



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การพัฒนาอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับมันเส้น

Development of solar tunnel dryer for Cassava chip

จิรวัดน์ สิริพัฒนามสมบัติ ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล*

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

Jirawat Siripattanasombut Sirisak Choedkiatphon*

Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering at Kamphaeng Sean Kasetsart University Nakhon Phanom 73140

* Corresponding author.

E-mail: jimodily@gmail.com; Telephone: 0 83315 1541

วันที่รับบทความ 28 สิงหาคม 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 20 กันยายน 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 7 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 3 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งมันเส้น เป็นงานวิจัยที่ผู้พัฒนาเล็งเห็นถึงปัญหาของการตากแห้งมันเส้นแบบดั้งเดิม จึงนำมาศึกษาและออกแบบพัฒนาอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่แก้ไขปัญหาได้เช่น มลพิษฝุ่นที่มาจากตากแห้ง สภาพฝนฟ้าคะนองที่รบกวนการตากแห้ง และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งให้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยสามารถลดระยะเวลาการตากแห้งได้ 5 hr หรือคิดเป็น 30 % ของเวลาที่ใช้ตากแห้งทั้งหมดเมื่อเทียบกับวิธีเดิม สามารถทำอุณหภูมิภายในอุโมงค์อบแห้งได้มากถึง 58.8 °C หรือคิดเป็น 54.33 % ของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งแบบดั้งเดิม รูปทรงแผ่นเรียบที่มีความหนา 4 cm สามารถลดความชื้นของมันเส้นให้เหลือความชื้นสุดท้าย 20.06 % wb ในระยะเวลา 21 hr ระยะคืนทุนของอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ 0.9 ปี

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง มันเส้น อุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

Development of solar tunnel dryer for cassava chip is inspired by researcher who foresaw the problem of conventional method cassava drying and intend to solve challenges occurred along the process. The project can solve various problems such as dust pollution from drying, interfering weather conditions, and so on. Moreover, the solar tunnel dryer can increase the drying efficiency better than conventional method, It can reduce the drying time around 5 hours or 30% of the total drying time compared to the previous method, and can also make the air temperature inside the solar tunnel dryer as high as 58.8 °C or 54.33 % of the air temperature used in conventional method. Flat shape of cassava chip at thickness 4 cm was reduce the moisture content to 20.06 % wb in 21 hr and payback period of the solar drying tunnel is 0.9 years.

Keywords

Cassava; Cassava chip; solar tunnel

1. บทนำ

มันสำปะหลัง เป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยเนื่องจากมีพื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลังเป็น

อันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรียและบราซิล นอกจากนั้นยังเป็นประเทศที่มีการส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลกมาอย่างยาวนาน สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม [1] รายงานว่าการส่งออกผลิตภัณฑ์

มันสำปะหลังปี 2565 มีมูลค่าการส่งออก 130,812 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี 2564 ร้อยละ 5 ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 71,870.68 ล้านบาท ปัจจุบันผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ส่งออกสำคัญคือ มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศคู่ค้าที่สำคัญคือ จีน ไทยผลิตและส่งออกมันเส้นมีมูลค่าสูงถึง 29,833 ล้านบาท การผลิตมันเส้นให้มีมาตรฐานจึงมีความสำคัญเพื่อให้มีการเติบโตของยอดส่งออกของสินค้าต่อไป

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ได้ออกระเบียบว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานมันเส้นสะอาดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 [2] ทำให้ลานมันสำปะหลังหันมาสนใจการผลิตมันเส้นที่มีความชื้นไม่เกิน 13% โดยการตากแห้งแบบดั้งเดิมในปัจจุบันมีปัญหาทั้งฝนฟ้าคะนองที่รบกวนการตากแห้งทำให้มันเส้นเน่าบูดหรือขึ้นรา การตากและจัดเก็บบนพื้นลานคอนกรีตมีฝุ่นละอองจากมันเส้น ส่งผลกระทบต่อประชาชนใกล้เคียงลานมัน และดินทรายที่ปนมากับมันสำปะหลังและบนพื้นลาน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากเศษชิ้นมันบริเวณลานไหลลงท่อระบายน้ำชลประทาน ปริมาณชิ้นมันที่ทับถมกันจนส่งกลิ่นรบกวนพื้นที่โดยรอบลานมัน การพัฒนากระบวนการตากแห้งให้ดีและมีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงเป็นเรื่องสำคัญ

การพัฒนาอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (อุโมงค์อบแห้ง) นั้นมีงานวิจัยออกมาอย่างแพร่หลายตั้งแต่การสร้างไปใช้งานในครัวเรือนขนาดเล็กจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยมีขนาดตั้งแต่ความจุ 100 kg จนถึง 1,000 kg ขึ้นไปเช่น โรงเรือนอบแห้งกล้วยตากขนาด 1,000 kg [3] ที่สามารถลดระยะเวลาการตากแห้งจากการตากแห้งแบบดั้งเดิมได้จาก 4 วันเหลือเพียง 3 ตลอดจนมีการพัฒนานำพลังงานจากแหล่งอื่นมาเสริมเช่น [4] โรงเรือนอบแห้งได้นำแก๊ส liquefied petroleum gas (LPG) มาใช้สร้างพลังงานความร้อนเพิ่มเติมภายในอุโมงค์อบแห้ง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งได้ดีมากขึ้น จากปัญหาที่พบเจอในการตากมันสำปะหลังแบบดั้งเดิมของลานมันทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาจนนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดการอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กับการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น เพื่อให้ลานมันหรือผู้ประกอบการรายเล็กสามารถนำไปเป็นข้อมูลและใช้งานต่อยอดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สถานที่ทดลอง

อุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกติดตั้งที่ ลานมันก้องเกียรติ สาขา 1 ตำบล ท่าเคย อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

2.2 การออกแบบโครงสร้างและการคำนวณ

อุโมงค์อบแห้งบริเวณส่วนบนประกอบไปด้วยพลาสติก Polyethylene (PE) ความหนา 150 μm ติดตั้งบนพื้นคอนกรีต โดยในส่วนของโครงสร้างของอุโมงค์อบแห้งมีความกว้าง 4 m ความยาว 10 m และความสูง 1.8 m สามารถรองรับการอบแห้งมันสำปะหลังสดได้สูงสุด 400-500 kg แสดงในรูปที่ 1 โดยการคำนวณมาจากพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ระเหยน้ำออกจากมันสำปะหลังในสมการที่ 1

$$Q_{\text{drying}} = WC_p(T_d - T_a) + (m_w \lambda) \quad (1)$$

โดยที่ Q_{drying} คือพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง (kJ) W คือปริมาณมันเส้นที่ใช้ในการอบแห้ง (kg) C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$) T_d คืออุณหภูมิภายในอุโมงค์อบแห้ง ($^{\circ}\text{C}$) T_a อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$) m_w คือมวลของความชื้น (kg) และ λ คือ ความร้อนแฝงในการระเหยน้ำจำเพาะ (kJ/kg)

หลังจากทราบปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องใช้แล้วก็จะมาคำนวณหาพื้นที่การอบแห้ง โดยพื้นที่การอบแห้งของอุโมงค์อบแห้งจะแสดงในสมการที่ 2

$$A_c = \frac{Q_{\text{drying}}}{\eta H_T N_d} \quad (2)$$

โดยที่ A_c คือพื้นที่ที่ใช้ในการอบแห้ง (m^2) η คือประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน (%) H_T คือรังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีในแนวระนาบของพื้นผิว (kJ/m 2 -day) N_d คือจำนวนวันที่อบแห้ง (day)

ในส่วนของประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนกำหนดค่าอยู่ที่ 30 % และรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทยจากข้อมูล [5] ได้ระบุไว้ว่า

ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 18×10^3 kJ/m²-day โดยในเดือนเมษายน และพฤษภาคม มีรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ตกกระทบบนอยู่ที่ 24×10^3 kJ/m²-day จังหวัดที่มีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่จังหวัด นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี ตามลำดับ ดังนั้นกำหนดให้ใช้ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยในการคำนวณอยู่ที่ 18×10^3 kJ/m²-day โดยบริเวณด้านหลังของอุโมงค์อบแห้งได้ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 13 inch (MITSUBISHI, EX-30SH7T) กำลังไฟฟ้า 50 W เพื่อใช้ในการดูดอากาศออกจากอุโมงค์อบแห้งโดยพัดลมจะถูกควบคุมการเปิด-ปิดด้วยระบบควบคุมที่รับค่าข้อมูลมาจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ k type thermocouple และความชื้น (Primus, HM-004) ค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2 %RH ที่ถูกติดตั้งภายในอุโมงค์อบแห้งแสดงใน รูปที่ 2 โดยพัดลมจะทำงานก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ภายในอุโมงค์อบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกแตกต่างกันน้อยกว่า 15 %RH เนื่องจากการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องให้เกิดพลังงานความร้อนภายในอุโมงค์อบแห้งที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือ greenhouse effect หากพัดลมที่ใช้ดูดอากาศออกมากเกินไปจะทำให้ความร้อนภายในอุโมงค์อบแห้งนั้นลดลงไปด้วย จึงใช้ระบบการตรวจจับความชื้นภายในอุโมงค์อบแห้งให้สัมพันธ์กับการทำงานเปิด-ปิดของพัดลมดูดอากาศโดยมีกล่องควบคุมที่ภายในใช้ เพื่อยังคงสามารถรักษาสมดุลระหว่างความชื้นและความร้อนภายในอุโมงค์อบแห้ง กำหนดให้ความชื้นในอากาศไม่เกิน 95 %RH เพื่อไม่ให้ไอน้ำในอากาศอึดตัวจนไม่สามารถรับความชื้นเพิ่มได้



รูปที่ 1 อุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขณะกำลังอบแห้ง



รูปที่ 2 กล่องควบคุมพัดลมดูดอากาศและหน้าจอแสดงผล

2.3 วิธีการทดลอง

น้ำมันสำปะหลังด้วยเครื่องสับให้เป็นชิ้น โดยจะแบ่งเป็น 2 ชุดใบมีด ประกอบไปด้วยรูปทรงแผ่นเรียบและรูปทรงกระบอกแสดงใน รูปที่ 3 และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ประกอบไปด้วย การทดลองอบแห้งน้ำมันสำปะหลังด้วยอุโมงค์อบแห้ง และการตากแห้งแบบดั้งเดิม การทดลองจะถูกดำเนินการควบคู่กันไปเพื่อให้มีสภาพแวดล้อมเหมือนกันทั้งการทดลอง เงื่อนไขการทดลองจะมีระดับขั้นความหนาของการอบแห้ง และรูปทรงของน้ำมันสำปะหลังตามตารางที่ 1 การทดลองจะมีระยะเวลาทั้งหมด 3 วัน โดยจะเริ่มต้มน้ำมันที่เวลา 9:00 จนถึงเวลา 17:00 การอบแห้งมีการพลิกกลับของน้ำมันสำปะหลังเพื่อให้มีความสม่ำเสมอของการอบแห้งโดยจะพลิกทุก 1 hr ในช่วงเวลาทดลองจะมีการนำตัวอย่างน้ำมันสำปะหลังไปทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึกเพื่อหาความชื้นต่อไป



รูปที่ 3 น้ำมันสำปะหลังรูปทรงกระบอกและรูปทรงแผ่นเรียบ

ตารางที่ 1 การทดลองอบแห้งมันเส้นแต่ละรูปทรง

Parameter	Detail	Level
1	method	Conventional
		Solar tunnel
2	Shape	Cylindrical
		flat
3	thickness	4 cm
		8 cm
	Replication	2
	Total	16

2.4 การทดลองอบแห้งด้วยอุโมงค์อบแห้ง

น้ำมันสำปะหลังมาสับเป็นชิ้นแล้วนำมันเส้นมาใส่และเกลี่ยให้ทั่วทั้งพื้นที่การตากปริมาณรอบละ 500 kg ต่อครั้ง การทดลอง โดยความหนาของชิ้นที่ถูกทดลองจะมี 4 และ 8 cm แสดงในรูปที่ 4 เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 9:00 ถึง 17:00 โดยมีการนำมันสำปะหลังออกมาพลิกกลับทุกๆ 1 hr ในระหว่างการทดลองจะทำการสุ่มตัวอย่างปริมาณ 1000 g เพื่อนำไปเข้าการหาความชื้นของชิ้นมัน โดยใช้การทดลองหาความชื้นของมันสำปะหลังตามมาตรฐาน American society of agricultural engineers (ASAE) นำมันสำปะหลังพร้อมกับถ้วยฟลอยด์ใส่เข้าตู้อบแห้งลมร้อน (Binder, FD 115) ทำการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยอุณหภูมิ 103 °c เป็นเวลา 24 hr ตามมาตรฐานการหาความชื้น จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างและจดบันทึก



รูปที่ 4 ภายในอุโมงค์อบแห้งขณะอบแห้งมันเส้น

2.5 การทดลองอบแห้งด้วยการตากแห้งแบบดั้งเดิม

น้ำมันสำปะหลังเส้นที่ถูกสับแล้วมาทำการตากแห้งบริเวณลานคอนกรีตด้วยเครื่องโรยมันเส้นแบบดั้งเดิม โดยแบ่งเป็นช่องแสดงใน รูปที่ 5 โดยแต่ละการทดลองจะแตกต่างกันด้วยรูปทรง และ ความหนาของการทดลอง มีความหนา 4 และ 8 cm เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 9:00 ถึง 17:00 โดยระหว่างการทดลองจะมีการพลิกกลับคราดที่ใช้ตามการตากแห้งแบบดั้งเดิม ทุกๆ 1 hr ระหว่างการทดลองจะทำการสุ่มตัวอย่างปริมาณ 1000 g เพื่อนำไปเข้าการหาความชื้นของชิ้นมัน โดยใช้การทดลองหาความชื้นของมันสำปะหลังตามมาตรฐาน American society of agricultural engineers (ASAE) นำมันสำปะหลังพร้อมกับถ้วยฟลอยด์ใส่เข้าตู้อบแห้งลมร้อน (Binder, FD 115) ทำการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยอุณหภูมิ 103 °c เป็นเวลา 24 hr ตามมาตรฐานการหาความชื้น จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างและจดบันทึก



รูปที่ 5 การตากแห้งมันเส้นด้วยวิธีการดั้งเดิม

2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์

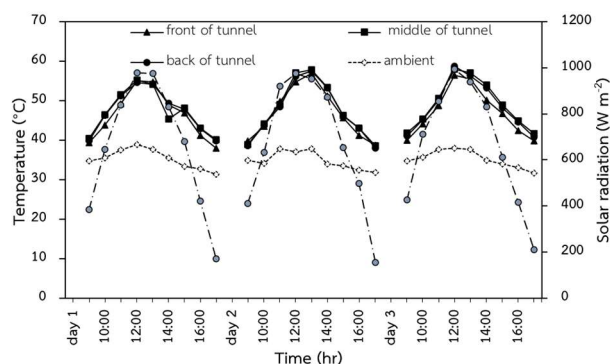
ในการทดลองจะประกอบไปด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ K-Type Thermocouple และเครื่องวัดความชื้น เนื่องจากภายในมันสำปะหลังมีกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid, HCN) ซึ่งทำให้อุปกรณ์ที่ไม่สามารถทนทานต่อกรดได้เสียหายเร็วหากวัสดุไม่แข็งแรงทนทานเพียงพอ โดยจะถูกติดตั้งภายในอุโมงค์อบแห้งทั้งหมด 3 ชุด คือบริเวณ ส่วนหน้า กึ่งกลาง และ ส่วนท้ายของอุโมงค์อบแห้ง และ อีก 1 ชุดบริเวณภายนอกอุโมงค์อบแห้งเพื่อเปรียบเทียบสภาพแวดล้อมขณะทำการอบแห้ง และทำการติดตั้งเครื่องวัดรังสีอาทิตย์บริเวณด้านข้างแปลงทดลอง โดยใช้เครื่องวัดรังสีอาทิตย์ (Kipp & Zonen,

model CM 11) โดยทั้ง 3 อุปกรณ์เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 9:00 ถึง 17:00 และเก็บข้อมูลทุก 1 hr

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 อุณหภูมิอากาศแต่ละตำแหน่งของอุโมงค์คอบแห้งและรังสีอาทิตย์

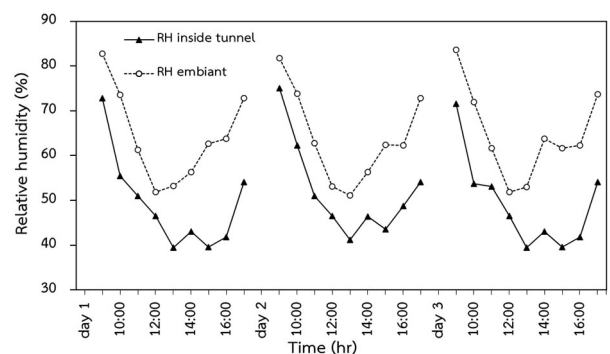
การทดลองเริ่มวันที่ 4 มีนาคม 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม 2564 อุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งสูงสุด 58.8 °C ณ เวลา 12:00 ในขณะที่อุณหภูมิภายนอก 37.94 °C สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 20.86 °C หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 54.98 % ซึ่งขณะนั้นรังสีอาทิตย์ที่วัดได้จากเครื่องวัดก็ทำใกล้เคียงจุดสูงสุดของวัน 994 W/m² และอุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งต่ำสุด 39.3 °C ณ เวลา 9:00 ในขณะที่อุณหภูมิภายนอก 34.71 °C สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 4.59 °C หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 13.22 % แสดงใน รูปที่ 6 ซึ่งขณะนั้นรังสีอาทิตย์ที่วัดได้จากเครื่องวัดก็ทำใกล้เคียงจุดต่ำสุดของวัน 155 W/m² โดยอุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งแต่ละตำแหน่งไม่แตกต่างกันมาก ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีอาทิตย์มีความต่อเนื่องอย่างมาก แตกต่างจากช่วงฤดูฝนที่มักจะมีกลุ่มก้อนเมฆมาบดบังเป็นระยะเวลานาน หรือเกิดฝนฟ้าคะนองจนไม่สามารถมีรังสีอาทิตย์เข้ามาในอุโมงค์คอบแห้งได้ส่งผลให้อุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งลดลง เป็นเหตุให้อุโมงค์คอบแห้งมีข้อจำกัดทางด้านความต่อเนื่องของพลังงาน



รูปที่ 6 อุณหภูมิอากาศแต่ละตำแหน่งภายในอุโมงค์คอบแห้งและรังสีอาทิตย์

3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในอุโมงค์คอบแห้ง

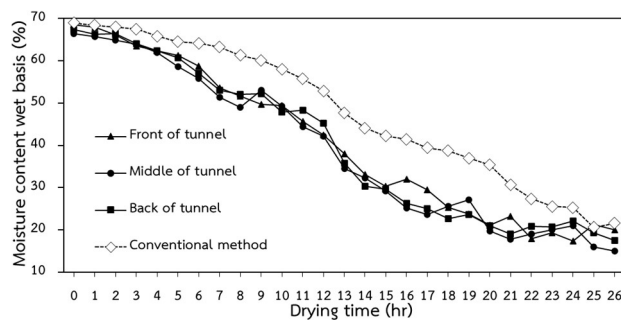
การทดลองเริ่มวันที่ 4 มีนาคม 2564 ถึงวันที่ 9 มีนาคม 2564 ความชื้นภายในอุโมงค์คอบแห้งมีความชื้นสูงสุด 75 %RH และความชื้นต่ำสุด 39.4 %RH โดยมีความชื้นเฉลี่ย 45.4 %RH ในขณะที่ความชื้นแวดล้อมสูงสุด 83.7 %RH และความชื้นต่ำสุด 51.1 %RH การทดสอบมีความชื้นแวดล้อมเฉลี่ย 64.4 %RH แสดงใน รูปที่ 7 ในช่วงเวลาแรกของการอบจะมีความชื้นสูงอยู่มาก เนื่องจากปริมาณความร้อนในช่วงเวลาเข้ามีอุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งไม่สูงมาก รวมทั้งความชื้นในอากาศก่อนเข้าอุโมงค์คอบแห้งมีค่าสูงอีกด้วย ทำให้ความแตกต่างระหว่างความชื้นภายในอุโมงค์คอบแห้งและความชื้นแวดล้อม 14.2 %RH และในช่วงที่อุณหภูมิภายในอุโมงค์คอบแห้งสูงขึ้นความชื้นภายในอุโมงค์คอบแห้งลดลงทำให้ความแตกต่างที่มีค่ามากที่สุด 23.2 %RH การอบแห้งมีค่าความต่างของความชื้นเฉลี่ย 14.2 %RH แสดงให้เห็นหากความชื้นภายในอุโมงค์คอบแห้งสูงเกินไปประสิทธิภาพในการลดความชื้นก็จะน้อยลงไปด้วย การลดความชื้นด้วยอุโมงค์คอบแห้งนั้นไม่สามารถใช้การระบายความร้อนแบบธรรมชาติได้ (natural convection) จึงจำเป็นต้องใช้พัดลมในการช่วยระบายความชื้นภายในอุโมงค์คอบแห้ง โดยกล่องควบคุมจะทำงานควบคู่ไปกับเซนเซอร์วัดความชื้น หากความชื้นภายในและภายนอกมีความแตกต่างกันน้อยกว่า 15 %RH ตัวกล่องควบคุมจะสั่งพัลลภระบายอากาศทำงานเพื่อระบายความชื้นที่อยู่ภายในอุโมงค์คอบแห้งออกป้องกันไอน้ำภายในเกิดควบแน่นเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บริเวณด้านบนของอุโมงค์คอบแห้ง แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลกระทบในฤดูฝนที่ความชื้นอากาศแวดล้อมมีค่าสูงมาก



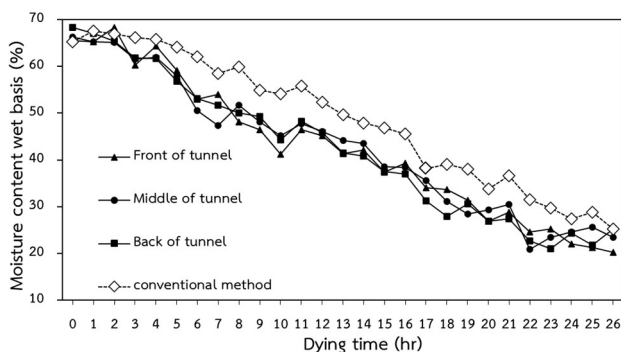
รูปที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในอุโมงค์คอบแห้งและอากาศแวดล้อม

3.3 การเปรียบเทียบอบแห้งโดยใช้อุโมงค์อบแห้งกับการตากแบบดั้งเดิม รูปทรงแผ่นเรียบ

การทดลองเริ่มวันที่ 4 มีนาคม 2564 ถึงวันที่ 9 มีนาคม 2564 ความหนาการตาก 4 cm ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยของม้เส้น 67.48 % wb อบแห้งใช้เวลาทั้งหมด 21 hr จนความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยของม้เส้นอยู่ในช่วง 20.06 % wb ในขณะที่การอบแห้งแบบดั้งเดิมใช้เวลาอบแห้ง 26 hr สามารถลดความชื้นไปได้ 21.6 % wb แสดงให้เห็นว่าอุโมงค์อบแห้งสามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้มากกว่า 5 hr แสดงใน รูปที่ 8 และการทดลองอบแห้งที่ความหนาการตาก 8 cm ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยของม้เส้น 66.70 % wb อบแห้งใช้เวลาทั้งหมด 23 hr จนความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยของม้เส้นอยู่ในช่วง 21.09 % wb ในขณะที่การอบแห้งแบบดั้งเดิมใช้เวลาอบแห้ง 26 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นไปได้ 25.23 % wb แสดงให้เห็นว่าอุโมงค์อบแห้งสามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้มากกว่า 3 hr แสดงใน รูปที่ 9



รูปที่ 8 อบแห้งรูปแผ่นเรียบที่ความหนา 4 cm

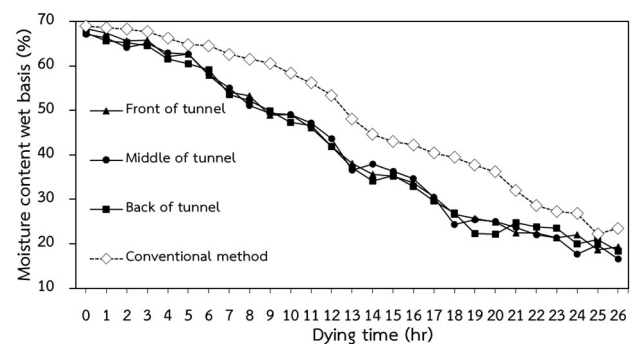


รูปที่ 9 อบแห้งรูปทรงแผ่นเรียบที่ความหนา 8 cm

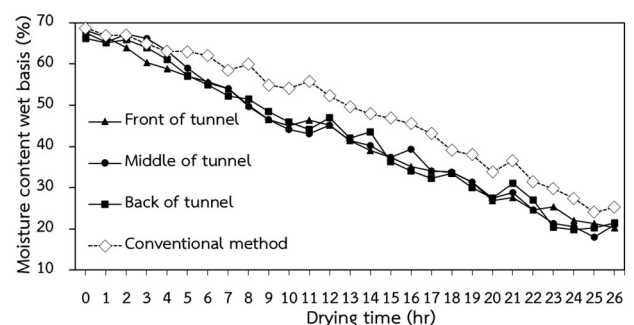
3.4 เปรียบเทียบการอบแห้งโดยใช้อุโมงค์อบแห้งกับการตากแบบดั้งเดิม รูปทรงกระบอก

การทดลองเริ่มวันที่ 10 มีนาคม 2564 ถึงวันที่ 12 มีนาคม 2564 ความหนาการตาก 4 cm ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยของม้เส้น

เส้น 67.64 % wb อบแห้งใช้เวลาทั้งหมด 23 hr จนความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยของม้เส้นอยู่ในช่วง 19.74 % wb ในขณะที่การอบแห้งแบบดั้งเดิมใช้เวลาอบแห้ง 26 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นได้ 22.21 % wb แสดงให้เห็นว่าอุโมงค์อบแห้งสามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้มากกว่า 3 hr แสดงใน รูปที่ 10 และการทดลองอบแห้งที่ความหนาการตาก 8 cm ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยของม้เส้น 67.25 % wb อบแห้งใช้เวลาทั้งหมด 24 hr จนความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยของม้เส้นอยู่ในช่วง 21.02 % wb ในขณะที่การอบแห้งแบบดั้งเดิมใช้เวลาอบแห้ง 26 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นไปได้ 25.23 % wb แสดงให้เห็นว่าอุโมงค์อบแห้งสามารถลดระยะเวลาอบแห้งได้มากกว่า 2 hr แสดงใน รูปที่ 11



รูปที่ 10 อบแห้งรูปทรงกระบอกที่ความหนา 4 cm



รูปที่ 11 อบแห้งรูปทรงกระบอกที่ความหนา 8 cm

3.5 ระยะเวลาคืนทุนอบแห้งอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ต้นทุนโครงสร้างของอุโมงค์อบแห้ง 15,000 บาท ระยะเวลาอบแห้ง 3 วันต่อ 1 รอบการอบแห้งภายใน 1 ปี สามารถอบแห้งได้ทั้งหมด 120 รอบต่อปี ปริมาณมันสำปะหลังที่ใช้ทั้งหมด 60,000 kg ต้นทุนค่ามันสำปะหลังทั้งปีอยู่ที่ 132,000 บาท อบแห้งแล้วเหลือมันเส้น 24,000 kg ขายมัน

เส้นได้เป็นเงิน 168,000 บาท ค่าใช้จ่ายผันแปร 18,250 บาท ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,210 บาทต่อปี กำไรต่อปี 16,540 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนของอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ 0.9 ปี

4. สรุป

จากผลการทดลองพบว่าอุโมงค์อบแห้งสามารถสร้างอุณหภูมิได้สูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม 20.86°C หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 54.98 % ความชื้นในอุโมงค์อบแห้งมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกเนื่องจากอุโมงค์อบแห้งสามารถทำความร้อนและระบายความชื้นออกได้โดยใช้พัดลม มีความชื้นเฉลี่ยแตกต่างกันอยู่ในช่วง 14.2 %RH แต่จำเป็นต้องใช้พัดลมเนื่องจากการระบายความชื้นโดยธรรมชาติไม่สามารถทำได้เนื่องจากความชื้นในอากาศมีค่าสูงมาก ส่วนรูปทรงที่ใช้อยู่อบแห้งความชื้นสุดท้ายไม่ได้มีค่าแตกต่างกัน แต่การอบแห้งในอุโมงค์สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งได้ 5 hr หรือคิดเป็น 30 % เมื่อใช้ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยที่ 19-22 % wb ทั้งนี้ค่าความชื้นสุดท้ายขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ซื้อ ความหนาของชิ้นการตากจะอยู่ที่ 4 cm เนื่องจากชิ้นมันเส้นมีการแห้งที่สม่ำเสมอมากกว่า โดยสรุปความร้อนจากรังสีอาทิตย์จะต่อเนื่องก็ต่อเมื่อไม่มีเมฆ หรือฝน พายุคะนองมารบกวนการอบแห้ง ดังนั้นในช่วงฤดูฝนจะมีความชื้นในอากาศสูงมากอีกทั้งไม่มีรังสีอาทิตย์มาสร้างความร้อนภายในอุโมงค์อบแห้ง แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้งานอุโมงค์อบแห้ง หากต้องการแก้ปัญหาในช่วงฤดูฝนหรือวันที่มีเมฆปกคลุมควรเพิ่มเติมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงอื่นๆเพื่อมาสร้างความร้อน เช่น การใช้ความร้อนจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นต้น และระยะคืนทุนของอุโมงค์อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ 0.9 ปี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไชยานุภูลภิตติ ป. *ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังส่งออกปี 2565*. In: สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม. 2565.
- [2] *การกำหนดคุณภาพและมาตรฐานมันเส้นสะอาด* [Internet] . 2544. Available from: <http://ocs.dft.go.th/LinkClick.aspx?fileticket=ZMbjtEqWgRk%3D&tabid=402&mid=807>.

- [3] Intawee P, Janjai S. Performance Evaluation of a Large-Scale Polyethylene Covered Greenhouse Solar Dryer. *International Energy Journal*. 2011;12:39-52.
- [4] Janjai S. A greenhouse type solar dryer for small-scale dried food industries: Development and dissemination. *International Journal of Energy and Environment*. 2012;3:383-98.
- [5] Chimres N, Wongwises S. Critical review of the current status of solar energy in Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016;58:198-207.