.51	34.24	33.38
41	1,697.29	1,751.58	1,724.44	29.89	32.06	30.97
45	1,617.29	1,664.58	1,640.94	26.42	28.51	27.47
49	1,560.29	1,604.58	1,582.44	23.73	25.84	24.78
53	1,509.29	1,543.58	1,526.44	21.15	22.91	22.03
57	1,471.29	1,494.58	1,482.94	19.12	20.38	19.75
61	1,450.29	1,471.58	1,460.94	17.95	19.13	18.54

ภาคผนวก ค
การตากมันสำปะหลังเส้นบนพื้นยกระดับสูง 5 cm

ตาราง ผ. 17 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 2 cm ด้วยการตากบน
พื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.54	701.71	701.13	55.40	55.40	55.40
1	629.45	622.81	626.13	50.36	49.75	50.06
2	589.45	567.81	578.63	46.99	44.88	45.94
3	559.45	545.81	552.63	44.15	42.66	43.41
4	535.45	522.81	529.13	41.65	40.14	40.89
5	519.45	497.81	508.63	39.85	37.13	38.49
7	476.45	457.81	467.13	34.42	31.64	33.03
9	437.45	424.81	431.13	28.58	26.33	27.45
11	412.45	407.81	410.13	24.25	23.26	23.75
13	401.45	402.81	402.13	22.17	22.31	22.24
15	392.45	388.81	390.63	20.39	19.51	19.95
17	379.45	378.81	379.13	17.66	17.38	17.52
19	373.45	373.81	373.63	16.34	16.28	16.31
21	373.45	373.81	373.63	16.34	16.28	16.31
23	371.45	373.81	372.63	15.89	16.28	16.08
25	365.45	369.81	367.63	14.51	15.37	14.94
27	365.45	365.81	365.63	14.51	14.45	14.48
29	365.45	365.81	365.63	14.51	14.45	14.48
31	363.45	365.81	364.63	14.03	14.45	14.24
36	363.45	364.81	364.13	14.03	14.21	14.12
39	361.45	363.81	362.63	13.56	13.98	13.77
44	361.45	363.81	362.63	13.56	13.98	13.77
46	361.45	363.81	362.63	13.56	13.98	13.77

ตาราง ผ.18 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 4 cm ด้วยการตากบนพื้นยกระดับ
ด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1400.37	1400.86	1400.62	55.40	55.40	55.40
1	1309.25	1316.61	1312.93	52.30	52.55	52.42
2	1233.25	1254.61	1243.93	49.36	50.20	49.78
3	1206.25	1217.61	1211.93	48.22	48.69	48.46
4	1168.25	1183.61	1175.93	46.54	47.21	46.88
5	1142.25	1157.61	1149.93	45.32	46.03	45.68
7	1076.25	1094.61	1085.43	41.97	42.92	42.45
9	997.25	1014.61	1005.93	37.37	38.42	37.90
11	962.25	971.61	966.93	35.09	35.70	35.40
13	914.25	929.61	921.93	31.69	32.79	32.24
15	874.25	895.61	884.93	28.56	30.24	29.40
17	839.25	855.61	847.43	25.58	26.98	26.28
19	803.25	818.61	810.93	22.25	23.68	22.96
21	788.25	800.61	794.43	20.77	21.96	21.36
23	772.25	778.61	775.43	19.12	19.76	19.44
25	756.25	759.61	757.93	17.41	17.75	17.58
27	747.25	752.61	749.93	16.42	16.98	16.70
29	742.25	740.61	741.43	15.86	15.64	15.75
31	734.25	728.61	731.43	14.94	14.25	14.59
36	727.25	721.61	724.43	14.12	13.42	13.77
39	722.25	718.61	720.43	13.53	13.06	13.29
44	722.25	717.61	719.93	13.53	12.94	13.23
46	722.25	717.61	719.93	13.53	12.94	13.23

ตาราง ผ. 19 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 6 cm ด้วยการตากบน
พื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.20	2,100.16	2,100.18	55.40	55.40	55.40
1	1,997.30	2,009.31	2,003.31	53.10	53.38	53.24
2	1,938.30	1,940.31	1,939.31	51.67	51.73	51.70
3	1,897.30	1,900.31	1,898.81	50.63	50.71	50.67
4	1,855.30	1,858.31	1,856.81	49.51	49.60	49.55
5	1,818.30	1,821.31	1,819.81	48.49	48.57	48.53
7	1,743.30	1,750.31	1,746.81	46.27	46.49	46.38
9	1,650.30	1,660.31	1,655.31	43.24	43.58	43.41
11	1,596.30	1,607.31	1,601.81	41.32	41.72	41.52
13	1,549.30	1,558.31	1,553.81	39.54	39.89	39.72
15	1,495.30	1,497.31	1,496.31	37.36	37.44	37.40
17	1,436.30	1,443.31	1,439.81	34.78	35.10	34.94
19	1,387.30	1,387.31	1,387.31	32.48	32.48	32.48
21	1,341.30	1,339.31	1,340.31	30.17	30.06	30.11
23	1,282.30	1,304.31	1,293.31	26.95	28.19	27.57
25	1,239.30	1,262.31	1,250.81	24.42	25.80	25.11
27	1,196.30	1,223.31	1,209.81	21.70	23.43	22.57
29	1,167.30	1,184.31	1,175.81	19.76	20.91	20.33
31	1,127.30	1,155.31	1,141.31	16.91	18.92	17.92
36	1,099.30	1,120.31	1,109.81	14.79	16.39	15.59
39	1,075.30	1,090.31	1,082.81	12.89	14.09	13.49
44	1,075.30	1,087.31	1,081.31	12.89	13.85	13.37
46	1,066.30	1,078.31	1,072.31	12.16	13.14	12.65

ตาราง ผ. 20 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm ความสูง 8 cm ด้วยการตากบน
พื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b)
	1	2		1	2	
0	2,802.15	2,803.21	2,802.68	55.40	55.40	55.40
1	2,686.31	2,692.22	2,689.27	53.48	53.56	53.52
2	2,606.31	2,598.22	2,602.27	52.05	51.88	51.96
3	2,562.31	2,560.22	2,561.27	51.23	51.17	51.20
4	2,507.31	2,513.22	2,510.27	50.16	50.25	50.20
5	2,442.31	2,420.22	2,431.27	48.83	48.34	48.59
7	2,352.31	2,336.22	2,344.27	46.87	46.48	46.68
9	2,253.31	2,239.22	2,246.27	44.54	44.17	44.35
11	2,191.31	2,184.22	2,187.77	42.97	42.76	42.86
13	2,146.31	2,151.22	2,148.77	41.77	41.88	41.83
15	2,046.31	2,061.22	2,053.77	38.93	39.35	39.14
17	1,980.31	1,998.22	1,989.27	36.89	37.43	37.16
19	1,922.31	1,945.22	1,933.77	34.99	35.73	35.36
21	1,877.31	1,903.22	1,890.27	33.43	34.31	33.87
23	1,797.31	1,834.22	1,815.77	30.46	31.84	31.15
25	1,737.31	1,782.22	1,759.77	28.06	29.85	28.96
27	1,669.31	1,719.22	1,694.27	25.13	27.28	26.21
29	1,611.31	1,666.22	1,638.77	22.44	24.97	23.70
31	1,549.31	1,613.22	1,581.27	19.33	22.50	20.92
36	1,495.31	1,556.22	1525.77	16.42	19.66	18.04
39	1,435.31	1,492.22	1,463.77	12.93	16.22	14.57
44	1,421.31	1,476.22	1,448.77	12.07	15.31	13.69
46	1,394.31	1,434.22	1,414.27	10.37	12.83	11.60

ตาราง ผ. 21 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 2 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b)
	1	2		1	2	
0	701.18	702.09	701.64	55.40	55.40	55.40
1	628.41	630.38	629.40	50.23	50.33	50.28
2	591.41	593.38	592.40	47.12	47.23	47.18
3	571.41	575.38	573.40	45.27	45.58	45.42
4	549.41	554.38	551.90	43.08	43.52	43.30
5	536.41	531.38	533.90	41.70	41.07	41.39
7	491.41	501.38	496.40	36.36	37.55	36.95
9	456.41	462.38	459.40	31.48	32.28	31.88
11	432.41	443.38	437.90	27.68	29.38	28.53
13	412.41	432.38	422.40	24.17	27.58	25.88
15	404.41	420.38	412.40	22.67	25.51	24.09
17	394.41	408.38	401.40	20.71	23.32	22.02
19	386.41	401.38	393.90	19.07	21.99	20.53
21	379.41	388.38	383.90	17.57	19.38	18.48
23	373.41	386.38	379.90	16.25	18.96	17.60
25	370.41	382.38	376.40	15.57	18.11	16.84
27	366.41	373.38	369.90	14.65	16.14	15.39
29	364.41	369.38	366.90	14.18	15.23	14.71
31	363.41	363.38	363.40	13.95	13.83	13.89
36	362.41	361.38	361.90	13.71	13.35	13.53
39	360.41	361.38	360.90	13.23	13.35	13.29
44	360.41	360.38	360.40	13.23	13.11	13.17
46	355.41	356.38	355.90	12.01	12.14	12.07

ตาราง ผ. 22 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 4 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.15	1,400.11	1,400.13	55.40	55.40	55.40
1	1,298.46	1,300.16	1,299.31	51.91	51.97	51.94
2	1,242.46	1,241.16	1,241.81	49.74	49.69	49.71
3	1,211.46	1,210.16	1,210.81	48.45	48.40	48.43
4	1,174.46	1,176.16	1,175.31	46.83	46.91	46.87
5	1,142.46	1,149.16	1,145.81	45.34	45.66	45.50
7	1,071.46	1,081.16	1,076.31	41.72	42.24	41.98
9	1,010.46	1,015.16	1,012.81	38.20	38.49	38.34
11	955.46	955.16	955.31	34.64	34.62	34.63
13	926.46	922.16	924.31	32.60	32.28	32.44
15	891.46	893.16	892.31	29.95	30.09	30.02
17	857.46	859.16	858.31	27.17	27.32	27.25
19	826.46	828.16	827.31	24.44	24.60	24.52
21	795.46	797.16	796.31	21.50	21.67	21.58
23	783.46	784.16	783.81	20.29	20.37	20.33
25	765.46	764.16	764.81	18.42	18.28	18.35
27	748.46	749.16	748.81	16.57	16.65	16.61
29	746.46	744.16	745.31	16.34	16.09	16.21
31	730.46	725.16	727.81	14.51	13.89	14.20
36	725.46	720.16	722.81	13.92	13.29	13.61
39	720.46	720.16	720.31	13.32	13.29	13.31
44	719.46	714.16	716.81	13.20	12.56	12.88
46	715.46	712.16	713.81	12.72	12.32	12.52

ตาราง ผ. 23 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 6 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.05	2,100.17	2,100.11	55.40	55.40	55.40
1	1,987.54	1,976.84	1,982.19	52.88	52.62	52.75
2	1,917.54	1,906.84	1,912.19	51.16	50.88	51.02
3	1,869.54	1,873.84	1,871.69	49.90	50.01	49.96
4	1,833.54	1,831.84	1,832.69	48.92	48.87	48.89
5	1,786.54	1,793.84	1,790.19	47.57	47.78	47.68
7	1,704.54	1,706.84	1,705.69	45.05	45.12	45.09
9	1,625.54	1,629.84	1,627.69	42.38	42.53	42.46
11	1,541.54	1,548.84	1,545.19	39.24	39.52	39.38
13	1,512.54	1,516.84	1,514.69	38.08	38.25	38.16
15	1,455.54	1,451.84	1,453.69	35.65	35.48	35.57
17	1,405.54	1,399.84	1,402.69	33.36	33.09	33.22
19	1,358.54	1,347.84	1,353.19	31.06	30.51	30.78
21	1,312.54	1,302.84	1,307.69	28.64	28.11	28.37
23	1,273.54	1,261.84	1,267.69	26.46	25.77	26.11
25	1,240.54	1,225.84	1,233.19	24.50	23.59	24.04
27	1,199.54	1,186.84	1,193.19	21.92	21.08	21.50
29	1,171.54	1,155.84	1,163.69	20.05	18.96	19.51
31	1,139.54	1,122.84	1,131.19	17.81	16.58	17.19
36	1,128.54	1,095.84	1,112.19	17.01	14.52	15.77
39	1,098.54	1,078.84	1,088.69	14.74	13.18	13.96
44	1,078.54	1,076.84	1,077.69	13.16	13.02	13.09
46	1,068.54	1,068.84	1,068.69	12.35	12.37	12.36

ตาราง ผ. 24 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm ความสูง 8 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.38	2,800.06	2,800.22	55.40	55.40	55.40
1	2,655.08	2,656.46	2,655.77	52.96	52.99	52.97
2	2,589.08	2,580.46	2,584.77	51.76	51.60	51.68
3	2,551.08	2,540.46	2,545.77	51.04	50.84	50.94
4	2,501.08	2,492.46	2,496.77	50.06	49.90	49.98
5	2,430.08	2,383.46	2,406.77	48.60	47.60	48.10
7	2,324.08	2,226.46	2,275.27	46.26	43.91	45.08
9	2,251.08	2,209.46	2,230.27	44.52	43.48	44.00
11	2,167.08	2,131.46	2,149.27	42.37	41.41	41.89
13	2,124.08	2,091.46	2,107.77	41.20	40.29	40.74
15	2,047.08	2,008.46	2,027.77	38.99	37.82	38.40
17	1,993.08	1,952.46	1,972.77	37.33	36.04	36.69
19	1,930.08	1,890.46	1,910.27	35.29	33.94	34.62
21	1,886.08	1,854.46	1,870.27	33.78	32.66	33.22
23	1,800.08	1,781.46	1,790.77	30.62	29.90	30.26
25	1,749.08	1,732.46	1,740.77	28.59	27.92	28.25
27	1,692.08	1,673.46	1,682.77	26.19	25.37	25.78
29	1,658.08	1,640.46	1,649.27	24.67	23.87	24.27
31	1,587.08	1,568.46	1,577.77	21.30	20.38	20.84
36	1,535.08	1,515.46	1,525.27	18.64	17.59	18.12
39	1,476.08	1,460.46	1,468.27	15.39	14.49	14.94
44	1,461.08	1,445.46	1,453.27	14.52	13.60	14.06
46	1,430.08	1,424.46	1,427.27	12.66	12.33	12.50

ตาราง ผ. 25 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 2 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	701.13	701.40	701.27	55.40	55.40	55.40
1	634.43	632.64	633.54	50.71	50.55	50.63
2	596.43	590.64	593.54	47.57	47.04	47.30
3	577.43	571.64	574.54	45.85	45.28	45.56
4	554.43	551.64	553.04	43.60	43.29	43.45
5	528.43	522.64	525.54	40.82	40.15	40.49
7	490.43	481.64	486.04	36.24	35.05	35.65
9	459.43	453.64	456.54	31.94	31.04	31.49
11	444.43	434.64	439.54	29.64	28.03	28.83
13	424.43	421.64	423.04	26.32	25.81	26.07
15	411.43	402.64	407.04	24.00	22.31	23.15
17	401.43	391.64	396.54	22.10	20.13	21.11
19	392.43	383.64	388.04	20.32	18.46	19.39
21	387.43	376.64	382.04	19.29	16.94	18.12
23	377.43	371.64	374.54	17.15	15.83	16.49
25	373.43	364.64	369.04	16.26	14.21	15.24
27	369.43	359.64	364.54	15.36	13.02	14.19
29	361.43	356.64	359.04	13.48	12.29	12.88
31	360.43	355.64	358.04	13.24	12.04	12.64
36	359.43	351.64	355.54	13.00	11.04	12.02
39	357.43	348.64	353.04	12.51	10.27	11.39
44	356.43	348.64	352.54	12.27	10.27	11.27
46	355.43	346.64	351.04	12.02	9.76	10.89

ตาราง ผ. 26 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 4 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.43	1,400.36	1,400.40	55.40	55.40	55.40
1	1,300.12	1,299.16	1,299.64	51.96	51.93	51.94
2	1,251.12	1,248.16	1,249.64	50.08	49.96	50.02
3	1,220.12	1,214.16	1,217.14	48.81	48.56	48.68
4	1,187.12	1,181.16	1,184.14	47.39	47.12	47.25
5	1,150.12	1,150.16	1,150.14	45.69	45.70	45.70
7	1,085.12	1,079.16	1,082.14	42.44	42.13	42.28
9	1,019.12	1,019.16	1,019.14	38.71	38.72	38.72
11	978.12	975.16	976.64	36.14	35.95	36.05
13	946.12	943.16	944.64	33.98	33.78	33.88
15	895.12	905.16	900.14	30.22	31.00	30.61
17	862.12	869.16	865.64	27.55	28.14	27.85
19	834.12	839.16	836.64	25.12	25.57	25.35
21	810.12	818.16	814.14	22.90	23.66	23.28
23	787.12	795.16	791.14	20.65	21.45	21.05
25	768.12	777.16	772.64	18.69	19.64	19.16
27	750.12	759.16	754.64	16.73	17.73	17.23
29	737.12	741.16	739.14	15.27	15.73	15.50
31	732.12	735.16	733.64	14.69	15.04	14.87
36	711.12	718.16	714.64	12.17	13.03	12.60
39	702.12	710.16	706.14	11.04	12.05	11.55
44	702.12	710.16	706.14	11.04	12.05	11.55
46	697.12	706.16	701.64	10.40	11.56	10.98

ตาราง ผ. 27 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 6 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ค่าเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,101.45	2,100.85	2,101.15	55.40	55.40	55.40
1	1,978.91	1,981.55	1,980.23	52.64	52.71	52.68
2	1,931.91	1,937.55	1,934.73	51.49	51.64	51.56
3	1,892.91	1,895.55	1,894.23	50.49	50.57	50.53
4	1,845.91	1,853.55	1,849.73	49.23	49.45	49.34
5	1,805.91	1,804.55	1,805.23	48.10	48.08	48.09
7	1,721.91	1,734.55	1,728.23	45.57	45.98	45.78
9	1,638.91	1,631.55	1,635.23	42.81	42.57	42.69
11	1,582.91	1,592.55	1,587.73	40.79	41.16	40.98
13	1,541.91	1,552.55	1,547.23	39.21	39.65	39.43
15	1,480.91	1,489.55	1,485.23	36.71	37.10	36.90
17	1,429.91	1,429.55	1,429.73	34.45	34.46	34.46
19	1,376.91	1,377.55	1,377.23	31.93	31.98	31.96
21	1,354.91	1,333.55	1,344.23	30.83	29.74	30.28
23	1,295.91	1,292.55	1,294.23	27.68	27.51	27.59
25	1,259.91	1,258.55	1,259.23	25.61	25.55	25.58
27	1,223.91	1,219.55	1,221.73	23.42	23.17	23.30
29	1,192.91	1,189.55	1,191.23	21.43	21.23	21.33
31	1,162.91	1,160.55	1,161.73	19.40	19.26	19.33
36	1,121.91	1,117.55	1,119.73	16.46	16.16	16.31
39	1,089.91	1,082.55	1,086.23	14.01	13.45	13.73
44	1,084.91	1,076.55	1,080.73	13.61	12.96	13.29
46	1,069.91	1,056.55	1,063.23	12.40	11.32	11.86

ตาราง ผ. 28 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm ความสูง 8 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2801.86	2800.73	2801.30	55.40	55.40	55.40
1	2643.96	2632.53	2638.25	52.74	52.55	52.64
2	2592.96	2601.53	2597.25	51.81	51.99	51.90
3	2551.96	2553.53	2552.75	51.03	51.08	51.06
4	2501.96	2504.53	2503.25	50.05	50.13	50.09
5	2408.96	2434.53	2421.75	48.13	48.69	48.41
7	2330.96	2348.53	2339.75	46.39	46.81	46.60
9	2229.96	2251.53	2240.75	43.96	44.52	44.24
11	2177.96	2185.53	2181.75	42.62	42.85	42.73
13	2115.96	2128.53	2122.25	40.94	41.32	41.13
15	2018.96	2039.53	2029.25	38.11	38.75	38.43
17	1951.96	1977.53	1964.75	35.98	36.83	36.41
19	1893.96	1912.53	1903.25	34.02	34.69	34.35
21	1833.96	1863.53	1848.75	31.86	32.97	32.42
23	1768.96	1801.53	1785.25	29.36	30.66	30.01
25	1722.96	1757.53	1740.25	27.47	28.93	28.20
27	1667.96	1706.53	1687.25	25.08	26.80	25.94
29	1633.96	1663.53	1648.75	23.52	24.91	24.22
31	1581.96	1618.53	1600.25	21.01	22.82	21.92
36	1515.96	1554.53	1535.25	17.57	19.65	18.61
39	1460.96	1484.53	1472.75	14.47	15.86	15.16
44	1451.96	1470.53	1461.25	13.93	15.06	14.50
46	1423.96	1433.53	1428.75	12.24	12.86	12.55

ตาราง ผ. 29 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 2 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ค่าเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	701.14	701.45	701.30	55.40	55.40	55.40
1	635.40	637.40	636.40	50.79	50.92	50.85
2	606.40	601.40	603.90	48.43	47.98	48.21
3	584.40	582.40	583.40	46.49	46.28	46.39
4	564.40	561.40	562.90	44.59	44.27	44.43
5	531.40	538.40	534.90	41.15	41.89	41.52
7	493.40	503.40	498.40	36.62	37.85	37.24
9	462.40	467.40	464.90	32.37	33.07	32.72
11	445.40	450.40	447.90	29.79	30.54	30.17
13	425.40	428.40	426.90	26.49	26.97	26.73
15	413.40	413.40	413.40	24.36	24.32	24.34
17	401.40	400.40	400.90	22.10	21.87	21.98
19	392.40	389.40	390.90	20.31	19.66	19.98
21	389.40	377.40	383.40	19.69	17.10	18.40
23	378.40	373.40	375.90	17.36	16.22	16.79
25	372.40	366.40	369.40	16.03	14.62	15.32
27	367.40	362.40	364.90	14.89	13.67	14.28
29	361.40	356.40	358.90	13.47	12.22	12.85
31	360.40	354.40	357.40	13.23	11.72	12.48
36	357.40	353.40	355.40	12.50	11.47	11.99
39	354.40	350.40	352.40	11.76	10.72	11.24
44	354.40	350.40	352.40	11.76	10.72	11.24
46	353.40	349.40	351.40	11.51	10.46	10.99

ตาราง ผ. 30 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 4 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,401.22	1,410.13	1,405.68	55.40	55.40	55.40
1	1,316.67	1,325.30	1,320.99	52.54	52.55	52.54
2	1,268.67	1,278.30	1,273.49	50.74	50.80	50.77
3	1,231.67	1,245.30	1,238.49	49.26	49.50	49.38
4	1,199.67	1,207.30	1,203.49	47.91	47.91	47.91
5	1,164.67	1,173.30	1,168.99	46.34	46.40	46.37
7	1,102.67	1,110.30	1,106.49	43.32	43.36	43.34
9	1,034.67	1,040.30	1,037.49	39.60	39.54	39.57
11	990.67	1,002.30	996.49	36.92	37.25	37.08
13	938.67	947.30	942.99	33.42	33.61	33.52
15	913.67	920.30	916.99	31.60	31.66	31.63
17	880.67	883.30	881.99	29.04	28.80	28.92
19	848.67	851.30	849.99	26.36	26.12	26.24
21	819.67	809.30	814.49	23.76	22.29	23.02
23	801.67	796.30	798.99	22.05	21.02	21.53
25	781.67	776.30	778.99	20.05	18.98	19.52
27	760.67	756.30	758.49	17.84	16.84	17.34
29	747.67	743.30	745.49	16.41	15.39	15.90
31	730.67	731.30	730.99	14.47	14.00	14.24
36	722.67	717.30	719.99	13.52	12.32	12.92
39	710.67	714.30	712.49	12.06	11.95	12.01
44	705.67	709.30	707.49	11.44	11.33	11.39
46	702.67	707.30	704.99	11.06	11.08	11.07

ตาราง ผ. 31 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 6 cm ด้วยการตาก
บนพื้นยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,101.96	2101.38	2101.67	55.40	55.40	55.40
1	1,988.16	1995.86	1992.01	52.85	53.04	52.94
2	1,942.16	1930.86	1936.51	51.73	51.46	51.60
3	1,903.16	1895.86	1899.51	50.74	50.57	50.65
4	1,864.16	1853.86	1859.01	49.71	49.45	49.58
5	1,810.16	1810.86	1810.51	48.21	48.25	48.23
7	1,735.16	1735.86	1735.51	45.97	46.01	45.99
9	1,652.16	1649.86	1651.01	43.26	43.19	43.23
11	1,594.16	1590.86	1592.51	41.19	41.09	41.14
13	1,544.16	1540.86	1542.51	39.29	39.18	39.23
15	1,482.16	1478.86	1480.51	36.75	36.63	36.69
17	1,428.16	1430.86	1429.51	34.36	34.50	34.43
19	1,379.16	1380.86	1380.01	32.03	32.13	32.08
21	1,346.16	1344.86	1345.51	30.36	30.31	30.34
23	1,281.16	1289.86	1285.51	26.83	27.34	27.08
25	1,257.16	1264.86	1261.01	25.43	25.90	25.67
27	1,220.16	1230.86	1225.51	23.17	23.86	23.51
29	1,198.16	1191.86	1195.01	21.76	21.37	21.56
31	1,150.16	1164.86	1157.51	18.49	19.54	19.02
36	1,120.16	1130.86	1125.51	16.31	17.12	16.72
39	1,085.16	1094.86	1090.01	13.61	14.40	14.00
44	1,076.16	1083.86	1080.01	12.89	13.53	13.21
46	1,054.16	1060.86	1057.51	11.07	11.66	11.36

ตาราง ผ. 32 ข้อมูลความชื้นมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm ความสูง 8 cm ด้วยการตากบนพื้น
ยกระดับด้วยไม้รองสูง 5 cm

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,801.42	2,801.66	2,801.54	55.40	55.40	55.40
1	2,678.83	2,675.72	2,677.28	53.36	53.30	53.33
2	2,636.83	2,612.72	2,624.78	52.62	52.17	52.40
3	2,593.83	2,571.72	2,582.78	51.83	51.41	51.62
4	2,550.83	2,526.72	2,538.78	51.02	50.55	50.78
5	2,446.83	2,443.72	2,445.28	48.94	48.87	48.90
7	2,378.83	2,364.72	2,371.78	47.48	47.16	47.32
9	2,283.83	2,264.72	2,274.28	45.29	44.83	45.06
11	2,236.83	2,207.72	2,222.28	44.14	43.40	43.77
13	2,162.83	2,143.72	2,153.28	42.23	41.71	41.97
15	2,079.83	2,053.72	2,066.78	39.93	39.16	39.54
17	2,015.83	1,996.72	2,006.28	38.02	37.42	37.72
19	1,957.83	1,933.72	1,945.78	36.18	35.38	35.78
21	1,911.83	1,881.72	1,896.78	34.65	33.60	34.12
23	1,846.83	1,811.72	1,829.28	32.35	31.03	31.69
25	1,805.83	1,768.72	1,787.28	30.81	29.35	30.08
27	1,749.83	1,715.72	1,732.78	28.60	27.17	27.88
29	1,686.83	1,674.72	1,680.78	25.93	25.39	25.66
31	1,642.83	1,615.72	1,629.28	23.95	22.66	23.31
36	1,591.83	1,566.72	1,579.28	21.51	20.24	20.88
39	1,514.83	1,498.72	1,506.78	17.52	16.63	17.07
44	1,474.83	1,464.72	1,469.78	15.28	14.69	14.99
46	1,456.83	1,435.72	1,446.28	14.24	12.97	13.60

ภาคผนวก ง

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อน

ตาราง ผ.33 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสัปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นสัปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	55.20	55.20	55.20
1	527.39	534.42	530.91	40.54	41.32	40.93
2	401.74	408.77	405.26	21.94	23.28	22.61
3	362.87	365.90	364.39	13.58	14.29	13.94
4	342.83	344.86	343.85	8.53	9.06	8.80
5	327.58	331.61	329.60	4.27	5.43	4.85
6	321.47	325.50	323.49	2.45	3.66	3.05
7	319.28	320.71	320.00	1.78	2.22	2.00

ตาราง ผ.34 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสัปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นสัปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	55.20	55.20	55.20
1	1,121.32	1,126.03	1,123.68	44.07	44.30	44.18
2	879.88	886.96	883.42	28.72	29.29	29.00
3	767.88	788.06	777.97	18.32	20.41	19.37
4	723.54	736.00	729.77	13.32	14.78	14.05
5	692.43	701.77	697.10	9.42	10.63	10.02
6	678.00	690.23	684.12	7.49	9.13	8.31
7	670.00	679.74	674.87	6.39	7.73	7.06
8	663.42	670.52	666.97	5.46	6.46	5.96
10	657.72	661.93	659.83	4.64	5.25	4.94
12	656.59	649.66	653.13	4.48	3.46	3.97
14	651.10	652.60	651.85	3.67	3.89	3.78
16	646.09	651.34	648.72	2.92	3.71	3.31
18	643.85	646.35	645.10	2.59	2.96	2.77

ตาราง ผ.35 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	55.20	55.20	55.20
1	1,921.41	1,918.18	1,919.80	51.04	50.95	50.99
2	1,682.18	1,678.19	1,680.19	44.07	43.94	44.01
3	1,414.71	1,409.22	1,411.97	33.50	33.24	33.37
4	1,244.97	1,240.27	1,242.62	24.43	24.15	24.29
5	1,168.44	1,161.93	1,165.19	19.48	19.03	19.26
6	1,110.65	1,101.52	1,106.09	15.29	14.59	14.94
7	1,060.55	1,056.40	1,058.48	11.29	10.94	11.12
8	1,034.62	1,028.39	1,031.51	9.07	8.52	8.79
10	1,016.70	1,009.03	1,012.87	7.47	6.76	7.11
12	1,005.06	990.33	997.70	6.39	5.00	5.70
14	993.89	981.07	987.48	5.34	4.10	4.72
16	988.79	973.29	981.04	4.85	3.34	4.10
18	977.27	972.96	975.12	3.73	3.31	3.52

ตาราง ผ.36 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	55.20	55.20	55.20
1	2,667.31	2,656.79	2,662.05	52.97	52.79	52.88
2	2,449.58	2,445.07	2,447.33	48.79	48.70	48.74
3	2,229.65	2,227.31	2,228.48	43.74	43.68	43.71
4	2,022.39	1,993.23	2,007.81	37.97	37.07	37.52
5	1,881.69	1,854.86	1,868.28	33.34	32.37	32.85
6	1,731.27	1,723.01	1,727.14	27.54	27.20	27.37
7	1,627.67	1,608.75	1,618.21	22.93	22.03	22.48
8	1,543.92	1,525.00	1,534.46	18.75	17.74	18.25
10	1,462.54	1,445.32	1,453.93	14.23	13.21	13.72
12	1,437.55	1,418.94	1,428.25	12.74	11.60	12.17
14	1,419.64	1,414.80	1,417.22	11.64	11.34	11.49
16	1,400.54	1,402.57	1,401.56	10.43	10.56	10.50
18	1,396.33	1,399.07	1,397.70	10.16	10.34	10.25

ตาราง ผ.37 ข้อมูลผลการอบแห้งของไม้สำหรับเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งไม้สำหรับเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	55.20	55.20	55.20
1	532.29	547.12	566.71	41.08	42.68	41.88
2	472.41	477.20	531.28	33.62	34.28	33.95
3	422.15	428.27	489.18	25.71	26.78	26.24
4	393.97	397.82	455.96	20.40	21.17	20.79
5	373.10	373.97	433.49	15.95	16.14	16.05
6	358.06	362.80	411.02	12.42	13.56	12.99
7	344.47	356.56	391.51	8.96	12.05	10.51
8	337.86	348.57	375.56	7.18	10.03	8.61
10	334.09	335.32	354.43	6.13	6.48	6.31
12	330.47	332.54	335.44	5.10	5.70	5.40
14	327.97	329.76	328.65	4.38	4.90	4.64
16	326.98	327.66	320.10	4.09	4.29	4.19
18	326.77	326.36	318.76	4.03	3.91	3.97

ตาราง ผ.38 ข้อมูลผลการอบแห้งของไม้สำหรับเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งไม้สำหรับเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	55.20	55.20	55.20
1	1,222.10	1,227.09	1,224.60	48.68	48.89	48.78
2	1,028.71	1,036.24	1,032.48	39.03	39.47	39.25
3	915.09	925.57	920.33	31.46	32.24	31.85
4	850.05	865.20	857.63	26.22	27.51	26.86
5	799.91	812.30	806.11	21.59	22.79	22.19
6	757.23	771.87	764.55	17.17	18.74	17.96
7	734.86	746.26	740.56	14.65	15.95	15.30
8	715.49	728.58	722.04	12.34	13.91	13.13
10	690.61	700.80	695.71	9.18	10.50	9.84
12	674.31	682.67	678.49	6.99	8.13	7.56
14	668.47	672.88	670.68	6.17	6.79	6.48
16	662.81	672.29	667.55	5.37	6.71	6.04
18	659.26	665.35	662.31	4.86	5.73	5.30

ตาราง ผ.39 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	55.20	55.20	55.20
1	1,934.71	1,936.28	1,935.50	51.37	51.41	51.39
2	1,692.24	1,697.90	1,695.07	44.41	44.59	44.50
3	1,484.54	1,489.94	1,487.24	36.63	36.86	36.74
4	1,355.80	1,363.49	1,359.65	30.61	31.00	30.80
5	1,254.56	1,255.14	1,254.85	25.01	25.04	25.03
6	1,178.38	1,174.85	1,176.62	20.16	19.92	20.04
7	1,136.30	1,126.25	1,131.28	17.20	16.47	16.84
8	1,100.71	1,098.45	1,099.58	14.53	14.35	14.44
10	1,065.88	1,063.75	1,064.82	11.73	11.56	11.65
12	1,038.99	1,039.54	1,039.27	9.45	9.50	9.47
14	1,023.03	1,021.07	1,022.05	8.04	7.86	7.95
16	1,014.42	1,010.14	1,012.28	7.26	6.86	7.06
18	1,009.25	1,005.84	1,007.55	6.78	6.47	6.62

ตาราง ผ.40 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	55.20	55.20	55.20
1	2,665.28	2,670.01	2,667.65	52.94	53.02	52.98
2	2,469.84	2,480.11	2,474.98	49.21	49.42	49.32
3	2,238.81	2,248.60	2,243.71	43.97	44.21	44.09
4	2,051.75	2,061.94	2,056.85	38.86	39.16	39.01
5	1,925.95	1,937.22	1,931.58	34.87	35.25	35.06
6	1,800.73	1,831.36	1,816.05	30.34	31.50	30.92
7	1,706.93	1,716.68	1,711.81	26.51	26.93	26.72
8	1,643.18	1,653.25	1,648.22	23.66	24.13	23.89
10	1,571.81	1,581.05	1,576.43	20.19	20.66	20.43
12	1,526.82	1,532.03	1,529.43	17.84	18.12	17.98
14	1,488.92	1,499.25	1,494.08	15.75	16.33	16.04
16	1,450.00	1,462.73	1,456.37	13.49	14.24	13.87
18	1,435.63	1,445.74	1,440.69	12.62	13.23	12.93

ตาราง ผ.41 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	52.70	52.70	52.70
1	552.16	555.02	553.59	46.12	46.40	46.26
2	503.56	492.17	497.87	40.92	39.55	40.24
3	461.78	459.65	460.72	35.58	35.28	35.43
4	432.82	425.02	428.92	31.26	30.00	30.63
5	402.98	394.72	398.85	26.17	24.63	25.40
6	382.32	377.88	380.10	22.19	21.27	21.73
7	366.47	366.82	366.65	18.82	18.90	18.86
8	357.79	354.77	356.28	16.85	16.14	16.50
10	343.16	343.95	343.56	13.31	13.50	13.41
12	335.16	334.10	334.63	11.24	10.95	11.10
14	327.48	328.84	328.16	9.15	9.53	9.34
16	323.48	323.14	323.31	8.03	7.93	7.98
18	321.82	322.60	322.21	7.56	7.78	7.67

ตาราง ผ.42 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	52.70	52.70	52.70
1	1,231.90	1,181.75	1,206.83	46.24	43.96	45.10
2	1,121.83	1,120.88	1,121.36	40.97	40.92	40.94
3	1,051.72	1,047.60	1,049.66	37.03	36.79	36.91
4	981.25	977.87	979.56	32.51	32.28	32.40
5	908.53	907.42	907.98	27.11	27.02	27.07
6	867.12	871.96	869.54	23.63	24.05	23.84
7	822.93	821.24	822.09	19.53	19.36	19.45
8	799.25	800.42	799.84	17.14	17.27	17.21
10	783.81	778.18	781.00	15.51	14.90	15.21
12	763.21	757.63	760.42	13.23	12.59	12.91
14	747.78	749.74	748.76	11.44	11.67	11.56
16	736.11	736.66	736.39	10.04	10.11	10.07
18	729.87	728.46	729.17	9.27	9.09	9.18

ตาราง ผ.43 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	52.70	52.70	52.70
1	1,965.69	1,882.72	1,924.21	49.47	47.24	48.35
2	1,775.22	1,751.82	1,763.52	44.04	43.30	43.67
3	1,652.00	1,637.10	1,644.55	39.87	39.32	39.60
4	1,528.99	1,551.03	1,540.01	35.03	35.96	35.49
5	1,459.16	1,474.27	1,466.72	31.92	32.62	32.27
6	1,360.48	1,376.02	1,368.25	26.99	27.81	27.40
7	1,284.69	1,319.50	1,302.10	22.68	24.72	23.70
8	1,252.31	1,264.38	1,258.35	20.68	21.44	21.06
10	1,196.53	1,219.72	1,208.13	16.98	18.56	17.77
12	1,168.76	1,175.75	1,172.26	15.01	15.51	15.26
14	1,149.75	1,143.75	1,146.75	13.60	13.15	13.38
16	1,124.46	1,118.27	1,121.37	11.66	11.17	11.42
18	1,097.15	1,093.80	1,095.48	9.46	9.18	9.32

ตาราง ผ.44 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	52.70	52.70	52.70
1	2,539.83	2,576.58	2,558.21	47.85	48.60	48.23
2	2,337.86	2,468.74	2,403.30	43.35	46.35	44.85
3	2,240.53	2,358.26	2,299.40	40.89	43.84	42.36
4	2,149.84	2,209.44	2,179.64	38.40	40.06	39.23
5	2,015.53	2,085.82	2,050.68	34.29	36.50	35.40
6	1,962.76	1,932.99	1,947.88	32.52	31.48	32.00
7	1,766.44	1,857.74	1,812.09	25.02	28.71	26.87
8	1,726.53	1,774.92	1,750.73	23.29	25.38	24.34
10	1,612.64	1,643.68	1,628.16	17.54	19.42	18.48
12	1,574.96	1,583.11	1,579.04	15.83	16.34	16.08
14	1,542.06	1,542.61	1,542.34	14.11	14.15	14.13
16	1,498.32	1,503.36	1,500.84	11.57	11.90	11.74
18	1,473.03	1,473.85	1,473.44	10.08	10.14	10.11

ตาราง ผ.45 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	55.20	55.20	55.20
1	626.53	614.39	599.11	49.95	48.96	49.45
2	596.49	560.98	562.85	47.43	44.10	45.76
3	563.26	530.51	537.62	44.32	40.89	42.61
4	537.07	502.56	508.42	41.61	37.60	39.60
5	511.36	479.53	491.24	38.67	34.60	36.64
6	491.12	460.53	475.49	36.15	31.90	34.03
7	473.55	442.87	461.25	33.78	29.19	31.48
8	458.27	426.64	446.33	31.57	26.50	29.03
10	427.39	405.89	422.77	26.62	22.74	24.68
12	388.34	400.41	395.36	19.25	21.68	20.46
14	374.96	379.77	384.49	16.36	17.42	16.89
16	363.08	362.01	373.07	13.63	13.37	13.50
18	351.29	353.04	369.85	10.73	11.17	10.95

ตาราง ผ.46 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1400.00	1400.00	1400.00	55.20	55.20	55.20
1	1320.96	1328.52	1297.31	52.52	52.79	52.65
2	1234.75	1237.07	1217.65	49.20	49.30	49.25
3	1131.41	1190.15	1141.03	44.56	47.30	45.93
4	1067.24	1127.64	1069.91	41.23	44.38	42.81
5	1027.75	1054.36	1012.70	38.97	40.51	39.74
6	1009.43	985.84	975.18	37.87	36.38	37.12
7	967.17	952.17	946.88	35.15	34.13	34.64
8	929.05	916.38	926.22	32.49	31.56	32.02
10	859.15	878.07	863.00	27.00	28.57	27.78
12	813.37	820.37	804.30	22.89	23.55	23.22
14	791.32	775.64	780.89	20.74	19.14	19.94
16	757.78	750.44	753.56	17.23	16.42	16.83
18	732.28	734.28	742.31	14.35	14.58	14.47

ตาราง ผ.47 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	55.20	55.20	55.20
1	1,949.60	1,936.59	1,984.09	51.74	51.42	51.58
2	1,870.24	1,793.91	1,876.39	49.70	47.56	48.63
3	1,728.73	1,693.77	1,751.89	45.58	44.46	45.02
4	1,654.76	1,608.57	1,662.40	43.15	41.51	42.33
5	1,590.06	1,497.94	1,593.27	40.83	37.19	39.01
6	1,527.34	1,425.82	1,516.31	38.40	34.02	36.21
7	1,451.16	1,397.31	1,457.78	35.17	32.67	33.92
8	1,390.71	1,362.99	1,419.69	32.35	30.98	31.66
10	1,290.44	1,296.80	1,351.85	27.09	27.45	27.27
12	1,235.33	1,235.35	1,253.02	23.84	23.84	23.84
14	1,177.11	1,196.00	1,207.52	20.08	21.34	20.71
16	1,131.95	1,156.37	1,153.41	16.89	18.64	17.76
18	1,101.70	1,127.69	1,135.32	14.60	16.57	15.59

ตาราง ผ.48 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	55.20	55.20	55.20
1	2,653.79	2,634.59	2,657.39	52.73	52.38	52.56
2	2,468.27	2,515.75	2,517.43	49.18	50.13	49.66
3	2,348.91	2,397.47	2,391.01	46.60	47.67	47.14
4	2,255.49	2,310.74	2,304.43	44.38	45.71	45.05
5	2,149.30	2,200.68	2,210.42	41.64	42.99	42.32
6	2,076.30	2,082.48	2,086.91	39.58	39.76	39.67
7	2,001.34	1,991.48	2,014.10	37.32	37.01	37.16
8	1,921.97	1,922.43	1,965.34	34.73	34.74	34.74
10	1,794.97	1,801.77	1,860.27	30.12	30.37	30.24
12	1,725.72	1,734.34	1,705.83	27.31	27.67	27.49
14	1,657.54	1,664.63	1,635.38	24.32	24.64	24.48
16	1,608.49	1,597.25	1,560.6	22.01	21.46	21.74
18	1,576.97	1,561.20	1,534.95	20.46	19.65	20.05

ตาราง ผ.49 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	52.70	52.70	52.70
1	582.61	572.91	577.76	43.17	42.21	42.69
2	499.77	510.58	505.18	33.75	35.15	34.45
3	456.69	443.59	450.14	27.50	25.36	26.43
4	417.79	403.69	410.74	20.75	17.98	19.37
5	383.28	376.19	379.74	13.61	11.99	12.80
6	362.49	359.78	361.14	8.66	7.97	8.32
7	352.12	348.28	350.20	5.97	4.93	5.45
8	347.02	342.77	344.90	4.59	3.40	4.00
10	337.29	339.03	338.16	1.84	2.34	2.09
12	335.41	336.49	335.95	1.28	1.60	1.44

ตาราง ผ.50 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	52.70	52.70	52.70
1	1,201.83	1,206.03	1,203.93	44.90	45.09	45.00
2	1,059.11	1,138.96	1,099.04	37.48	41.86	39.67
3	983.25	1,030.06	1,006.66	32.65	35.71	34.18
4	936.40	924.00	930.20	29.28	28.33	28.81
5	875.10	851.77	863.44	24.33	22.26	23.29
6	835.96	800.23	818.10	20.79	17.25	19.02
7	790.68	775.74	783.21	16.25	14.64	15.44
8	755.68	740.52	748.10	12.37	10.58	11.47
10	705.83	689.93	697.88	6.18	4.02	5.10
12	689.70	678.66	684.18	3.99	2.43	3.21

ตาราง ผ.51 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2100.00	2100.00	2100.00	52.70	52.70	52.70
1	1906.91	1992.49	1949.70	47.91	50.15	49.03
2	1736.83	1881.39	1809.11	42.81	47.20	45.00
3	1643.20	1787.19	1715.20	39.55	44.42	41.98
4	1562.38	1630.24	1596.31	36.42	39.07	37.74
5	1446.60	1509.49	1478.05	31.33	34.19	32.76
6	1360.49	1398.88	1379.69	26.99	28.99	27.99
7	1288.37	1298.16	1293.27	22.90	23.48	23.19
8	1224.96	1236.89	1230.93	18.91	19.69	19.30
10	1134.36	1123.11	1128.74	12.43	11.55	11.99
12	1076.51	1060.83	1068.67	7.72	6.36	7.04
14	1044.50	1053.93	1049.22	4.90	5.75	5.32

ตาราง ผ.52 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	52.70	52.70	52.70
1	2,627.31	2,593.73	2,610.52	49.59	48.94	49.26
2	2,450.58	2,485.07	2,467.83	45.96	46.71	46.33
3	2,329.65	2,327.31	2,328.48	43.15	43.09	43.12
4	2,202.39	2,203.23	2,202.81	39.87	39.89	39.88
5	2,071.69	2,078.86	2,075.28	36.07	36.29	36.18
6	1,967.04	1,972.64	1,969.84	32.67	32.86	32.77
7	1,840.03	1,843.47	1,841.75	28.02	28.16	28.09
8	1,731.27	1,726.01	1,728.64	23.50	23.27	23.38
10	1,584.67	1,578.75	1,581.71	16.42	16.11	16.27
12	1,503.92	1,502.00	1,502.96	11.94	11.82	11.88
14	1,452.54	1,447.32	1,449.93	8.82	8.49	8.66
16	1,438.55	1,428.94	1,433.75	7.94	7.32	7.63
18	1,429.64	1,424.80	1,427.22	7.36	7.05	7.20

ตาราง ผ.53 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	52.70	52.70	52.70
1	550.16	553.02	551.59	45.92	46.20	46.06
2	503.56	492.17	497.87	40.92	39.55	40.24
3	461.78	459.65	460.72	35.58	35.28	35.43
4	429.82	425.02	427.42	30.78	30.00	30.39
5	402.98	394.72	398.85	26.17	24.63	25.40
6	382.32	377.88	380.10	22.19	21.27	21.73
7	366.47	366.82	366.65	18.82	18.90	18.86
8	357.79	354.77	356.28	16.85	16.14	16.50
10	343.16	343.95	343.56	13.31	13.50	13.41
12	331.16	334.10	332.63	10.16	10.95	10.56
14	326.48	319.84	323.16	8.88	6.98	7.93
16	318.48	318.14	318.31	6.59	6.49	6.54
18	318.38	317.60	317.99	6.56	6.33	6.44

ตาราง ผ.54 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	52.70	52.70	52.70
1	1,261.90	1,281.75	1,271.83	47.52	48.33	47.93
2	1,181.83	1,140.88	1,161.36	43.97	41.96	42.96
3	1,058.72	1,047.60	1,053.16	37.45	36.79	37.12
4	981.25	977.87	979.56	32.51	32.28	32.40
5	910.23	929.42	919.83	27.25	28.75	28.00
6	867.12	871.96	869.54	23.63	24.05	23.84
7	832.93	841.24	837.09	20.50	21.28	20.89
8	800.25	819.42	809.84	17.25	19.18	18.22
10	783.81	778.18	781.00	15.51	14.90	15.21
12	761.21	755.63	758.42	13.00	12.36	12.68
14	737.78	739.74	738.76	10.24	10.48	10.36
16	732.11	730.66	731.39	9.55	9.37	9.46
18	729.87	728.46	729.17	9.27	9.09	9.18

ตาราง ผ.55 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	52.70	52.70	52.70
1	1,982.86	1,976.32	1,979.59	49.90	49.74	49.82
2	1,849.69	1,858.00	1,853.85	46.30	46.54	46.42
3	1,756.39	1,719.96	1,738.18	43.44	42.25	42.84
4	1,606.82	1,643.51	1,625.17	38.18	39.56	38.87
5	1,490.50	1,525.14	1,507.82	33.35	34.87	34.11
6	1,416.68	1,444.83	1,430.76	29.88	31.25	30.56
7	1,365.77	1,386.25	1,376.01	27.27	28.34	27.81
8	1,305.13	1,329.45	1,317.29	23.89	25.28	24.58
10	1,239.07	1,253.75	1,246.41	19.83	20.77	20.30
12	1,177.15	1,199.57	1,188.36	15.61	17.19	16.40
14	1,141.27	1,161.07	1,151.17	12.96	14.45	13.70
16	1,121.15	1,140.14	1,130.65	11.40	12.87	12.14
18	1,116.87	1,125.83	1,121.35	11.06	11.77	11.41

ตาราง ผ.56 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	52.70	52.70	52.70
1	2,767.28	2,732.69	2,749.99	52.14	51.53	51.84
2	2,599.43	2,610.34	2,604.89	49.05	49.26	49.16
3	2,451.98	2,389.52	2,420.75	45.99	44.57	45.28
4	2,260.50	2,168.16	2,214.33	41.41	38.92	40.16
5	2,118.85	2,010.34	2,064.60	37.49	34.12	35.81
6	1,984.41	1,906.52	1,945.47	33.26	30.53	31.90
7	1,897.92	1,836.74	1,867.33	30.22	27.89	29.06
8	1,830.86	1,784.42	1,807.64	27.66	25.78	26.72
10	1,711.78	1,694.46	1,703.12	22.86	21.84	22.35
12	1,616.67	1,612.49	1,614.58	18.13	17.87	18.00
14	1,579.71	1,548.34	1,564.03	16.49	14.46	15.48
16	1,541.42	1,519.87	1,530.65	14.28	12.86	13.57
18	1,515.24	1,501.57	1,508.41	12.71	11.80	12.25

ตาราง ผ.57 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	52.70	52.70	52.70
1	555.29	552.12	553.71	46.42	46.12	46.27
2	507.35	503.20	505.28	41.36	40.88	41.12
3	462.08	467.27	464.68	35.62	36.33	35.97
4	428.10	426.82	427.46	30.51	30.30	30.40
5	397.01	410.97	403.99	25.06	27.61	26.34
6	383.23	378.80	381.02	22.37	21.46	21.92
7	362.45	367.56	365.01	17.92	19.06	18.49
8	346.55	364.57	355.56	14.15	18.40	16.28
10	336.53	343.32	339.93	11.60	13.35	12.47
12	329.33	331.54	330.44	9.67	10.27	9.97
14	326.54	327.76	327.15	8.89	9.23	9.06
16	326.53	319.66	323.10	8.89	6.93	7.91
18	322.15	318.36	320.26	7.65	6.55	7.10

ตาราง ผ.58 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	52.70	52.70	52.70
1	1,290.10	1,252.09	1,271.10	48.67	47.11	47.89
2	1,191.39	1,179.24	1,185.32	44.42	43.84	44.13
3	1,130.45	1,101.57	1,116.01	41.42	39.88	40.65
4	1,046.24	1,036.20	1,041.22	36.70	36.09	36.40
5	996.23	960.30	978.27	33.53	31.04	32.28
6	939.35	915.87	927.61	29.50	27.69	28.60
7	897.20	886.26	891.73	26.19	25.28	25.73
8	855.28	858.58	856.93	22.57	22.87	22.72
10	808.68	819.80	814.24	18.11	19.22	18.67
12	774.99	782.67	778.83	14.55	15.39	14.97
14	756.78	758.88	757.83	12.50	12.74	12.62
16	748.18	742.29	745.24	11.49	10.79	11.14
18	742.56	732.35	737.46	10.82	9.58	10.20

ตาราง ผ.59 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	52.70	52.70	52.70
1	1,885.69	1,882.72	1,884.21	47.32	47.24	47.28
2	1,775.22	1,751.82	1,763.52	44.04	43.30	43.67
3	1,652.00	1,637.10	1,644.55	39.87	39.32	39.60
4	1,528.99	1,551.03	1,540.01	35.03	35.96	35.49
5	1,419.16	1,474.27	1,446.72	30.00	32.62	31.31
6	1,360.48	1,376.02	1,368.25	26.99	27.81	27.40
7	1,284.69	1,319.50	1,302.10	22.68	24.72	23.70
8	1,252.31	1,264.38	1,258.35	20.68	21.44	21.06
10	1,196.53	1,219.72	1,208.13	16.98	18.56	17.77
12	1,168.76	1,175.75	1,172.26	15.01	15.51	15.26
14	1,149.75	1,143.75	1,146.75	13.60	13.15	13.38
16	1,124.46	1,118.27	1,121.37	11.66	11.17	11.42
18	1,107.15	1,108.80	1,107.98	10.28	10.41	10.35

ตาราง ผ.60 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	52.70	52.70	52.70
1	2,639.83	2,576.58	2,608.21	49.83	48.60	49.21
2	2,437.86	2,468.74	2,453.30	45.67	46.35	46.01
3	2,240.53	2,358.26	2,299.40	40.89	43.84	42.36
4	2,149.84	2,209.44	2,179.64	38.40	40.06	39.23
5	2,015.53	2,085.82	2,050.68	34.29	36.50	35.40
6	1,962.76	1,932.99	1,947.88	32.52	31.48	32.00
7	1,836.44	1,857.74	1,847.09	27.88	28.71	28.30
8	1,746.53	1,774.92	1,760.73	24.17	25.38	24.78
10	1,652.64	1,643.68	1,648.16	19.97	19.42	19.70
12	1,574.96	1,583.11	1,579.04	15.83	16.34	16.08
14	1,542.06	1,542.61	1,542.34	14.11	14.15	14.13
16	1,498.32	1,523.36	1,510.84	11.42	13.06	12.24
18	1,493.03	1,493.85	1,493.44	11.29	11.34	11.32

ตาราง ผ.61 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส้าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส้าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	52.70	52.70	52.70
2	621.60	611.99	616.80	46.73	45.90	46.32
4	547.18	567.24	557.21	39.49	41.63	40.56
6	512.96	534.43	523.70	35.45	38.05	36.75
8	494.91	508.88	501.90	33.10	34.94	34.02
10	477.45	491.65	484.55	30.65	32.66	31.65
12	462.19	475.31	468.75	28.36	30.34	29.35
14	447.87	461.65	454.76	26.07	28.28	27.18
16	432.62	447.95	440.29	23.47	26.09	24.78
18	403.39	429.07	416.23	17.92	22.83	20.38
20	384.66	405.95	395.31	13.92	18.44	16.18
22	375.44	386.94	381.19	11.81	14.43	13.12
24	367.89	377.81	372.85	10.00	12.36	11.18
26	363.55	370.85	367.20	8.93	10.72	9.82
28	361.11	366.28	363.70	8.31	9.60	8.96
30	358.68	362.59	360.64	7.69	8.68	8.19

ตาราง ผ.62 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส้าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส้าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	52.70	52.70	52.70
2	1,291.78	1,250.07	1,270.93	48.74	47.03	47.88
4	1,195.99	1,172.70	1,184.35	44.63	43.53	44.08
6	1,111.91	1,085.02	1,098.47	40.44	38.97	39.71
8	1,050.04	1,028.12	1,039.08	36.94	35.59	36.26
10	1,004.58	992.94	998.76	34.08	33.31	33.70
12	964.57	955.95	960.26	31.35	30.73	31.04
14	929.14	924.38	926.76	28.73	28.36	28.55
16	908.08	898.53	903.31	27.08	26.30	26.69
18	868.16	844.32	856.24	23.72	21.57	22.65
20	823.63	798.81	811.22	19.60	17.10	18.35
22	786.95	772.22	779.59	15.85	14.25	15.05
24	762.70	749.17	755.94	13.18	11.61	12.39
26	742.77	737.60	740.19	10.85	10.22	10.53
28	728.20	734.28	731.24	9.06	9.82	9.44
30	725.78	725.96	725.87	8.76	8.78	8.77

ตาราง ผ.63 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	52.70	52.70	52.70
2	1,924.84	1,880.97	1,902.91	48.39	47.19	47.79
4	1,814.98	1,777.36	1,796.17	45.27	44.11	44.69
6	1,655.69	1,692.18	1,673.94	40.00	41.30	40.65
8	1,566.08	1,602.65	1,584.37	36.57	38.02	37.30
10	1,504.26	1,549.29	1,526.78	33.96	35.89	34.93
12	1,457.04	1,490.71	1,473.88	31.82	33.37	32.60
14	1,409.09	1,438.79	1,423.94	29.50	30.96	30.23
16	1,358.63	1,402.01	1,380.32	26.89	29.15	28.02
18	1,301.23	1,327.73	1,314.48	23.66	25.19	24.42
20	1,235.89	1,257.74	1,246.82	19.62	21.03	20.32
22	1,184.07	1,192.99	1,188.53	16.11	16.74	16.42
24	1,150.75	1,153.43	1,152.09	13.68	13.88	13.78
26	1,121.80	1,127.39	1,124.60	11.45	11.89	11.67
28	1,105.13	1,108.82	1,106.98	10.11	10.42	10.27
30	1,092.63	1,093.45	1,093.04	9.09	9.16	9.12

ตาราง ผ.64 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	52.70	52.70	52.70
2	2,689.93	2,628.35	2,659.14	50.76	49.61	50.19
4	2,524.88	2,397.96	2,461.42	47.55	44.77	46.16
6	2,380.19	2,278.86	2,329.53	44.36	41.88	43.12
8	2,243.48	2,198.66	2,221.07	40.97	39.76	40.37
10	2,121.22	2,124.91	2,123.07	37.56	37.67	37.62
12	2,033.78	2,039.65	2,036.72	34.88	35.07	34.97
14	1,983.82	1,967.62	1,975.72	33.24	32.69	32.97
16	1,920.91	1,930.86	1,925.89	31.05	31.41	31.23
18	1,824.55	1,827.85	1,826.20	27.41	27.54	27.48
20	1,710.62	1,731.66	1,721.14	22.58	23.52	23.05
22	1,622.83	1,629.18	1,626.01	18.39	18.71	18.55
24	1,565.16	1,561.18	1,563.17	15.38	15.17	15.27
26	1,513.01	1,529.70	1,521.36	12.47	13.42	12.94
28	1,485.82	1,493.58	1,489.70	10.86	11.33	11.10
30	1,469.56	1,473.77	1,471.67	9.88	10.14	10.01

ตาราง ผ.65 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
1	582.27	563.05	572.66	48.68	46.93	47.80
2	509.33	491.90	500.62	41.33	39.25	40.29
3	458.25	433.95	446.10	34.79	31.14	32.96
4	435.25	394.46	414.86	31.34	24.24	27.79
5	402.94	376.53	389.74	25.84	20.64	23.24
6	382.11	350.12	366.12	21.79	14.65	18.22
7	371.78	338.64	355.21	19.62	11.76	15.69
8	362.61	333.11	347.86	17.59	10.29	13.94
10	348.65	329.37	339.01	14.29	9.27	11.78
12	339.02	326.83	332.93	11.85	8.57	10.21
14	336.74	323.79	330.27	11.26	7.71	9.48
16	334.64	323.59	329.12	10.70	7.65	9.18
18	332.86	319.04	325.95	10.22	6.33	8.28

ตาราง ผ.66 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
1	1,241.83	1,223.68	1,232.76	51.87	51.16	51.52
2	1,151.11	1,139.66	1,145.39	48.08	47.56	47.82
3	1,073.25	1,035.76	1,054.51	44.31	42.30	43.31
4	976.76	941.70	959.23	38.81	36.53	37.67
5	912.10	876.77	894.44	34.47	31.83	33.15
6	841.96	819.00	830.48	29.02	27.03	28.02
7	790.68	783.74	787.21	24.41	23.74	24.08
8	788.27	738.52	763.40	24.18	19.07	21.63
10	765.87	687.93	726.90	21.96	13.12	17.54
12	720.76	682.66	701.71	17.08	12.45	14.77
14	697.90	674.50	686.20	14.36	11.39	12.88
16	690.33	660.34	675.34	13.42	9.49	11.46
18	685.51	657.35	671.43	12.82	9.08	10.95

ตาราง ผ.67 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสัปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันเป็นสัปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
1	1,906.21	1,902.49	1,904.35	52.97	52.88	52.92
2	1,776.11	1,791.39	1,783.75	49.53	49.96	49.74
3	1,664.20	1,674.19	1,669.20	46.13	46.45	46.29
4	1,512.35	1,534.21	1,523.28	40.72	41.57	41.14
5	1,373.00	1,394.19	1,383.60	34.71	35.70	35.20
6	1,280.08	1,308.88	1,294.48	29.97	31.51	30.74
7	1,207.37	1,228.15	1,217.76	25.75	27.00	26.38
8	1,148.76	1,153.49	1,151.13	21.96	22.28	22.12
10	1,085.36	1,092.11	1,088.74	17.40	17.91	17.66
12	1,049.51	1,059.23	1,054.37	14.58	15.36	14.97
14	1,017.50	1,038.23	1,027.87	11.89	13.65	12.77
16	1,009.17	1,006.20	1,007.69	11.17	10.90	11.03
18	996.08	1,006.19	1,001.14	10.00	10.90	10.45

ตาราง ผ.68 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสัปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันเป็นสัปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
1	2,627.13	2,593.73	2,610.43	54.50	53.92	54.21
2	2,470.58	2,466.07	2,468.33	51.62	51.53	51.57
3	2,329.55	2,317.31	2,323.43	48.69	48.42	48.55
4	2,102.39	2,093.23	2,097.81	43.14	42.90	43.02
5	1,911.59	1,918.83	1,915.21	37.47	37.71	37.59
6	1,767.04	1,772.64	1,769.84	32.35	32.57	32.46
7	1,660.03	1,663.46	1,661.75	27.99	28.14	28.07
8	1,571.27	1,556.01	1,563.64	23.93	23.18	23.55
10	1,484.66	1,458.75	1,471.71	19.49	18.06	18.77
12	1,430.22	1,396.40	1,413.31	16.42	14.40	15.41
14	1,382.54	1,377.23	1,379.89	13.54	13.21	13.38
16	1,360.43	1,354.94	1,357.69	12.14	11.78	11.96
18	1,349.54	1,344.80	1,347.17	11.43	11.12	11.27

ตาราง ผ.69 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,292.64	1,301.75	1,297.20	53.76	54.09	53.93
4	1,165.83	1,168.88	1,167.36	48.74	48.87	48.80
6	1,051.20	1,067.60	1,059.40	43.14	44.02	43.58
8	931.00	943.87	937.44	35.80	36.68	36.24
10	857.65	875.42	866.54	30.31	31.73	31.02
12	803.01	821.96	812.49	25.57	27.29	26.43
14	769.18	781.24	775.21	22.30	23.50	22.90
16	748.40	759.42	753.91	20.14	21.30	20.72
18	711.62	722.18	716.90	16.01	17.24	16.63
20	687.97	695.63	691.80	13.13	14.08	13.61

ตาราง ผ.70 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,292.64	1,301.75	1,297.20	53.76	54.09	53.93
4	1,165.83	1,168.88	1,167.36	48.74	48.87	48.80
6	1,051.20	1,067.60	1,059.40	43.14	44.02	43.58
8	931.00	943.87	937.44	35.80	36.68	36.24
10	857.65	875.42	866.54	30.31	31.73	31.02
12	803.01	821.96	812.49	25.57	27.29	26.43
14	769.18	781.24	775.21	22.30	23.50	22.90
16	748.40	759.42	753.91	20.14	21.30	20.72
18	711.62	722.18	716.90	16.01	17.24	16.63
20	687.97	695.63	691.80	13.13	14.08	13.61

ตาราง ผ.71 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,949.45	1,966.32	1,957.89	54.01	54.41	54.21
4	1,838.22	1,858.00	1,848.11	51.23	51.75	51.49
6	1,679.12	1,659.96	1,669.54	46.61	45.99	46.30
8	1,524.29	1,523.51	1,523.90	41.19	41.16	41.17
10	1,384.05	1,365.14	1,374.60	35.23	34.33	34.78
12	1,280.12	1,274.83	1,277.48	29.97	29.68	29.82
14	1,205.87	1,196.25	1,201.06	25.66	25.06	25.36
16	1,164.07	1,149.45	1,156.76	22.99	22.01	22.50
18	1,094.40	1,107.75	1,101.08	18.08	19.07	18.58
20	1,049.40	1,069.57	1,059.49	14.57	16.18	15.38

ตาราง ผ.72 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,636.64	2,652.96	2,644.80	54.67	54.94	54.80
4	2,516.41	2,505.19	2,510.80	52.50	52.29	52.39
6	2,357.17	2,291.07	2,324.12	49.29	47.83	48.56
8	2,110.40	2,100.39	2,105.40	43.36	43.09	43.23
10	1,923.84	1,876.95	1,900.40	37.87	36.32	37.09
12	1,783.08	1,746.63	1,764.86	32.96	31.56	32.26
14	1,676.85	1,655.96	1,666.41	28.72	27.82	28.27
16	1,590.20	1,576.38	1,583.29	24.83	24.17	24.50
18	1,500.23	1,485.84	1,493.04	20.32	19.55	19.94
20	1,446.35	1,432.91	1,439.63	17.36	16.58	16.97

ตาราง ผ.73 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	638.03	633.11	635.57	53.16	52.80	52.98
4	569.21	553.88	561.55	47.50	46.05	46.77
6	507.39	485.42	496.41	41.10	38.44	39.77
8	462.70	454.66	458.68	35.42	34.27	34.84
10	429.28	420.21	424.75	30.39	28.89	29.64
12	402.18	395.42	398.80	25.70	24.43	25.06
14	382.43	377.09	379.76	21.86	20.75	21.31
16	372.89	363.09	367.99	19.86	17.70	18.78
18	354.34	351.11	352.73	15.67	14.89	15.28
20	343.95	340.42	342.19	13.12	12.22	12.67

ตาราง ผ.74 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,301.35	1,302.94	1,302.15	54.07	54.13	54.10
4	1,165.46	1,162.71	1,164.09	48.72	48.60	48.66
6	1,071.92	1,064.72	1,068.32	44.24	43.87	44.06
8	978.03	962.15	970.09	38.89	37.88	38.39
10	899.35	880.74	890.05	33.55	32.14	32.84
12	842.17	835.60	838.89	29.03	28.48	28.75
14	806.37	791.62	799.00	25.88	24.50	25.19
16	771.96	766.74	769.35	22.58	22.05	22.32
18	736.95	728.83	732.89	18.90	18.00	18.45
20	706.85	701.49	704.17	15.45	14.80	15.12

ตาราง ผ.75 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,951.10	2,080.97	2,016.04	54.05	56.92	55.49
4	1,839.69	1,827.36	1,833.53	51.27	50.94	51.10
6	1,679.46	1,652.18	1,665.82	46.62	45.74	46.18
8	1,547.24	1,522.65	1,534.95	42.06	41.12	41.59
10	1,390.00	1,379.29	1,384.65	35.50	35.00	35.25
12	1,314.90	1,280.71	1,297.81	31.82	30.00	30.91
14	1,237.56	1,218.79	1,228.18	27.56	26.44	27.00
16	1,178.01	1,172.01	1,175.01	23.90	23.51	23.70
18	1,114.29	1,107.73	1,111.01	19.55	19.07	19.31
20	1,058.26	1,047.74	1,053.00	15.29	14.44	14.86

ตาราง ผ.76 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,711.70	2,732.69	2,722.20	55.92	56.26	56.09
4	2,624.70	2,610.34	2,617.52	54.46	54.21	54.33
6	2,399.40	2,429.52	2,414.46	50.18	50.80	50.49
8	2,270.23	2,248.16	2,259.20	47.35	46.83	47.09
10	2,153.63	2,040.34	2,096.99	44.50	41.42	42.96
12	2,001.97	1,966.52	1,984.25	40.29	39.22	39.75
14	1,926.72	1,866.74	1,896.73	37.96	35.97	36.96
16	1,809.14	1,794.42	1,801.78	33.93	33.39	33.66
18	1,659.42	1,674.46	1,666.94	27.97	28.61	28.29
20	1,552.71	1,582.49	1,567.60	23.02	24.47	23.74

ตาราง ผ.77 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	699.67	699.84	57.31	57.29	57.30
2	665.80	669.67	667.74	55.12	55.38	55.25
4	577.38	590.95	584.17	48.24	49.43	48.84
6	533.16	571.63	552.40	43.95	47.72	45.84
8	505.11	541.62	523.37	40.84	44.83	42.83
10	497.65	527.11	512.38	39.95	43.31	41.63
12	482.39	502.05	492.22	38.05	40.48	39.27
14	468.07	487.74	477.91	36.16	38.73	37.44
16	453.59	472.50	463.05	34.12	36.76	35.44
18	438.86	448.70	443.78	31.91	33.40	32.65
20	415.64	425.91	420.78	28.10	29.84	28.97
22	408.09	412.25	410.17	26.77	27.51	27.14
24	393.75	403.94	398.85	24.11	26.02	25.06
26	381.31	390.98	386.15	21.63	23.57	22.60
28	368.88	381.55	375.22	18.99	21.68	20.33
30	366.91	372.14	369.53	18.55	19.70	19.13

ตาราง ผ.78 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,399.66	1,399.83	57.31	57.30	57.30
2	1,351.78	1,359.84	1,355.81	55.79	56.05	55.92
4	1,335.99	1,348.95	1,342.47	55.26	55.69	55.48
6	1,321.91	1,342.05	1,331.98	54.79	55.47	55.13
8	1,311.04	1,319.90	1,315.47	54.41	54.72	54.57
10	1,254.58	1,253.54	1,254.06	52.36	52.32	52.34
12	1,164.57	1,174.23	1,169.40	48.68	49.10	48.89
14	1,129.14	1,139.82	1,134.48	47.07	47.57	47.32
16	1,098.08	1,127.72	1,112.90	45.57	47.00	46.29
18	1,058.16	1,100.83	1,079.50	43.52	45.71	44.61
20	1,023.63	1,063.09	1,043.36	41.61	43.78	42.70
22	986.95	986.50	986.725	39.44	39.42	39.43
24	962.70	971.81	967.255	37.92	38.50	38.21
26	942.77	962.61	952.69	36.61	37.91	37.26
28	928.20	947.82	938.01	35.61	36.94	36.28
30	905.78	925.81	915.795	34.02	35.44	34.73

ตาราง ผ.79 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,099.54	2,099.77	57.31	57.30	57.31
2	2,073.13	2,076.69	2,074.91	56.76	56.83	56.79
4	2,063.27	2,072.71	2,067.99	56.55	56.75	56.65
6	2,043.48	2,063.32	2,053.40	56.13	56.55	56.34
8	2,034.37	2,045.91	2,040.14	55.93	56.18	56.06
10	1,919.55	2,022.04	1,970.80	53.30	55.66	54.48
12	1,885.33	1,888.82	1,887.08	52.45	52.54	52.49
14	1,837.38	1,838.79	1,838.09	51.21	51.25	51.23
16	1,818.92	1,822.01	1,820.47	50.71	50.80	50.75
18	1,799.52	1,787.73	1,793.63	50.18	49.85	50.02
20	1,774.18	1,777.74	1,775.96	49.47	49.57	49.52
22	1,762.36	1,762.99	1,762.68	49.13	49.15	49.14
24	1,749.04	1,753.43	1,751.24	48.74	48.87	48.81
26	1,730.09	1,747.39	1,738.74	48.18	48.70	48.44
28	1,723.42	1,718.82	1,721.12	47.98	47.84	47.91
30	1,690.92	1,693.45	1,692.19	46.98	47.06	47.02

ตาราง ผ.80 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ความเร็วลม 1.5 m/s

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,799.99	2,800.00	57.31	57.31	2800.00
2	2,799.53	2,799.87	2,799.70	57.30	57.31	2799.53
4	2,793.88	2,793.85	2,793.87	57.22	57.22	2793.88
6	2,830.19	2,832.17	2,831.18	57.77	57.79	2830.19
8	2,773.48	2,823.51	2,798.50	56.90	57.67	2773.48
10	2,801.22	2,791.29	2,796.26	57.33	57.18	2801.22
12	2,803.78	2,803.80	2,803.79	57.37	57.37	2803.78
14	2,793.82	2,795.81	2,794.82	57.22	57.25	2793.82
16	2,720.91	2,730.83	2,725.87	56.07	56.23	2720.91
18	2,674.55	2,684.54	2,679.55	55.31	55.47	2674.55
20	2,610.62	2,605.55	2,608.09	54.21	54.12	2610.62
22	2,602.84	2,602.85	2,602.85	54.08	54.08	2602.84
24	2,495.16	2,585.15	2,540.16	52.09	53.76	2495.16
26	2,443.01	2,482.95	2,462.98	51.07	51.86	2443.01
28	2,425.82	2,425.79	2,425.81	50.73	50.72	2425.82
30	2,319.56	2,419.54	2,369.55	48.47	50.60	2319.56

ภาคผนวก จ

การอบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน

ตาราง ผ.81 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700	57.31	57.31	57.31
2	605.75	567.32	586.54	50.67	47.32	49.00
4	552.5	484.61	518.56	45.91	38.33	42.12
6	498.49	437.05	467.77	40.05	31.62	35.84
8	443.27	410.42	426.85	32.58	27.19	29.88
10	406.56	371.97	389.27	26.5	19.66	23.08
12	381.21	353.94	367.58	21.61	15.57	18.59
14	363.16	345.9	354.53	17.71	13.61	15.66
16	347.51	342.77	345.14	14.01	12.82	13.41
18	333.74	337.39	335.57	10.46	11.43	10.94
20	326.64	331.3	328.97	8.51	9.8	9.15
22	323.74	329.08	326.41	7.69	9.19	8.44
25	323.05	326.7	324.88	7.49	8.53	8.01
28	320.49	325.12	322.81	6.76	8.08	7.42
30	321.54	321.99	321.77	7.06	7.19	7.12
34	318.49	320.64	319.57	6.17	6.8	6.48
38	316.57	319.31	317.94	5.6	6.41	6.01
42	316.22	316.7	316.46	5.5	5.64	5.57

ตาราง ผ.82 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,243.19	1,271.56	1,257.38	51.93	53.00	52.46
4	1,193.04	1,214.22	1,203.63	49.90	50.78	50.34
6	1,139.45	1,162.30	1,150.88	47.55	48.58	48.06
8	1,095.50	1,093.19	1,094.35	45.44	45.33	45.39
10	1,040.64	1,029.99	1,035.32	42.57	41.97	42.27
12	992.36	998.87	995.62	39.77	40.17	39.97
14	953.50	941.82	947.66	37.32	36.54	36.93
16	913.74	893.35	903.54	34.59	33.10	33.85
18	862.36	827.39	844.88	30.69	27.77	29.23
20	815.89	792.81	804.35	26.75	24.61	25.68
22	769.91	753.26	761.59	22.37	20.66	21.51
25	721.57	707.51	714.54	17.17	15.53	16.35
28	694.26	684.86	689.56	13.91	12.73	13.32
30	682.76	675.98	679.37	12.46	11.59	12.03
34	670.38	666.72	668.55	10.85	10.36	10.60
38	665.86	661.41	663.64	10.24	9.64	9.94
42	663.40	658.66	661.03	9.91	9.26	9.59

ตาราง ผ.83 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,935.32	1,878.68	1,907.00	53.68	52.28	52.98
4	1,862.07	1,788.77	1,825.42	51.86	49.88	50.87
6	1,793.33	1,695.78	1,744.56	50.01	47.13	48.57
8	1,717.21	1,604.10	1,660.66	47.79	44.11	45.95
10	1,622.00	1,532.40	1,577.20	44.73	41.50	43.11
12	1,561.14	1,495.94	1,528.54	42.57	40.07	41.32
14	1,509.07	1,455.33	1,482.20	40.59	38.40	39.50
16	1,460.55	1,415.84	1,438.20	38.62	36.68	37.65
18	1,407.99	1,350.83	1,379.41	36.33	33.63	34.98
20	1,356.99	1,286.48	1,321.74	33.94	30.31	32.12
22	1,295.40	1,239.91	1,267.66	30.79	27.70	29.25
25	1,194.21	1,174.68	1,184.45	24.93	23.68	24.31
28	1,097.91	1,111.22	1,104.55	18.35	19.32	18.83
30	1,064.91	1,077.69	1,071.30	15.82	16.81	16.31
34	1,029.11	1,038.74	1,033.95	12.89	13.69	13.29
38	1,001.77	1,020.34	1,011.05	10.51	12.14	11.32
42	990.11	1,016.12	1,003.11	9.46	11.77	10.61

ตาราง ผ.84 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,624.05	2,550.15	2,587.10	54.45	53.13	53.79
4	2,520.24	2,438.57	2,479.41	52.57	50.98	51.78
6	2,427.78	2,357.65	2,392.72	50.76	49.30	50.03
8	2,317.97	2,244.43	2,281.20	48.43	46.74	47.59
10	2,237.18	2,167.18	2,202.18	46.57	44.84	45.71
12	2,170.40	2,095.75	2,133.08	44.93	42.96	43.95
14	2,111.53	2,041.38	2,076.46	43.39	41.45	42.42
16	2,041.52	1,926.83	1,984.18	41.45	37.96	39.71
18	1,945.11	1,827.92	1,886.52	38.55	34.61	36.58
20	1,858.53	1,737.76	1,798.15	35.68	31.21	33.45
22	1,793.67	1,664.20	1,728.94	33.36	28.17	30.77
25	1,617.43	1,600.58	1,609.01	26.10	25.32	25.71
28	1,540.84	1,514.82	1,527.83	22.42	21.09	21.76
30	1,491.27	1,465.68	1,478.48	19.85	18.45	19.15
34	1,424.96	1,423.88	1,424.42	16.12	16.05	16.08
38	1,382.61	1,390.50	1,386.56	13.55	14.04	13.79
42	1,365.05	1,387.09	1,376.07	12.43	13.83	13.13

ตาราง ผ.85 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	779.12	778.64	700.00	700.00	700.00	57.31
2	687.76	672.87	608.64	594.23	601.44	50.90
4	634.29	621.50	555.17	542.86	549.02	46.17
6	586.37	577.42	507.25	498.78	503.02	41.09
8	548.71	544.22	469.59	465.58	467.59	36.36
10	519.67	505.65	440.55	427.01	433.78	32.17
12	492.46	487.48	413.34	408.84	411.09	27.70
14	475.40	466.96	396.28	388.32	392.30	24.59
16	462.88	453.98	383.76	375.34	379.55	22.13
18	451.40	438.17	372.28	359.53	365.91	19.73
20	441.34	431.83	362.22	353.19	357.71	17.50
22	431.83	422.67	352.71	344.03	348.37	15.28
25	420.06	417.85	340.94	339.21	340.08	12.35
28	415.70	408.22	336.58	329.58	333.08	11.22
30	411.25	407.39	332.13	328.75	330.44	10.03
34	406.28	406.23	327.16	327.59	327.38	8.66
38	404.37	405.58	325.25	326.94	326.10	8.12
42	403.07	405.50	323.95	326.86	325.41	7.75

ตาราง ผ.86 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนผาผิวความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,323.23	1,264.16	1,293.70	54.83	52.72	53.78
4	1,259.44	1,201.07	1,230.26	52.55	50.24	51.39
6	1192.35	1,136.73	1,164.54	49.88	47.42	48.65
8	1,123.58	1,072.52	1,098.05	46.81	44.28	45.54
10	1,030.44	1,028.92	1,029.68	42.00	41.91	41.96
12	1,003.94	957.76	980.85	40.47	37.60	39.03
14	961.93	909.00	935.47	37.87	34.25	36.06
16	918.12	853.39	885.76	34.90	29.97	32.44
18	886.07	819.31	852.69	32.55	27.05	29.80
20	845.88	779.60	812.74	29.34	23.34	26.34
22	795.51	747.58	771.55	24.87	20.05	22.46
25	759.62	706.26	732.94	21.32	15.38	18.35
28	729.63	685.77	707.70	18.09	12.85	15.47
30	714.18	673.14	693.66	16.32	11.21	13.76
34	685.64	662.38	674.01	12.83	9.77	11.30
38	681.31	658.79	670.05	12.28	9.28	10.78
42	679.44	656.55	668.00	12.04	8.97	10.50

ตาราง ผ.87 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.63	2,100.73	2,100.68	57.31	57.31	57.31
2	1,948.20	1,941.73	1,944.97	53.97	53.82	53.89
4	1,875.19	1,869.75	1,872.47	52.18	52.04	52.11
6	1,791.40	1,782.98	1,787.19	49.94	49.70	49.82
8	1,708.84	1,660.95	1,684.90	47.52	46.01	46.76
10	1,648.29	1,546.96	1,597.63	45.59	42.03	43.81
12	1,580.29	1,518.93	1,549.61	43.25	40.96	42.11
14	1,519.20	1,467.51	1,493.36	40.97	38.89	39.93
16	1,419.83	1,420.39	1,420.11	36.84	36.86	36.85
18	1,345.44	1,340.00	1,342.72	33.35	33.08	33.21
20	1,299.24	1,298.80	1,299.02	30.98	30.95	30.96
22	1,241.79	1,243.35	1,242.57	27.78	27.87	27.83
25	1,179.05	1,181.21	1,180.13	23.94	24.08	24.01
28	1,123.15	1,116.26	1,119.71	20.15	19.66	19.91
30	1,100.30	1,104.17	1,102.24	18.50	18.78	18.64
34	1,058.89	1,079.73	1,069.31	15.31	16.94	16.13
38	1,057.15	1,056.25	1,056.70	15.17	15.10	15.13
42	1,054.98	1,053.64	1,054.31	15.00	14.89	14.94

ตาราง ผ.88 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนผาความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,606.86	2,562.90	2,584.88	54.15	53.36	53.75
4	2,494.76	2,457.71	2,476.24	52.09	51.36	51.73
6	2,422.60	2,349.95	2,386.28	50.66	49.13	49.90
8	2,312.67	2,233.37	2,273.02	48.31	46.48	47.40
10	2,219.39	2,144.35	2,181.87	46.14	44.26	45.20
12	2,127.74	2,069.25	2,098.50	43.82	42.23	43.03
14	2,051.38	2,003.17	2,027.28	41.73	40.33	41.03
16	1,956.16	1,910.35	1,933.26	38.89	37.43	38.16
18	1,877.41	1,832.29	1,854.85	36.33	34.76	35.55
20	1,799.85	1,744.84	1,772.35	33.59	31.49	32.54
22	1,740.30	1,692.43	1,716.37	31.32	29.37	30.34
25	1,631.42	1,590.09	1,610.76	26.73	24.83	25.78
28	1,571.58	1,526.20	1,548.89	23.94	21.68	22.81
30	1,522.62	1,493.18	1,507.90	21.50	19.95	20.72
34	1,458.86	1,463.73	1,461.30	18.06	18.34	18.20
38	1,427.42	1,421.81	1,424.62	16.26	15.93	16.09
42	1,414.28	1,416.78	1,415.53	15.48	15.63	15.56

ตาราง ผ.89 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนผาความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	616.46	601.56	609.01	51.52	50.32	50.92
4	571.26	542.86	557.06	47.69	44.95	46.32
6	526.03	498.78	512.41	43.19	40.09	41.64
8	485.72	461.65	473.69	38.48	35.27	36.87
10	449.85	442.99	446.42	33.57	32.54	33.06
12	428.71	418.61	423.66	30.30	28.61	29.45
14	406.92	393.32	400.12	26.56	24.02	25.29
16	387.62	383.94	385.78	22.91	22.17	22.54
18	368.52	367.68	368.10	18.91	18.73	18.82
20	354.26	362.98	358.62	15.65	17.67	16.66
22	346.86	353.99	350.43	13.85	15.58	14.71
25	342.59	346.86	344.73	12.77	13.85	13.31
28	333.71	346.42	340.07	10.45	13.74	12.09
30	332.70	342.45	337.58	10.18	12.74	11.46
34	331.51	334.30	332.91	9.86	10.61	10.23
38	331.33	330.20	330.77	9.81	9.50	9.65
42	331.28	328.42	329.85	9.80	9.01	9.40

ตาราง ผ.90 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนผาความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,280.84	1,268.96	1,274.90	53.34	52.90	53.12
4	1,224.30	1,210.44	1,217.37	51.18	50.62	50.90
6	1,167.48	1,151.21	1,159.35	48.81	48.08	48.45
8	1,115.90	1,086.25	1,101.08	46.44	44.98	45.71
10	1,052.06	1,033.74	1,042.90	43.19	42.18	42.69
12	997.61	978.54	988.08	40.09	38.92	39.51
14	955.62	929.07	942.35	37.46	35.67	36.56
16	895.50	889.47	892.49	33.26	32.81	33.03
18	857.88	826.50	842.19	30.33	27.69	29.01
20	823.58	801.07	812.33	27.43	25.39	26.41
22	793.32	763.51	778.42	24.66	21.72	23.19
25	740.79	733.02	736.91	19.32	18.47	18.89
28	718.57	706.13	712.35	16.83	15.36	16.09
30	707.09	694.24	700.67	15.48	13.91	14.69
34	686.45	678.09	682.27	12.93	11.86	12.40
38	677.30	671.23	674.27	11.76	10.96	11.36
42	672.91	668.68	670.80	11.18	10.62	10.90

ตาราง ผ.91 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,964.47	1,941.79	1,953.13	54.36	53.83	54.10
4	1,895.09	1,867.52	1,881.31	52.69	52.00	52.34
6	1,814.11	1,777.58	1,795.85	50.58	49.57	50.07
8	1,736.61	1,682.71	1,709.66	48.38	46.72	47.55
10	1,629.27	1,616.02	1,622.65	44.98	44.52	44.75
12	1,549.01	1,549.96	1,549.49	42.12	42.16	42.14
14	1,486.61	1,484.38	1,485.50	39.70	39.61	39.65
16	1,410.43	1,420.48	1,415.46	36.44	36.89	36.66
18	1,345.66	1,363.03	1,354.35	33.38	34.23	33.80
20	1,299.93	1,317.26	1,308.60	31.04	31.94	31.49
22	1,265.35	1,262.40	1,263.88	29.15	28.99	29.07
25	1,173.98	1,196.08	1,185.03	23.64	25.05	24.34
28	1,128.58	1,134.00	1,131.29	20.56	20.94	20.75
30	1,089.85	1,129.63	1,109.74	17.74	20.64	19.19
34	1,072.42	1,082.38	1,077.40	16.40	17.17	16.79
38	1,053.51	1,067.91	1,060.71	14.90	16.05	15.48
42	1,041.46	1,055.13	1,048.30	13.92	15.04	14.48

ตาราง ผ.92 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,709.91	2,657.26	2,683.59	55.89	55.02	55.45
4	2,606.21	2,556.05	2,581.13	54.14	53.24	53.69
6	2,496.72	2,470.44	2,483.58	52.12	51.62	51.87
8	2,400.82	2,381.87	2,391.35	50.21	49.82	50.01
10	2,273.88	2,247.22	2,260.55	47.43	46.81	47.12
12	2,193.79	2,161.20	2,177.50	45.51	44.69	45.10
14	2,092.04	2,071.02	2,081.53	42.86	42.28	42.57
16	2,010.12	1,987.18	1,998.65	40.53	39.85	40.19
18	1,962.40	1,831.20	1,896.80	39.09	34.72	36.91
20	1,825.00	1,782.95	1,803.98	34.50	32.96	33.73
22	1,744.08	1,724.01	1,734.05	31.46	30.67	31.07
25	1,684.69	1,600.19	1,642.44	29.05	25.30	27.17
28	1,597.75	1,518.67	1,558.21	25.19	21.29	23.24
30	1,551.66	1,494.46	1,523.06	22.97	20.02	21.49
34	1,507.34	1,442.34	1,474.84	20.70	17.13	18.91
38	1,444.69	1,439.58	1,442.14	17.26	16.97	17.11
42	1,437.69	1,434.48	1,436.09	16.86	16.67	16.77

ตาราง ผ.93 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนผาผิวความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	612.29	606.14	609.22	51.19	50.70	50.95
4	577.11	548.68	562.90	48.22	45.54	46.88
6	536.02	507.36	521.69	44.25	41.10	42.68
8	496.31	477.51	486.91	39.79	37.42	38.60
10	459.53	435.25	447.39	34.97	31.34	33.16
12	423.89	401.35	412.62	29.50	25.54	27.52
14	393.87	391.95	392.91	24.13	23.76	23.94
16	384.00	377.56	380.78	22.18	20.85	21.52
18	376.81	358.23	367.52	20.69	16.58	18.64
20	370.68	349.27	359.98	19.38	14.44	16.91
22	364.48	345.18	354.83	18.01	13.43	15.72
25	352.10	341.70	346.90	15.13	12.55	13.84
28	348.75	336.01	342.38	14.31	11.07	12.69
30	346.37	334.17	340.27	13.73	10.58	12.15
34	339.85	331.20	335.53	12.07	9.77	10.92
38	336.78	330.07	333.43	11.27	9.46	10.37
42	334.97	329.88	332.43	10.79	9.41	10.10

ตาราง ผ.94 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,276.07	1,281.32	1,278.70	53.16	53.36	53.26
4	1,222.29	1,233.13	1,227.71	51.10	51.53	51.32
6	1,168.17	1,179.56	1,173.87	48.84	49.33	49.08
8	1,116.90	1,122.63	1,119.77	46.49	46.76	46.63
10	1,055.88	1,064.99	1,060.44	43.40	43.88	43.64
12	994.45	1,011.09	1,002.77	39.90	40.89	40.39
14	945.23	971.52	958.38	36.77	38.48	37.63
16	903.89	918.07	910.98	33.88	34.90	34.39
18	860.31	868.63	864.47	30.53	31.20	30.86
20	818.43	829.21	823.82	26.97	27.92	27.45
22	780.03	801.89	790.96	23.38	25.47	24.42
25	737.71	747.83	742.77	18.98	20.08	19.53
28	715.61	725.74	720.68	16.48	17.65	17.07
30	705.99	714.94	710.47	15.34	16.40	15.87
34	696.41	705.43	700.92	14.18	15.28	14.73
38	691.83	694.45	693.14	13.61	13.94	13.77
42	686.79	692.40	689.60	12.98	13.68	13.33

ตาราง ผ.95 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนผาผิวความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,964.45	1,930.46	1,947.46	54.36	53.56	53.96
4	1,889.53	1,864.23	1,876.88	52.55	51.91	52.23
6	1,807.13	1,772.77	1,789.95	50.39	49.42	49.91
8	1,744.67	1,681.73	1,713.20	48.61	46.69	47.65
10	1,651.87	1,620.85	1,636.36	45.72	44.68	45.20
12	1,586.94	1,545.59	1,566.27	43.50	41.99	42.75
14	1,548.16	1,465.04	1,506.60	42.09	38.80	40.44
16	1,462.40	1,379.56	1,420.98	38.69	35.01	36.85
18	1,363.98	1,322.05	1,343.02	34.27	32.18	33.22
20	1,283.43	1,270.89	1,277.16	30.14	29.45	29.80
22	1,234.38	1,227.94	1,231.16	27.37	26.99	27.18
25	1,182.35	1,176.36	1,179.36	24.17	23.78	23.98
28	1,132.45	1,120.33	1,126.39	20.83	19.97	20.40
30	1,106.36	1,096.32	1,101.34	18.96	18.22	18.59
34	1,082.94	1,073.50	1,078.22	17.21	16.48	16.84
38	1,077.80	1,067.03	1,072.42	16.81	15.97	16.39
42	1,075.21	1,063.17	1,069.19	16.61	15.67	16.14

ตาราง ผ.96 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาควางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,616.03	2,636.34	2,626.19	54.31	54.66	54.48
4	2,522.99	2,542.34	2,532.67	52.62	52.98	52.80
6	2,423.36	2,415.07	2,419.22	50.68	50.51	50.59
8	2,318.77	2,348.94	2,333.86	48.45	49.11	48.78
10	2,210.31	2,265.24	2,237.78	45.92	47.23	46.58
12	2,151.76	2,113.85	2,132.81	44.45	43.45	43.95
14	2,078.75	2,025.75	2,052.25	42.50	40.99	41.75
16	1,972.90	1,964.80	1,968.85	39.41	39.16	39.29
18	1,878.74	1,851.60	1,865.17	36.38	35.44	35.91
20	1,811.56	1,722.32	1,766.94	34.02	30.60	32.31
22	1,749.73	1,639.27	1,694.50	31.69	27.08	29.38
25	1,639.45	1,595.12	1,617.29	27.09	25.06	26.08
28	1,576.34	1,527.44	1,551.89	24.17	21.74	22.96
30	1,543.18	1,496.68	1,519.93	22.54	20.14	21.34
34	1,511.26	1,439.92	1,475.59	20.91	16.99	18.95
38	1,501.30	1,430.66	1,465.98	20.38	16.45	18.42
42	1,491.46	1,422.22	1,456.84	19.86	15.95	17.90

ตาราง ผ.97 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	54.27	54.27	54.27
2	585.92	619.03	602.48	45.37	48.29	46.83
4	507.76	545.87	526.82	36.96	41.36	39.16
6	476.11	503.24	489.68	32.77	36.39	34.58
8	454.60	474.75	464.68	29.58	32.57	31.08
11	395.71	420.97	408.34	19.10	23.96	21.53
13	364.99	386.29	375.64	12.30	17.13	14.71
15	346.61	371.59	359.10	7.65	13.85	10.75
18	337.58	358.90	348.24	5.18	10.81	7.99
21	333.80	344.62	339.21	4.10	7.11	5.61
24	321.49	333.44	327.47	0.43	4.00	2.21
27	322.03	330.99	326.51	0.60	3.29	1.94

ตาราง ผ.98 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันเป็นส่าปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันเป็นส่าปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	54.27	54.27	54.27
2	1,299.14	1,311.03	1,305.09	50.72	51.17	50.94
4	1,208.94	1,212.92	1,210.93	47.04	47.22	47.13
6	1,153.97	1,137.13	1,145.55	44.52	43.70	44.11
8	1,109.63	1,082.88	1,096.26	42.30	40.88	41.59
11	982.00	989.35	985.68	34.80	35.29	35.05
13	934.45	929.79	932.12	31.49	31.14	31.32
15	896.09	890.51	893.30	28.55	28.11	28.33
18	848.15	848.14	848.15	24.52	24.51	24.52
21	816.74	801.83	809.29	21.61	20.16	20.88
24	806.75	775.80	791.28	20.64	17.48	19.06
27	758.65	730.21	744.43	15.61	12.32	13.97

ตาราง ผ.99 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	54.27	54.27	54.27
2	1,959.60	1,998.27	1,978.94	50.99	51.94	51.47
4	1,808.12	1,862.96	1,835.54	46.89	48.45	47.67
6	1,725.06	1,792.97	1,759.02	44.33	46.44	45.38
8	1,635.37	1,755.64	1,695.51	41.28	45.30	43.29
11	1,589.91	1,573.52	1,581.72	39.60	38.97	39.28
13	1,532.11	1,491.04	1,511.58	37.32	35.59	36.46
15	1,466.34	1,433.16	1,449.75	34.51	32.99	33.75
18	1,408.41	1,332.79	1,370.60	31.81	27.95	29.88
21	1,307.80	1,244.36	1,276.08	26.57	22.83	24.70
24	1,235.75	1,183.11	1,209.43	22.29	18.83	20.56
27	1,176.82	1,120.80	1,148.81	18.40	14.32	16.36

ตาราง ผ.100 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	54.27	54.27	54.27
2	2,636.56	2,624.68	2,630.62	51.44	51.22	51.33
4	2,526.79	2,497.20	2,512.00	49.33	48.72	49.03
6	2,454.74	2,407.71	2,431.23	47.84	46.82	47.33
8	2,402.93	2,329.17	2,366.05	46.71	45.03	45.87
11	2,269.18	2,214.87	2,242.03	43.57	42.19	42.88
13	2,180.04	2,097.45	2,138.75	41.27	38.95	40.11
15	2,086.55	2,007.74	2,047.15	38.63	36.22	37.43
18	2,011.12	1,943.39	1,977.26	36.33	34.11	35.22
21	1,915.79	1,865.38	1,890.59	33.16	31.36	32.26
24	1,843.16	1,797.90	1,820.53	30.53	28.78	29.66
27	1,792.80	1,730.89	1,761.85	28.58	26.02	27.30

ตาราง ผ.101 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	54.27	54.27	54.27
2	588.95	594.34	591.65	45.65	46.14	45.89
4	505.22	517.42	511.32	36.64	38.13	37.39
6	459.65	473.59	466.62	30.36	32.41	31.38
8	427.39	447.58	437.49	25.10	28.48	26.79
11	370.42	389.28	379.85	13.58	17.77	15.68
13	349.16	365.48	357.32	8.32	12.41	10.37
15	338.94	353.67	346.31	5.56	9.49	7.52
18	329.60	339.94	334.77	2.88	5.83	4.36
21	322.67	341.09	331.88	0.79	6.15	3.47
24	314.55	331.28	322.92	-1.77	3.37	0.80
27	311.37	325.90	318.64	-2.81	1.78	-0.52

ตาราง ผ.102 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	54.27	54.27	54.27
2	1,303.88	1,283.72	1,293.80	50.90	50.13	50.51
4	1,214.44	1,196.25	1,205.35	47.28	46.48	46.88
6	1,153.94	1,140.18	1,147.06	44.52	43.85	44.18
8	1,706.40	1,079.34	1,392.87	62.48	40.68	51.58
11	1,004.04	954.19	979.12	36.24	32.90	34.57
13	937.50	897.51	917.51	31.71	28.67	30.19
15	707.47	856.96	782.22	9.51	25.29	17.40
18	845.73	829.99	837.86	24.30	22.86	23.58
21	810.23	707.34	758.79	20.98	9.49	15.24
24	789.95	777.54	783.75	18.95	17.66	18.31
27	745.84	738.39	742.12	14.16	13.30	13.73

ตาราง ผ.103 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	54.27	54.27	54.27
2	1,951.29	1,930.15	1,940.72	50.78	50.25	50.52
4	1,804.14	1,812.10	1,808.12	46.77	47.00	46.89
6	1,737.83	1,753.88	1,745.86	44.74	45.25	44.99
8	1,699.28	1,689.03	1,694.16	43.49	43.14	43.31
11	1,540.06	1,578.88	1,559.47	37.64	39.18	38.41
13	1,463.74	1,506.99	1,485.37	34.39	36.27	35.33
15	1,409.99	1,466.85	1,438.42	31.89	34.53	33.21
18	1,324.75	1,399.30	1,362.03	27.51	31.37	29.44
21	1,231.11	1,319.21	1,275.16	21.99	27.20	24.60
24	1,164.76	1,230.23	1,197.50	17.55	21.94	19.75
27	1,142.60	1,193.22	1,167.91	15.95	19.52	17.73

ตาราง ผ.104 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	54.27	54.27	54.27
2	2,623.30	2,586.89	2,605.10	51.19	50.50	50.85
4	2,513.15	2,434.37	2,473.76	49.05	47.40	48.23
6	2,428.40	2,355.37	2,391.89	47.27	45.64	46.45
8	2,376.36	2,308.41	2,342.39	46.12	44.53	45.32
11	2,244.12	2,149.77	2,196.95	42.94	40.44	41.69
13	2,161.54	2,061.01	2,111.28	40.76	37.87	39.32
15	2,051.35	1,945.37	1,998.36	37.58	34.18	35.88
18	2,000.70	1,868.85	1,934.78	36.00	31.49	33.74
21	1,883.18	1,781.67	1,832.43	32.01	28.13	30.07
24	1,799.50	1,702.11	1,750.81	28.84	24.77	26.81
27	1,742.29	1,636.26	1,689.28	26.51	21.75	24.13

ตาราง ผ.105 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	54.27	54.27	54.27
2	604.75	584.14	594.45	47.07	45.20	46.13
4	517.31	523.10	520.21	38.12	38.81	38.46
6	478.74	473.82	476.28	33.13	32.44	32.79
8	451.62	451.81	451.72	29.12	29.15	29.13
11	396.57	395.47	396.02	19.28	19.06	19.17
13	371.79	371.98	371.89	13.90	13.94	13.92
15	361.26	361.67	361.47	11.39	11.49	11.44
18	353.42	345.42	349.42	9.43	7.33	8.38
21	343.99	345.04	344.52	6.94	7.23	7.08
24	336.59	334.30	335.45	4.90	4.24	4.57
27	332.97	330.91	331.94	3.86	3.26	3.56

ตาราง ผ.106 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	54.27	54.27	54.27
2	1,305.21	1,248.45	1,276.83	50.95	48.72	49.83
4	1,222.82	1,157.27	1,190.05	47.64	44.68	46.16
6	1,170.86	1,107.91	1,139.39	45.32	42.21	43.77
8	1,107.84	1,058.30	1,083.07	42.21	39.50	40.86
11	1,017.04	971.53	994.29	37.05	34.10	35.58
13	955.10	913.54	934.32	32.97	29.92	31.44
15	901.81	870.48	886.15	29.01	26.45	27.73
18	869.44	813.32	841.38	26.36	21.28	23.82
21	739.58	703.03	721.31	13.43	8.93	11.18
24	807.36	767.52	787.44	20.70	16.59	18.64
27	769.44	733.89	751.67	16.79	12.76	14.78

ตาราง ผ.107 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	54.27	54.27	54.27
2	1,969.89	1,916.14	1,943.02	51.25	49.88	50.57
4	1,848.05	1,809.72	1,828.89	48.04	46.93	47.49
6	1,772.19	1,728.22	1,750.21	45.81	44.43	45.12
8	1,709.77	1,671.74	1,690.76	43.83	42.56	43.19
11	1,555.91	1,473.87	1,514.89	38.28	34.84	36.56
13	1,455.83	1,404.40	1,430.12	34.04	31.62	32.83
15	1,405.20	1,359.23	1,382.22	31.66	29.35	30.50
18	1,351.98	1,286.99	1,319.49	28.97	25.38	27.18
21	1,291.49	1,202.15	1,246.82	25.64	20.12	22.88
24	1,211.20	1,140.87	1,176.04	20.71	15.82	18.27
27	1,174.84	1,107.18	1,141.01	18.26	13.26	15.76

ตาราง ผ.108 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	54.27	54.27	54.27
2	2,615.12	2,632.72	2,623.92	51.04	51.36	51.20
4	2,499.82	2,523.30	2,511.56	48.78	49.26	49.02
6	2,429.71	2,453.44	2,441.58	47.30	47.81	47.56
8	2,383.47	2,407.05	2,395.26	46.28	46.80	46.54
11	2,235.63	2,263.72	2,249.68	42.73	43.44	43.08
13	2,163.68	2,181.36	2,172.52	40.82	41.30	41.06
15	2,073.52	2,034.22	2,053.87	38.25	37.05	37.65
18	1,991.79	1,971.22	1,981.51	35.71	35.04	35.38
21	1,882.45	1,832.44	1,857.45	31.98	30.12	31.05
24	1,777.54	1,743.46	1,760.50	27.97	26.56	27.26
27	1,729.75	1,697.57	1,713.66	25.98	24.57	25.27

ตาราง ผ.109 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	54.27	54.27	54.27
2	583.34	575.86	579.60	45.12	44.41	44.77
4	522.32	523.61	522.97	38.71	38.86	38.79
6	478.76	483.02	480.89	33.14	33.73	33.43
8	456.97	461.67	459.32	29.95	30.66	30.31
11	411.42	405.33	408.38	22.19	21.02	21.61
13	405.89	375.15	390.52	21.13	14.67	17.90
15	376.56	354.96	365.76	14.99	9.82	12.40
18	355.88	346.66	351.27	10.05	7.66	8.85
21	356.00	326.25	341.13	10.08	1.88	5.98
24	344.18	310.99	327.59	6.99	-2.93	2.03
27	338.83	306.35	322.59	5.52	-4.49	0.52

ตาราง ผ.110 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	54.27	54.27	54.27
2	1,285.51	1,287.00	1,286.26	50.20	50.25	50.23
4	1,198.27	1,222.50	1,210.39	46.57	47.63	47.10
6	1,147.42	1,160.61	1,154.02	44.20	44.84	44.52
8	1,102.39	1,093.35	1,097.87	41.92	41.44	41.68
11	976.15	985.69	980.92	34.41	35.05	34.73
13	926.96	933.62	930.29	30.93	31.43	31.18
15	886.92	888.06	887.49	27.82	27.91	27.86
18	849.38	855.75	852.57	24.63	25.19	24.91
21	723.19	741.10	732.15	11.47	13.61	12.54
24	792.28	806.85	799.57	19.19	20.65	19.92
27	750.08	763.72	756.90	14.65	16.17	15.41

ตาราง ผ.111 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	54.27	54.27	54.27
2	1,918.45	1,998.79	1,958.62	49.94	51.95	50.95
4	1,856.31	1,854.41	1,855.36	48.27	48.21	48.24
6	1,776.62	1,779.09	1,777.86	45.95	46.02	45.98
8	1,718.08	1,739.61	1,728.85	44.10	44.80	44.45
11	1,569.65	1,587.98	1,578.82	38.82	39.53	39.17
13	1,485.76	1,494.73	1,490.25	35.36	35.75	35.56
15	1,427.16	1,440.10	1,433.63	32.71	33.32	33.01
18	1,364.71	1,393.91	1,379.31	29.63	31.11	30.37
21	1,283.34	1,287.69	1,285.52	25.17	25.42	25.30
24	1,208.21	1,216.55	1,212.38	20.52	21.06	20.79
27	1,163.23	1,180.94	1,172.09	17.44	18.68	18.06

ตาราง ผ.112 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	54.27	54.27	54.27
2	2,610.88	2,601.84	2,606.36	50.96	50.79	50.87
4	2,468.31	2,488.79	2,478.55	48.12	48.55	48.34
6	2,381.25	2,422.59	2,401.92	46.23	47.15	46.69
8	2,311.24	2,365.18	2,338.21	44.60	45.86	45.23
11	2,135.04	2,200.67	2,167.86	40.03	41.82	40.92
13	2,065.62	2,116.80	2,091.21	38.01	39.51	38.76
15	1,964.32	2,269.87	2,117.10	34.82	43.59	39.20
18	1,876.12	1,925.14	1,900.63	31.75	33.49	32.62
21	1,764.32	1,810.16	1,787.24	27.43	29.26	28.34
24	1,678.44	1,719.67	1,699.06	23.71	25.54	29.65
27	1,610.40	1,635.02	1,622.71	20.49	21.69	26.34

ตาราง ผ.113 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	569.30	559.35	564.33	47.51	46.57	47.04
4	476.02	472.37	474.20	37.22	36.74	36.98
6	413.53	403.28	408.41	27.73	25.90	26.82
8	372.82	357.67	365.25	19.84	16.45	18.15
11	333.35	319.40	326.38	10.35	6.44	8.39
13	316.47	312.47	314.47	5.57	4.36	4.97
15	309.35	304.30	306.83	3.40	1.79	2.60
18	302.35	301.40	301.88	1.16	0.85	1.01
21	300.48	300.13	300.31	0.55	0.43	0.49
24	298.27	295.32	296.80	-0.19	-1.19	-0.69
27	295.92	292.24	294.08	-0.99	-2.26	-1.62

ตาราง ผ.114 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.23	57.24	57.23
2	1,209.16	1,202.14	1,205.65	50.48	50.28	50.38
4	1,066.10	1,086.06	1,076.08	43.83	44.97	44.40
6	956.32	976.18	966.25	37.38	38.78	38.08
8	867.35	887.21	877.28	30.96	32.64	31.80
11	774.24	794.20	784.22	22.66	24.75	23.70
13	728.81	748.43	738.62	17.84	20.14	18.99
15	713.75	693.71	703.73	16.11	13.85	14.98
18	685.12	664.98	675.05	12.60	10.12	11.36
21	665.76	655.63	660.70	10.06	8.84	9.45
24	660.36	650.21	655.29	9.32	8.08	8.70
27	657.58	648.77	653.18	8.94	7.88	8.41

ตาราง ผ.115 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,887.07	1,886.84	1,886.96	52.49	52.49	52.49
4	1,738.55	1,746.44	1,742.50	48.43	48.67	48.55
6	1,615.15	1,600.03	1,607.59	44.49	43.97	44.23
8	1,502.82	1,479.41	1,491.12	40.35	39.40	39.87
11	1,372.22	1,339.11	1,355.67	34.67	33.05	33.86
13	1,299.64	1,282.44	1,291.04	31.02	30.09	30.56
15	1,244.72	1,224.52	1,234.62	27.98	26.79	27.38
18	1,179.10	1,148.69	1,163.90	23.97	21.96	22.96
21	1,124.35	1,084.14	1,104.25	20.27	17.31	18.79
24	1,087.33	1,066.42	1,076.88	17.55	15.93	16.74
27	1,061.12	1,042.70	1,051.91	15.51	14.02	14.77

ตาราง ผ.116 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด < 2.5 cm บนถาดวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,588.16	2,537.91	2,563.04	53.82	52.90	53.36
4	2,416.74	2,334.79	2,375.77	50.54	48.80	49.67
6	2,192.90	2,182.95	2,187.93	45.49	45.24	45.37
8	2,031.29	2,011.34	2,021.32	41.15	40.57	40.86
11	1,845.95	1,835.40	1,840.68	35.25	34.87	35.06
13	1,771.46	1,741.42	1,756.44	32.52	31.36	31.94
15	1,695.77	1,675.87	1,685.82	29.51	28.67	29.09
18	1,592.07	1,571.92	1,582.00	24.92	23.96	24.44
21	1,535.67	1,475.63	1,505.65	22.16	19.00	20.58
24	1,492.27	1,442.32	1,467.30	19.90	17.13	18.51
27	1,447.61	1,431.08	1,439.35	17.43	16.47	16.95

ตาราง ผ.117 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	570.19	564.14	567.17	47.59	47.03	47.31
4	491.35	486.41	488.88	39.18	38.56	38.87
6	443.89	433.87	438.88	32.68	31.12	31.90
8	414.14	393.49	403.82	27.84	24.06	25.95
11	371.84	365.74	368.79	19.63	18.29	18.96
13	364.35	347.66	356.01	17.98	14.05	16.01
15	349.89	339.95	344.92	14.59	12.10	13.34
18	334.27	330.34	332.31	10.60	9.54	10.07
21	324.15	326.51	325.33	7.81	8.48	8.14
24	320.14	322.10	321.12	6.66	7.22	6.94
27	316.51	316.23	316.37	5.59	5.50	5.54

ตาราง ผ.118 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,237.44	1,208.15	1,222.80	51.70	50.53	51.12
4	1,056.85	1,046.53	1,051.69	43.45	42.89	43.17
6	972.16	918.83	945.50	38.52	34.95	36.74
8	878.74	838.79	858.77	31.99	28.75	30.37
11	806.81	766.53	786.67	25.92	22.03	23.98
13	753.42	743.37	748.40	20.67	19.60	20.14
15	745.55	695.15	720.35	19.84	14.02	16.93
18	718.75	668.25	693.50	16.85	10.56	13.71
21	681.04	659.81	670.43	12.24	9.42	10.83
24	675.32	649.12	662.22	11.50	7.93	9.71
27	673.67	646.44	660.06	11.28	7.55	9.41

ตาราง ผ.119 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.30	57.30	57.30
2	1,934.06	1,934.66	1,934.36	53.63	53.65	53.64
4	1,795.22	1,775.52	1,785.37	50.05	49.49	49.77
6	1,697.49	1,687.55	1,692.52	47.17	46.86	47.01
8	1,610.03	1,600.44	1,605.24	44.30	43.97	44.13
11	1,515.58	1,473.34	1,494.46	40.83	39.13	39.98
13	1,418.04	1,408.12	1,413.08	36.76	36.31	36.54
15	1,362.97	1,343.36	1,353.17	34.20	33.24	33.72
18	1,281.57	1,261.66	1,271.62	30.02	28.92	29.47
21	1,215.37	1,195.54	1,205.46	26.21	24.99	25.60
24	1,166.67	1,156.56	1,161.62	23.13	22.46	22.80
27	1,158.13	1,138.32	1,148.23	22.57	21.22	21.89

ตาราง ผ.120 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 2.5-3.0 cm บนภาตวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,641.89	2,651.88	2,646.89	54.76	54.93	54.84
4	2,507.58	2,497.57	2,502.58	52.33	52.14	52.24
6	2,389.75	2,355.34	2,372.55	49.98	49.25	49.62
8	2,258.28	2,218.27	2,238.28	47.07	46.11	46.59
11	2,106.77	2,031.76	2,069.27	43.26	41.17	42.22
13	1,969.92	1,979.91	1,974.92	39.32	39.63	39.47
15	1,888.42	1,878.41	1,883.42	36.70	36.37	36.53
18	1,793.82	1,773.81	1,783.82	33.36	32.61	32.99
21	1,724.87	1,704.86	1,714.87	30.70	29.89	30.29
24	1,601.16	1,697.15	1,649.16	25.35	29.57	27.46
27	1,591.76	1,681.28	1,636.52	24.91	28.90	26.90

ตาราง ผ.121 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนถาดวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	580.55	582.50	581.53	48.53	48.70	48.61
4	499.53	501.58	500.56	40.18	40.42	40.30
6	439.13	459.47	449.30	31.95	34.96	33.46
8	406.94	419.27	413.11	26.57	28.73	27.65
11	376.18	377.46	376.82	20.56	20.83	20.70
13	361.83	356.79	359.31	17.41	16.24	16.83
15	349.58	343.63	346.61	14.52	13.04	13.78
18	338.81	331.26	335.04	11.80	9.79	10.80
21	330.78	326.33	328.56	9.66	8.43	9.04
24	325.30	321.66	323.48	8.14	7.10	7.62
27	321.98	318.83	320.41	7.19	6.27	6.73

ตาราง ผ.122 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนถาดวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1400.00	1400.00	1400.00	57.31	57.31	57.31
2	1238.74	1238.96	1238.85	51.75	51.76	51.76
4	1097.28	1087.17	1092.23	45.53	45.03	45.28
6	970.25	958.93	964.59	38.40	37.67	38.04
8	887.98	867.83	877.91	32.69	31.13	31.91
11	806.22	786.21	796.22	25.87	23.98	24.93
13	766.10	745.99	756.05	21.99	19.88	20.94
15	736.73	715.22	725.98	18.88	16.44	17.66
18	699.28	690.02	694.65	14.53	13.39	13.96
21	678.70	669.71	674.21	11.94	10.76	11.35
24	677.42	663.13	670.28	11.77	9.87	10.82
27	672.19	661.86	667.03	11.09	9.70	10.39

ตาราง ผ.123 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	1,945.59	1,965.74	1,955.67	53.92	54.39	54.16
4	1,808.87	1,839.02	1,823.95	50.44	51.25	50.85
6	1,723.08	1,732.88	1,727.98	47.97	48.27	48.12
8	1,631.65	1,651.83	1,641.74	45.06	45.73	45.39
11	1,520.03	1,549.83	1,534.93	41.02	42.16	41.59
13	1,451.42	1,471.47	1,461.45	38.23	39.08	38.65
15	1,394.32	1,404.06	1,399.19	35.70	36.15	35.93
18	1,297.31	1,322.93	1,310.12	30.90	32.23	31.57
21	1,215.22	1,275.00	1,245.11	26.23	29.69	27.96
24	1,186.52	1,218.88	1,202.70	24.44	26.45	25.45
27	1,176.78	1,186.69	1,181.74	23.82	24.45	24.14

ตาราง ผ.124 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.0-3.5 cm บนภาตวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,720.45	2,710.85	2,715.65	56.06	55.91	55.98
4	2,567.47	2,547.87	2,557.67	53.44	53.09	53.26
6	2,440.73	2,420.93	2,430.83	51.03	50.63	50.83
8	2,310.50	2,270.96	2,290.73	48.27	47.36	47.82
11	2,136.12	2,102.86	2,119.49	44.04	43.16	43.60
13	2,047.39	2,015.06	2,031.23	41.62	40.68	41.15
15	1,968.22	1,938.75	1,953.49	39.27	38.35	38.81
18	1,841.34	1,811.86	1,826.60	35.08	34.03	34.56
21	1,752.90	1,699.89	1,726.40	31.81	29.68	30.75
24	1,689.14	1,650.06	1,669.60	29.23	27.56	28.40
27	1,655.26	1,619.74	1,637.50	27.79	26.20	26.99

ตาราง ผ.125 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาตวางความสูง 2 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	700.00	700.00	700.00	57.31	57.31	57.31
2	582.69	592.69	587.69	48.72	49.58	49.15
4	491.72	502.72	497.22	39.23	40.56	39.89
6	436.84	446.84	441.84	31.59	33.12	32.36
8	397.90	408.90	403.40	24.90	26.92	25.91
11	360.62	378.62	369.62	17.13	21.07	19.10
13	348.80	359.80	354.30	14.33	16.95	15.64
15	335.11	349.11	342.11	10.83	14.40	12.61
18	332.17	338.17	335.17	10.04	11.63	10.84
21	326.89	332.89	329.89	8.58	10.23	9.41
24	323.10	329.70	326.40	7.51	9.36	8.44
27	320.20	327.04	323.62	6.67	8.63	7.65

ตาราง ผ.126 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาตวางความสูง 4 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	1,400.00	1,400.00	1,400.00	57.31	57.31	57.31
2	1,254.15	1,244.15	1,249.15	52.35	51.96	52.15
4	1,101.50	1,085.50	1,093.50	45.74	44.94	45.34
6	1,011.41	963.41	987.41	40.91	37.96	39.44
8	930.27	890.27	910.27	35.75	32.87	34.31
11	826.64	806.64	816.64	27.70	25.91	26.80
13	787.62	767.62	777.62	24.12	22.14	23.13
15	755.57	740.57	748.07	20.90	19.30	20.10
18	720.66	712.66	716.66	17.07	16.14	16.60
21	700.63	680.63	690.63	14.70	12.19	13.44
24	681.45	669.45	675.45	12.30	10.72	11.51
27	679.02	664.91	671.97	11.98	10.11	11.05

ตาราง ผ.127 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาตวางความสูง 6 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,100.00	2,100.00	2,100.00	57.31	57.31	57.31
2	2,050.98	2,020.99	2,035.99	56.29	55.64	55.96
4	1,907.57	1,888.29	1,897.93	53.00	52.52	52.76
6	1,792.98	1,762.33	1,777.66	49.99	49.13	49.56
8	1,674.42	1,644.21	1,659.32	46.45	45.47	45.96
11	1,511.16	1,481.31	1,496.24	40.67	39.47	40.07
13	1,463.17	1,395.30	1,429.24	38.72	35.74	37.23
15	1,377.12	1,357.37	1,367.25	34.89	33.95	34.42
18	1,307.66	1,284.91	1,296.29	31.44	30.22	30.83
21	1,259.81	1,239.46	1,249.64	28.83	27.66	28.25
24	1,229.13	1,219.48	1,224.31	27.06	26.48	26.77
27	1,226.37	1,208.88	1,217.63	26.89	25.83	26.36

ตาราง ผ.128 ข้อมูลผลการอบแห้งของมันสำปะหลังเส้นขนาด 3.5-4.0 cm บนภาตวางความสูง 8 cm
อบแห้งมันสำปะหลังเส้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (h)	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความชื้น (%w.b.)		ความชื้นเฉลี่ย (%w.b.)
	1	2		1	2	
0	2,800.00	2,800.00	2,800.00	57.31	57.31	57.31
2	2,728.06	2,718.03	2,723.05	56.18	56.02	56.10
4	2,618.41	2,598.03	2,608.22	54.35	53.99	54.17
6	2,442.62	2,432.09	2,437.36	51.06	50.85	50.96
8	2,313.90	2,284.90	2,299.40	48.34	47.69	48.01
11	2,143.19	2,113.19	2,128.19	44.23	43.44	43.83
13	2,027.98	2,008.08	2,018.03	41.06	40.47	40.77
15	1,960.51	1,895.11	1,927.81	39.03	36.93	37.98
18	1,884.99	1,764.99	1,824.99	36.59	32.28	34.43
21	1,753.70	1,729.30	1,741.50	31.84	30.88	31.36
24	1,716.80	1,682.29	1,699.55	30.38	28.95	29.67
27	1,676.14	1,661.92	1,669.03	28.69	28.08	28.38