



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด
The Drying of Sweet Potato (*Ipomea batatas* Lamk poir)
Using Solar – Infrared Energy

โดย

ฐลัชา สามะ

ตัสนีม ยาโงะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด
The Drying of Sweet Potato (*Ipomea batatas* Lamk poir)
Using Solar – Infrared Energy

โดย
สุลีชา สามะ
ตัสนิม ยาโงะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ชื่อเรื่อง การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

ผู้ศึกษา นางสาวสุลิษา สามะ

นางสาวศันนิม ยาโงะ

หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์)

ปีการศึกษา 2553

ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อัสลิหะ สะนิโซ

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุคิง กาชา

อาจารย์อาบีดิน คะแซสามะ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการอบแห้งมันเทศทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ โดยนำมันเทศที่ตัดแล้วมาบรรจุในถาดขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$ แล้วนำมันเทศไปวางบนตะแกรงสำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดขนาดความกว้าง 29 cm และความยาว 44 cm พบว่า การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวความชื้นเริ่มต้น 206.73% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 19.77% d.b. การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 153.85, 224.40 และ 229.40% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 10.20, 13.09 และ 31.10% d.b. ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 60°C ความชื้นเริ่มต้น 169.65, 211.10 และ 266.70% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 15.30, 16.80 และ 45.20% d.b. ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70°C ความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 3.35, 5.20 และ 7.97% d.b. ตามลำดับ ในขณะที่การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 145.40, 157.40 และ 257.10% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 12.90, 13.40 และ 31.80% d.b. ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 60°C ความชื้นเริ่มต้น 186.20, 222.20 และ 237.30% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 8.15, 10.9 และ 46.4% d.b. ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70°C ความชื้นเริ่มต้น 180.50, 212.40 และ 218.0% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 5.3, 7.2 และ 9.0% d.b. ตามลำดับ และสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเทศ คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 70°C โดยจะเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 3.35, 5.20 และ 7.97% d.b. จากความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70% d.b.

คำสำคัญ: การอบแห้ง มันเทศ พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

Title The Drying of Sweet potato (*Ipomea batatas* Lamk. poir) Using Solar-Infrared Energy

Author Miss. Suleesa Sama

Miss. Tasnim Ya-goh

Degree Bachelor of Science (Physics)

Academic Year 2010

Advisor Mr. Eleeyah Saniso

Co-advisor Asst.Prof. Maruding Kasa

Mr. Adeeding dasaeamoh

Abstract

The objective of this research to study the drying rate of sweet potato. Sweet potato shape Rectangle of $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ put on the tray size $36 \times 27 \text{ cm}^2$. And the grill for roasting drying width 29 cm and length 44 cm using solar energy and solar-infrared energy. The drying of Sweet potato initial moisture content using solar energy of 206.73% d.b. The last remaining moisture of 19.77% d.b. The drying with infrared radiation alone at 50°C initial moisture content of 153.85, 224.40 and 229.40% d.b. Final moisture content of the remaining 10.20, 13.09 and 31.10% d.b. respectively. Temperature of 60°C at the initial moisture content of 169.65, 211.10 and 266.70% d.b. Final moisture content of the remaining of 15.30, 16.80 and 45.20% d.b. respectively. At temperature of 70°C and initial moisture content of 145.35, 255.10 and 287.70% d.b. Final moisture content remaining of 3.35, 5.20 and 7.97% d.b. respectively. While solar drying with infrared radiation at 50°C initial moisture content of 145.40, 157.40 and 257.10% d.b. Final moisture content of the remaining of 12.90, 13.40 and 31.80% d.b. respectively. At 60°C at the initial moisture content of 186.20, 222.20 and 237.30% d.b. Final moisture content remaining of 8.15, 10.9, and 46.4% d.b. respectively. At 70°C and initial moisture content of 180.50, 212.40, and 218.0% d.b. final moisture content of 5.3, 7.2 and 9.0% d.b. respectively. The sweet potato drying using infrared radiation at 70°C is the optimal conditions for drying the remaining final moisture content was 3.35, 5.20 and 7.97% d.b. From initial moisture content of 145.35, 255.10 and 287.70% db. respectively

Keyword: Drying, Sweet potato, Solar – Infrared Energy

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ อีลีหัยะ สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุดีง กาศา และอาจารย์อาบีดิน คะแซสามะ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินบำรุงการศึกษา ประจำปี พ.ศ. 2553 สถาบันวิจัยและพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สุลีซา สามะ

ตัสนีม ยาโงะ

1 ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ	17
3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ	17
3.2 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด	18
3.3 วิธีการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	24
4.1 การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	24
4.2 การอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด	26
4.3 การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด	27
บทที่ 5 สรุปผลอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง	33
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล	48
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล	57
ภาคผนวก ง อุปกรณ์ดำเนินงานวิจัย	60

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	7
2.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันของโมเลกุล	8
2.3 แหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรดและวัตถุเป้าหมาย	9
3.1 พลาสติกใสขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm	18
3.2 กระดาษใสขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm	18
3.3 กระดาษสติกเกอร์ขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm	19
3.4 สังกะสีทาสีดำขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm	19
3.5 เครื่องที่ปรับปรุงใหม่	20
3.6 เครื่องที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	20
3.7 การวัดอุณหภูมิในแต่ละจุด	21
4.1 แสดงการลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	24
4.2 โครงสร้างของผิวมันเทศในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	25
4.3 แสดงการลดความชื้นมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรด	26
4.4 โครงสร้างของผิวมันเทศในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด	27
4.5 แสดงการลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด	27
4.6 โครงสร้างของผิวมันเทศในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มันเทศเป็นพืชหัวใต้ดินเถาเลื้อยราบไปบนพื้นดิน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Ipomea batatas Lamk poir มีชื่อสามัญ Sweet potato ชื่อวงศ์ Convolvulaceae มันเทศมีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณเขตร้อนทวีปอเมริกา ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยังไม่มีหลักฐานแน่นอนว่ามีวิวัฒนาการมาจากพืชชนิดใด อย่างไรก็ตามมนุษย์ก็รู้จักปลูกมันเทศมานานกว่า 1,000 ปีมาแล้ว ในสมัยโบราณนั้นมันเทศเป็นอาหารหลักของมนุษย์สองเขต คือ พวกอินเดียนอเมริกากลาง และบริเวณเทือกเขาแอนดีส ประเทศเปรู พวกอินเดียนทั้งสองแหล่งนี้ปลูกข้าวโพดเพื่อใช้เป็นอาหารหลัก และในขณะเดียวกันก็ปลูกมันเทศด้วย อีกเขตหนึ่ง คือ ชนเผ่าโพลินีเซียนที่อาศัยอยู่บนหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิกและตอนเหนือของเกาะนิวซีแลนด์ เชื่อกันว่ามันเทศที่ชาวโพลินีเซียนปลูกกันในสมัยก่อนนั้น นำมาจากทวีปอเมริกาในคริสต์ศตวรรษที่ 16 หลังจากที่ชาวยุโรปค้นพบทวีปอเมริกา นักสำรวจชาวสเปนได้นำมันเทศไปสู่ประเทศสเปน จากประเทศก็แพร่ต่อไปยังประเทศอื่นๆในยุโรป ส่วนทางด้านเอเชีย ต้นมันเทศก็ถูกนำมายังอินเดีย ฟิลิปปินส์ จีนและญี่ปุ่น โดยนักสำรวจสเปนและโปรตุเกส ในปี พ.ศ. 2546/2547 ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ฟิลิปปินส์ อเมริกาใต้บางประเทศมีพื้นที่ปลูกมันเทศโดยเฉลี่ยรวม 30,905 ไร่ มีปริมาณผลผลิต 56,432 ตัน เฉลี่ยผลผลิต 1.82 ตัน/ไร่ และมีการพัฒนาทำธุรกิจแปรรูปมันเทศเพื่อทำเป็นแป้งมันเทศ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทำเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวมันเทศ ทำเป็นส่วนผสมอาหารเด็ก ทำเป็นแอลกอฮอล์ ทำเป็นสุรา ตลอดจนใช้เป็นอาหารว่าง ประเภทขนมขบเคี้ยวต่างๆมากมาย [1]

ส่วนในประเทศไทยเราสามารถปลูกมันเทศได้ทุกภาค และปลูกได้ตลอดปี โดยเฉพาะฤดูการทำนา เกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวแล้วจะไถพื้นที่ปลูกมันเทศ โดยไม่มีการรดน้ำอาศัยน้ำค้างในเวลากลางคืนเท่านั้น มันเทศก็จะลงหัวและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ จึงเป็นพืชหลังนาที่ใช้น้ำน้อยและน่าสนใจพืชหนึ่ง แหล่งปลูกมันเทศเพื่อการค้าที่สำคัญของไทย อยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา โขงโขลก เพชรบูรณ์ พิจิตร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น นครราชสีมา บุรีรัมย์ เลย สุรินทร์ อุรธานี อุบลราชธานี พระนครศรีอยุธยา ตราด ระยอง สระแก้ว ราชบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช ปัตตานี สงขลา สุราษฎร์ธานี พัทลุง ในปีพ.ศ. 2551/2552 เกษตรกร ต.เนินทราย และ ต.ท่าพริก ปลูกมันเทศจำนวน 1,790 ไร่ มีผลผลิตรวม 5,370 ตันหรือ 5,370,000 kg ซึ่งมากกว่าปี 2550/2551 [2]

มันเทศที่ปลูกในประเทศไทยมีการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค ประกอบอาหารคาวหวานเป็นหลัก เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตมันเทศได้ระหว่างช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกรกฎาคม จะได้ราคาที่ค่อนข้างดี แต่ผลผลิตออกในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายนราคาถูกลง มันเทศเป็นพืชที่เน่าง่าย เวลาที่เก็บขณะที่หัวมันอ่อน และถ้าหัวมันชื้นหรือมีบาดแผลจะเป็นทางนำเชื้อโรค ทำให้หัวเน่าง่ายเช่นเดียวกัน ฉะนั้นควรที่จะมีการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดเพื่ออบแห้งมันเทศเพื่อเก็บรักษามันเทศ ไม่ให้เปียกชื้น ทำให้หัวมันเทศแห้งและมีคุณภาพ สะอาด ไร้ฝุ่นละอองแมลงต่างๆและสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตให้สูงขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด จึงได้ปรับปรุงอุปกรณ์การทดลองขึ้นมาเพื่อทำการทดลองการอบแห้งมันเทศ ในการอบแห้งนี้สามารถที่จะถนอมอาหารให้บริโภคใช้เวลานานขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด
- 1.2.2 เพื่อหาอัตราการลดความชื้นมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การทำวิจัยในครั้งนี้มุ่งออกแบบและปรับปรุงเครื่องอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดและการหาความชื้นในการอบแห้งของมันเทศที่มีขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ โดยนำมันเทศที่ตัดแล้วนำมาวางบนถาดขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$ แล้วนำไปชั่งบนเครื่องชั่งความละเอียด 0.1 g จากนั้นนำไปอบในตู้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะทำให้การชั่งและวัดอุณหภูมิทุกๆ 20 min โดยแต่ละตัวอย่างจะต้องทำการทดลอง 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 จะเป็นการทดลองอบมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ครั้งที่ 2 จะเป็นการทดลองอบมันเทศด้วยแสงรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว ครั้งที่ 3 จะเป็นการทดลองอบมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด โดยใช้แสงรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ $50, 60$ และ 70°C จากนั้นนำมันเทศมาหาความชื้นสุดท้ายของมันเทศและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยต่อไป

1.3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรต้น คือ ความชื้นของมันเทศที่ใช้ในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

ตัวแปรตาม คือ ความชื้นที่ได้จากการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

1.4 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด จะต้องลดความชื้นได้ดีกว่าการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 มันเทศ (Sweet Potato) หมายถึง เป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่มีลักษณะกลมรีข้างในมีสีส้ม ซึ่งมันเทศที่ใช้ในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดนี้มีขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$

1.5.2 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) หมายถึง เป็นพลังงานความร้อนที่ส่งลงอินฟราเรด

1.5.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared) หมายถึง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีกำลังการใช้งาน 110 W ที่ใช้ในการอบแห้ง

1.5.4 การอบแห้ง (Drying) หมายถึง กระบวนการลดความชื้นของมันเทศ

1.5.5 พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด (Using Solar – Infrared Energy) หมายถึง เป็นพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ที่ส่งลงมายังเครื่องอบแห้งและเป็นพลังงานความร้อนที่ได้จากแท่งอินฟราเรดที่อยู่ภายในเครื่องอบแห้ง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้อุปกรณ์การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่เหมาะสม

1.4.2 ทราบอัตราการเปลี่ยนแปลงของควมชื้นในการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

1.4.3 ทราบแบบจำลองที่เหมาะสมในการหาอัตราการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

1.4.4 สามารถรักษาผลผลิตทางการเกษตรและทำให้เพิ่มมูลค่าให้แก่มันเทศของเกษตรกร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ กระบวนการลดความชื้นของวัสดุ ส่วนใหญ่จะใช้อุณหภูมิและความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยซึ่งถูกกำหนดโดยการถ่ายโอนความร้อน [3]

2.1.1.1 ค่าความชื้น (Moisture content, M) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุ ตามมาตรฐาน AOAC [2005] ความชื้นในวัสดุสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

- (1) ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, M_w) คำนวณได้ ดังนี้

$$M_w(\%) = \left(\frac{w-d}{w} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

- (2) ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, M_d) คำนวณได้ ดังนี้

$$M_d(\%) = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \quad (2.2)$$

2.1.1.2 อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเทียบกับความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาการอบแห้งดำเนินไปเป็นเวลาต่างๆ เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} \quad (2.3)$$

เมื่อถือว่าค่าความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมากๆ เทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น ($M_{eq} \ll M_0$) และความชื้นที่เวลาใดๆ ($M_{eq} \ll M_t$) จะทำให้สามารถเขียนสมการ (2.3) ได้ใหม่ ดังนี้

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (2.4)$$

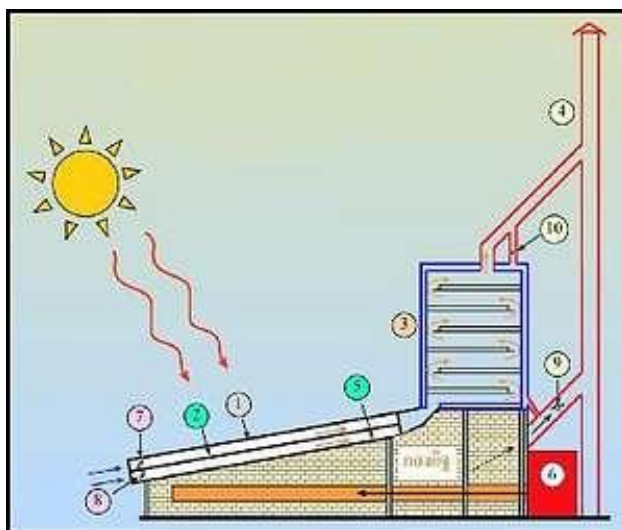
เมื่อ	M	คือ	ค่าความชื้น (% w.b.)
	w	คือ	มวลของวัสดุ (kg)
	d	คือ	มวลแห้งวัสดุ (kg)
	MR	คือ	อัตราส่วนความชื้น (%)
	t	คือ	เวลาเมื่อวัสดุถึงความชื้นวิกฤต (min)
	eq	คือ	ที่สมดุล

2.1.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน[4]

- การใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้หลักการเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนโดยใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งทำสีดำเพื่อให้การดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด
2. อากาศที่ไหลผ่านช่องข้างล่าง โดยการเปิดวาล์ว จะรับความร้อนจากแผ่นรับรังสีทำให้อุณหภูมิสูงประมาณ 50-60°C
3. จากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ในตู้อบ
4. ความร้อนถูกถ่ายเทให้แก่ผลิตภัณฑ์ และความชื้นจากผลิตภัณฑ์จะถูกดูดออกไปทางปล่องระบายที่ชั้นบนสุด [4]



ภาพที่ 2.1 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [4]

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ ใช้หลักการเกี่ยวกับการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ คือมีพื้นทาสีดำอากาศที่ไหลเข้ามาจะร้อนและลอยตัวผ่านผลิตผลที่นำมาอบให้แห้ง อากาศที่ร้อนจะพาความชื้นจากพืชผลออกไปที่ปล่องด้านบน เมื่ออากาศร้อนไหลออกไปจะเกิดช่องว่าง อากาศภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่วนเวียนเช่นนี้

- การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

2.1.2.1. การอบแห้งระบบ Passive

การอบแห้งระบบ Passive คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่

1. เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ
2. ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่เข้าอบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศขึ้น
3. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

2.1.2.2. การอบแห้งระบบ Active

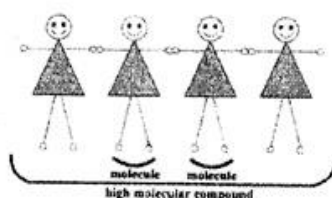
การอบแห้งระบบ Active คือ ระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบพัดลม จะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

2.1.2.3. การอบแห้งระบบ Hybrid

การอบแห้งระบบ Hybrid คือ ระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้ง จะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย [5]

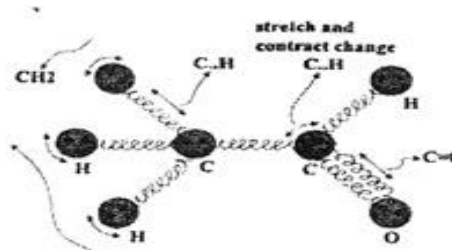
2.1.3 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงรังสีอินฟราเรด

การอบแห้งแบบนี้ ต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่นได้แสง หรืออินฟราเรด ที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำ ในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดูดกลืนเข้าไป และเกิดพลังงานความร้อนขึ้น จนไอน้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ การอบแห้งวิธีนี้ค่อนข้างรวดเร็วและสม่ำเสมอ มีหลักการทำความร้อน คือ ให้กำเนิดแสงอินฟราเรดและส่งไปยังวัตถุ โดยเป็นแสงคลื่นยาวที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตามนุษย์ ซึ่งรังสีคลื่นยาวนี้ จะทำให้โมเลกุลของวัตถุที่ได้รับรังสีนี้เข้าไปเกิดการสั่น ทำให้เกิดความร้อนขึ้น หลักการนี้จะมีประสิทธิภาพมาก เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ เรียงกันเป็นแถวยาว เช่น สี กาว อาหาร พลาสติก แล็กเกอร์ หน่วยเล็กที่สุดของวัตถุ คือ โมเลกุล ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของธาตุต่าง ๆ การที่วัตถุสามารถอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนได้ เนื่องจากโมเลกุลเหล่านั้นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ ดังรูป



ภาพที่ 2.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันของโมเลกุล [6]

อะตอมของวัสดุไฮโมเลกุล (โมเลกุลที่เกาะกันเป็นสายยาว เช่น สี พลาสติก ยาง) จะยึดเกาะกันคล้ายสปริง ซึ่งจะมีการสั่นอยู่บ้าง เมื่อวัสดุไฮโมเลกุลได้รับรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีความถี่ของคลื่นใกล้เคียงกับการสั่นของโมเลกุล จะส่งผลให้โมเลกุลต่าง ๆ มีการสั่นที่รุนแรงขึ้น เนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระมีพลังงานมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัววัตถุ ช่วงรังสีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำความร้อนกับวัตถุ คือ ช่วงรังสีคลื่นยาว คลื่นความยาวช่วงอื่นจะถือเป็นความสูญเสีย (เนื่องจากวิ่งทะลุวัตถุ หรือถูกสะท้อนกลับ) ดังนั้น Infrared Heater ที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้า ให้อยู่ในรูปของคลื่นอินฟราเรดให้มากที่สุด คือ ช่วง 3 – 10 mm องค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรด และวัตถุเป้าหมาย ในขณะที่การทำความร้อนด้วยวิธีการพา และการนำความร้อน จะเน้นที่ตัวกลาง [6]



ภาพที่ 2.3 แหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรด และวัตถุเป้าหมาย [5]

- ลักษณะของ Infrared Heater

การส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี (เหมือนกับที่ดวงอาทิตย์ส่งความร้อนมายังโลก) จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ ประหยัดไฟได้ 30-50% สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1-10 เท่า (การให้ความร้อนแบบการพาและการนำความร้อน จะทำให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิว แล้วค่อย ๆ ซึมเข้าไปเนื้อใน จึงใช้เวลานาน มีขนาดเล็กกว่าฮีทเตอร์แบบทั่ว ๆ ไป ทำให้ประหยัดเนื้อที่ การติดตั้ง และการถอดเปลี่ยนเพื่อซ่อมบำรุงง่าย มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากไม่มีเปลวไฟ ตัวเรือนมีความเป็นฉนวนสูง ไฟไม่รั่ว ให้รังสีช่วง 3 - 10 mm ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกือบทุกชนิดสามารถดูดซับรังสีได้ดี การประยุกต์ใช้งานใช้ในการอบแห้งต่าง ๆ เช่น สี แล็กเกอร์ กาว เมล็ดพันธุ์พืช, อีพอกซี ใช้กับอุตสาหกรรมพลาสติก อบพลาสติกให้อ่อนตัวก่อนนำไปเข้าเครื่องเป่า ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร ขนมันปัง เบเกอรี่ ใช้ในวงการแพทย์ เช่น การอบฆ่าเชื้อ ห้องอบเด็กทารก ใช้กับอุตสาหกรรมเคลือบผิวต่าง ๆ เช่น เคลือบสี ผิว เซรามิก มีรามีน

- ข้อควรระวัง

1. การให้ความร้อนแบบอินฟราเรด สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ตัววัตถุจะต้องดูดซับรังสีได้ดี ดังนั้น วัตถุบางชนิดที่มีผิวมันวาว หรือมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ดีจะไม่เหมาะกับการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้

2. ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิ พยายามวางหัววัตถุอุณหภูมิให้ใกล้วัตถุมากที่สุด หรือใช้หัววัตถุอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

ตารางที่ 2.1 แสดงฮีทเตอร์รุ่น IHH ขนาด ϕ 14 mm

Model	Length mm.		Voltage	Wattage
	Projection	Full	V	W
IHH ϕ 14 mm ติดตั้งเฉพาะในแนวนอน 	250	370	110 V	300 W
	300	420	110 V	350 W
	300	420	220 V	500 W
	350	470	110 V	400 W
	350	470	220 V	450 W
	500	620	110 V	550 W
	600	720	220 V	650 W
	750	870	220 V	800 W

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีระศักดิ์ (2552) ได้ศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ห้องอบแห้งขนาด $1 \times 1 \times 0.7 \text{ m}^3$ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบขนาด $3 \times 1 \text{ m}^2$ ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องรูปตัววี โดยใช้อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.04 kg/s ผลผลิตที่ใช้ในการอบแห้ง คือ มะเขือเทศราชินีแช่ อิม โดยมีความชื้นเริ่มต้น $91\% \text{ d.b.}$ ทำการอบแห้งครั้งละ 5 kg จำนวน 4 ถาดๆ ละ 1.25 kg จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ $40.30\% \text{ d.b.}$ จากการทดลองพบว่าในช่วงเวลา 9.00 - 17.00 นาฬิกา ของวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใสอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 47.0°C และมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.10°C โดยมีประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 56.23% และมีประสิทธิภาพเชิง

ความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 16.90% เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบมะเขือเทศราชินีแช่แข็งในเวลา 24 h ในขณะที่ตากแดดตามธรรมชาติใช้เวลาถึง 48 h [7]

พิชชาภรณ์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งชาใบหม่อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวร่วมกับการพาอากาศ ซึ่งชาใบหม่อนทำมาจากใบหม่อนโดยใช้วิธีมาตรฐานในการผลิตชาใบหม่อน ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ การล้าง การคั่ว และการอบแห้ง โดยในขั้นตอนการอบแห้งได้ศึกษาปัจจัยการอบแห้งคือ ความเข้มของรังสีอินฟราเรดคลื่นยาวในระดับ 2, 3 และ 4 kW/m² อุณหภูมิอากาศแห้ง 40°C และเวลาในการอบแห้งคือ 30 และ 60 min และศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้น สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 9- point hedonic scale ทดสอบด้วยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 33 คน ผลการทดลองพบว่า ชาใบหม่อนที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดคลื่นยาว ความชื้นจะลดลงเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่อง Hot air และมีค่าความชื้นน้อยกว่า 7% w.b. ในทุกสภาวะการอบ ส่วนสีของชาใบหม่อน การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดคลื่นยาวเป็นเวลา 30 min มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการอบ 60 min ซึ่งการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดคลื่นยาวเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้อยกว่าการอบแห้งด้วยเครื่อง Hot air และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทุกสภาวะการอบ จากงานวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบชาใบหม่อนคือ ความเข้มของรังสีอินฟราเรดคลื่นยาวในระดับ 4 kW/m² ความเร็วของอากาศ 4 m/s อุณหภูมิอากาศ 40°C [8]

เทวรัตน์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาหาค่าความชื้นสมดุลและจลศาสตร์การอบแห้งของไพล ความชื้นสมดุลของไพลหาได้โดยวิธีสถิติที่อุณหภูมิ 35 40 และ 50°C ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 0.06 ถึง 0.85 ส่วนการอบแห้งแบบชั้นบาง ทำการทดลองอบแห้งไพลด้วยเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิการอบแห้ง 40 และ 50°C อัตราการไหลของอากาศ 0.621 m³/s ผลจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันค่าความชื้นสมดุลของไพลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงขึ้นและแบบจำลอง Modified GAB ให้ค่าในการทำนายผลการทดลองความชื้นสมดุลได้ดีที่สุดสำหรับจลศาสตร์การอบแห้งของไพลพบว่า อัตราการอบแห้งของไพลอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงและ สมการของ Page สามารถอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งไพลแบบชั้นบางได้ดี [9]

ชูชาติ และ พิสิฐ (2549) ได้ศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งลำไย โดยหาค่าคงที่ในการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน เพื่อหาแนวทางการอบแห้งลำไยที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของลำไยที่ได้ภายหลังจากการอบแห้ง โดยการอบแห้งนั้นเป็นการอบแห้งลำไยพันธุ์อีดอ ให้เหลือความชื้นประมาณ 30% d.b. ส่วนลำไยที่ใช้จะมี 5 ตัวอย่าง คือ ลำไยปกติ ลำไยเจาะรู ลำไยคว้านเมล็ด ลำไยดัม ที่อุณหภูมิ 90°C ก่อนนำไปอบแห้ง

และลำไยอบไมโครเวฟทุก ๆ ครั้งที่มีการชั่งน้ำหนัก ซึ่งในการอบแห้งในโครงการนี้จะใช้ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เป็นอุปกรณ์หลักในการอบแห้ง โดยในการอบจะอบที่อุณหภูมิ 55°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20, 30% และอุณหภูมิ 70°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20, 30 และ 40% อุณหภูมิ 85°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20, 30 และ 40% โดยในการอบแต่ละครั้งจะมีการตรวจสอบคุณภาพของลำไยที่อบอยู่ตลอด จากผลการทดลองพบว่า ค่าคงที่ในการอบแห้งของลำไยจะแปรตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้ง พบว่า ในการอบแห้งลำไยที่ดีนั้น ควรอบที่อุณหภูมิ 70°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 20% โดยลำไยที่ใช้ควรเป็นลำไยปกติหรือลำไยต้ม จึงจะได้ลำไยที่มีคุณภาพดีที่สุด [10]

กอบพัชรกุลและคณะ (2549) ได้ศึกษาการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมกับเตาอบลมร้อน พบว่า ในการทำแห้งลำไยแผ่นที่มีความหนา 2.80 mm ด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีแดดจัดต้องใช้เวลาอบแห้ง 21 h จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 11.26% d.b. ส่วนการทำแห้งลำไยแผ่นแบบผสมโดยการนำลำไยแผ่นมาทำแห้งในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 8 h ในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แล้วทำแห้งต่อในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60-80°C เป็นเวลา 5-9 h ที่ความเร็วลมคงที่ 0.2 m/s เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณความชื้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยแผ่นมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งลำไยแผ่น คือ การทำแห้งในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่แดดจัดเป็นเวลา 8 h ในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์วันที่แดดจัด และอบจนแห้งในเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 73°C เป็นเวลา 8 h ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า และใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ [11]

ศิริศักดิ์ ศิริสมบุรณ์ (2548) ได้ศึกษาการอบแห้งตะไคร้โดยใช้พลังงานจากก๊าซชีววมวล (Producer Gas) ซึ่งศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต Producer Gas และสภาวะที่เหมาะสม ในการอบแห้งตะไคร้โดยที่จะนำเอาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต Producer Gas มาเป็นเงื่อนไขในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งตะไคร้ต่อไป ในงานวิจัยนี้ใช้ไม้ไผ่ข้าวหลามเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต Producer Gas เตาผลิตก๊าซเป็นแบบก๊าซไหลขึ้น Producer Gas ที่ผลิตได้นั้นประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซมีเทน (CH₄) เป็นส่วนมาก ในส่วนของการไหลของอากาศเข้าเตาผลิตก๊าซและในห้องอบแห้งเป็นแบบบังคับ โดยใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 750 W ให้ความเร็วของอากาศเข้าตู้อบแห้งอยู่ที่ความเร็ว 0.225 m/s ตู้ที่ใช้ออบแห้งมีขนาด 0.6 m³ ในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต Producer Gas นั้น ทำการทดลองที่อัตราการไหลของอากาศเข้าเตาเผา 1.17 x 10⁻³, 1.48 x 10⁻³, 1.78 x 10⁻³ และ 2.25 x 10⁻³ m³/s พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศเข้าเตาเผา 1.48 x 10⁻³ m³/s จะผลิตก๊าซ CO สูงที่สุดที่ 23% โดยค่าความร้อนของ Producer

Gas ทั้งหมดประมาณ 3, 111 kJ/m³ และการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยใช้เชื้อเพลิง ไม้ไผ่ข้าวหลาม 45 kg ทำการอบตะไคร้ น้ำหนัก 6 kg พบว่า สามารถลดความชื้นจาก 84% w.b. เหลือ 9% w.b. โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 6 h อุณหภูมิเฉลี่ยในการอบแห้งอยู่ที่ 80°C และการเปรียบเทียบคุณภาพสีของตะไคร้ที่ได้จากกระบวนการอบแห้งกับการทำแห้งโดยการผึ่งลมโดยไม่โดนแดดที่ความชื้น 14% w.b. พบว่า สีของตะไคร้แห้งที่ได้ไม่แตกต่างกัน และคุณภาพสีของ ตะไคร้ไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับตะไคร้ตามท้องตลาด [12]

วิรศักดิ์และคณะ (2548) ได้ศึกษาการอบด้วยเครื่องอบที่ประยุกต์ลักษณะการดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ สามารถนำมาใช้กับการถนอมอาหารโดยการทำแห้งได้ ขนาดที่ออกแบบ ขึ้นมานั้นเหมาะสำหรับใช้ในธุรกิจครอบครัว ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ทำการประมงที่มีผลผลิตมากเกิน ความต้องการของครอบครัว แทนที่จะนำไปขายในลักษณะของสด ก็สามารถที่จะถนอมอาหารโดย การตากแห้งโดยใช้เครื่องอบที่ดีนั้น นอกจากจะมีความรวดเร็วในการอบเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับการตากแห้งแบบธรรมดาแล้วยังสามารถป้องกันฝุ่นละอองที่พัดเข้ามา หรือแมลงโดยเฉพาะ แมลงวัน ซึ่งเป็นพาหะที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ นอกจากนี้ระบบควบคุมจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ พลังงานอื่นทดแทนได้ด้วยในกรณีที่ความร้อนไม่ถึง 40°C ขึ้นกับขนาดของวัสดุที่ใช้อบจากการ ทดลองพบว่าสามารถใช้ได้ดีกับปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ขนาดกลางถึงขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามในการทดลองใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางเลือกซึ่งจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ในการใช้งานในขณะฝนตกด้วย [13]

คันสนีย์ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งสตรอเบอรี่ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และความร้อนทิ้งจากคอนเดนเซอร์วัตุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการ ประยุกต์ใช้พลังงาน โดยการนำพลังงานความร้อนทิ้งจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศและ แสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกัน เพื่ออบแห้งสตรอเบอรี่และได้ทำการทดสอบหาสภาวะการทำงานที่ เหมาะสมของเครื่องอบแห้ง โดยมีหลักการทำงาน คือ การใช้พัดลมดึงอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสี อาทิตย์แบบแผ่นเรียบไหลมาผสมกับอากาศร้อนที่ระบายทิ้งออกจากคอนเดนเซอร์ของ เครื่องปรับอากาศและไหลผ่านขดลวดความร้อนก่อนเข้าไปที่ตู้อบ โดยจะติดตั้งเครื่องควบคุม อุณหภูมิ เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิอากาศภายในตู้อบสม่ำเสมอตลอดการอบแห้ง ทั้งนี้ การดำเนินงาน วิจัย ได้ออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย ตู้อบแห้งขนาด 0.6 x 0.9 x 0.5 m³ สามารถบรรจุผลผลิตกันได้ 5 ถาด ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ขนาดพื้นที่รับแสง 1.53 m เครื่องปรับอากาศขนาด 13,000 btu/h พัดลมดูดอากาศขนาด 0.5 แรงม้าขดลวดความร้อนขนาด 1000 w ซึ่งได้ทำการทดลองศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งสตรอเบอรี่ได้แก่ ระยะเวลาใน

การอบแห้ง อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศรวมถึงสัดส่วนของอากาศเวียนกลับเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน [14]

วิสุทธิ (2545) ได้ศึกษาเครื่องอบแห้งที่มีระบบควบคุมความชื้นเป็นเครื่องอบแห้งที่ทำการติดตั้งซิลิกาเจล เบด เพื่อลดความชื้นของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง โดยทำการติดตั้งซิลิกาเจล เบด ไว้ที่ด้านบน, ด้านตะวันตก และด้านตะวันออก ของเครื่องอบแห้ง เพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยที่ ซิลิกาเจล เบด แต่ละอันมีขนาดกว้าง 0.55 m ยาว 0.95 m และความหนาของซิลิกาเจล 0.01 m ตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 2.50 m^2 (กว้าง 1.00 m ยาว 2.50 m) เอียงทำมุม 17°C หันไปทางทิศใต้ เพื่อให้ได้รับพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์มากที่สุด ตู้อบแห้งมีขนาด กว้าง 0.85 m ยาว 1.00 m และสูง 1.65 m บรรจุถาด แสตนเลสจำนวน 8 ถาด แต่ละถาดมีขนาด กว้าง 0.70 m ยาว 0.87 m มีแหล่งความร้อนเสริมเป็นขดลวดความร้อนขนาด 1000 W จำนวน 3 เส้น และการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งเป็นแบบบังคับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 W [15]

โสธร (2538) วิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องอบแห้งต้นแบบที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวมวล (Producer gas) ซึ่งเครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมงในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยให้อากาศไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ 2.5 m^2 ที่วางอยู่บนตู้อบแห้งทำมุม 14°C กับแนวระนาบ สำหรับในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์จะใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซชีวมวล ซึ่งก๊าซที่เผาไหม้ได้มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 16,510 kJ การไหลเวียนของอากาศภายในห้องอบแห้งเป็นแบบบังคับโดยใช้พัดลมขนาด 760 W มีระบบปรับอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ได้ตามต้องการตู้ที่ใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ขนาด 0.6 m^3 ซึ่งสามารถวางถาดสำหรับอบแห้งกระเทียมได้ 8 ถาด ในการศึกษาหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของการอบแห้งกระเทียม โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล พบว่า สภาวะและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งกระเทียมหนัก 30 kg ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 67% มาตรฐานเปลือก จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 60% มาตรฐานเปลือก แบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 แบบ โดยกรณีแบบที่ 1 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานจากก๊าซชีวมวลเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55.6°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง และกรณีแบบที่ 2 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 45.4°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 15 ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 0.17 kg/s ทั้ง 2 กรณีเมื่อศึกษาถึงความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่า ในกรณีแบบที่ 1 และกรณีแบบที่ 2 มีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงาน 2 แหล่งที่เหมือนกัน คือ พลังงานความร้อนจากก๊าซชีว

มวลและพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ของพัดลมเป่าอากาศ แต่กรณีแบบที่ 2 ซึ่งใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมด้วยสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 49% ของพลังงานความสิ้นเปลืองทั้งหมด ซึ่งสรุปได้ว่า ในกรณีแบบที่ 2 นี้มีต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งต่อกิโลกรัมกระเทียมแห้ง 21.25 Baht/kg dried garlics, 16.44 Baht/kg dried garlics และ 13.02 Baht/kg dried garlics ระยะเวลาทำการอบแห้ง 60, 90 และ 140 วันต่อปี ตามลำดับ ต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้ง สำหรับการระเหยน้ำออกจากกระเทียมมีค่า 94.93 [16]

Kolawole and Oluwakemi (2553) การอบแห้งชิ้นมันเทศที่อุณหภูมิ (50-80 องศาเซลเซียส) และความหนา (5, 10 และ 5 mm.) ในการอบแห้งลักษณะของชิ้นมันเทศทำการศึกษาโมเดล Lewis, Henderson และ Pabis, การอบแห้ง ความชื้นและอัตราส่วนเวลาอบแห้ง โปรไฟล์ของโมเดลมีความสัมพันธ์สูง ($R^2 = 0.9864-0.9967$) ค่าสัมประสิทธิ์และรากเฉลี่ยกำลังสองต่ำ ข้อผิดพลาด (RMSE = 0.0018-0.0130) และไคสแควร์ ($\chi^2 = 3.446 \times 10^{-6}-1.03 \times 10^{-2}$) การอบแห้งมันเทศส่วนใหญ่ในช่วงอัตราการแห้งขึ้นกับอุณหภูมิของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (D_{eff}) ได้รับการอธิบายโดยความสัมพันธ์อาร์เรเนีย D_{eff} เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิความหนาและอากาศ D_{eff} ของมันเทศสดและตากขึ้นแตกต่างกันระหว่าง 6.36×10^{-11} - 1.78×10^{-9} และ 1.25×10^{-10} - $9.75 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับพลังงานการเปิดใช้งานสำหรับการแพร่ความชื้นของชิ้นอยู่ระหว่าง 11.1 และ 30.4 kJ mol^{-1} [17]

Dorota and Piotr (2550) เครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการได้รับการออกแบบในลักษณะที่แห้งสามารถทำได้เป็นอย่างดีหนึ่งกับพลังงานอินฟราเรดหรือโดยการพา มันถูกติดตั้งหม้อน้ำไกล์อินฟราเรดกับความยาวคลื่นสูงสุดที่ 1200 nm ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งอินฟราเรดอยู่ระหว่าง 35% และ 45% ชิ้นแอปเปิ้ลถูกทำให้แห้งด้วยพลังงานอินฟราเรดและโดยการพาภายใต้เงื่อนไขที่เทียบเท่าจนผลศาสตร์ของการอบแห้งอินฟราเรดได้ขึ้นอยู่กักระยะห่างระหว่าง emitters และพื้นผิวที่ผ่านการฉายรังสีความร้อนและความเร็วลม อบแห้งได้แปรผกผันกับทั้งระยะทางและความเร็วลม พบว่าทั้งพื้นผิวของชิ้นแอปเปิ้ลมีส่วนร่วมในการระเหยน้ำแต่พื้นผิวการฉายรังสีความร้อนระเหยน้ำมากขึ้นกว่าที่ไม่ร้อนด้วยพลังงานอินฟราเรดจนถึง 80% ของน้ำออกจากวัสดุ ในขั้นตอนสุดท้ายของการอบแห้งมีความแตกต่างระหว่างพื้นผิวด้านบนและด้านล่างของชิ้นแอปเปิ้ลไม่เท่าที่การไหลของน้ำระเหยเป็นห้วง [18]

Ponciano and Madamba (2546) การอบแห้งชิ้นบางของมะพร้าวอ่อนที่อุณหภูมิ 50-70°C และมีการไหลของอากาศของเอ็ม 0.25 s^{-1} ถูกใช้ในการอบแห้งตัวอย่างเช่นสารละลายน้ำตาล ความเข้มข้นสาม (40 , 50 และ 60°C BRIX)ระหว่างขั้นตอนการอบอบสโมคด้วยการพา การอบแห้งเป็นคนเดียวที่ให้บริการการควบคุมการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าความ

เข้มข้นของน้ำตาลและความหนาได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญอัตราการอบแห้งออสโมติกที่แสดงโดยความชื้นสุดท้ายของพวกเขาในขณะที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งและความหนาของแผ่นหินได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญอัตราการอบแห้งค่าเฉลี่ยและความเข้มข้นของน้ำตาลเป็นปัจจัยที่ไม่มีความสำคัญในระหว่างขั้นตอนการอบแห้งแบบพาความร้อน มีผลบังคับใช้การแพร่กระจายของน้ำในช่วงอากาศร้อนอบแห้งแตกต่างกัน $1.71-5.51 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ในช่วงอุณหภูมิการตรวจสอบกับพลังงานของการเปิดใช้งานเท่ากับ $1,173.0 \text{ kJ/kg}$ สามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ในงานวิจัยมีติดตั้งกับข้อมูลการทดลองกับรุ่นที่ให้การคาดการณ์ได้ดีกว่าแบบเดี่ยวหรือเพียงคู่แทนระยะขึ้นกับอุณหภูมิของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายได้รับการอธิบายที่น่าพอใจโดยความสัมพันธ์ชนิดอาร์เรเนียส [19]

Zhang and Litchfield (2546) การอบแห้งข้าวโพดในห้องปฏิบัติการขนาดเครื่องอบแห้งชั้นบางถูกปรับให้เหมาะสมและได้รับการพัฒนาเพื่ออธิบายอิทธิพลของการแบ่งเบาบรรเทาอัตราการอบแห้งในระยะเวลาการอบแห้งหลังการและกลยุทธการควบคุมเครื่องเป่ามีสามขั้นตอน คือ (1) กลยุทธการอบแห้ง (2) ยุทธศาสตร์ด้านพลังงานที่มีประสิทธิภาพครั้งแรกและ (3) ความสำคัญเท่า ๆ กัน (อัตราประสิทธิภาพ) กลยุทธการศึกษาผลการศึกษพบว่ากระบวนการการอบแห้งเป็นช่วงที่ดีที่สุด ยกเว้นเมื่อมีอัตราการอบแห้งเป็นที่ต้องการสูง [20]

Hawladar, Conrad and Perera (2546) เครื่องอบแห้งปั๊มความร้อน (HPD) เป็นที่รู้จักกันว่า เป็นอุปกรณ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงที่มีค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจต่ำ ตามที่โดยปกติจะเป็นระบบปิด ลี้อการอบแห้งสามารถใช้แทนโดยก๊าซเฉื่อย ในการศึกษาที่ผลของไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในฝรั่งและมะละกอทำการศึกษา ในการศึกษาที่ผลของไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในฝรั่งและมะละกอทำการศึกษา ทั้งอบแห้งและคุณภาพของผลไม้แห้งเหล่านี้เป็นผลมาจากสองวิธีเปรียบเทียบกับ HPD ปกติอากาศเครื่องอบแห้งสูญญากาศเครื่องอบแห้งและแช่แข็ง เมื่อใช้ CO_2 , การแพร่กระจายที่มีประสิทธิภาพในระหว่างขั้นตอนการอบแห้งเป็น 44% สูงกว่าในฝรั่งและ 16.34% สูงกว่าในมะละกอ เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าคั้นรูปได้เร็วขึ้นและการเก็บรักษาวิตามินซีมากขึ้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายทั้งหมดเหล่านี้แสดงให้เห็นศักยภาพที่ดีของบรรยากาศความร้อนเครื่องอบแห้งปั๊มปรับเปลี่ยนในอาหารอบแห้งอุตสาหกรรม [21]

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

มันเทศ (Sweet potato)

กลุ่มตัวอย่าง

มันเทศที่ตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$

3.1.2. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทำปัญหาพิเศษ

3.1.2.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด YRU – HA/IR DRYER (DS&E) เป็นทรงสี่เหลี่ยมมีขนาดความกว้าง 51.5 cm และขนาดความสูง 88.6 cm พื้นที่ที่รับแสงอาทิตย์เป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

3.1.2.3 เครื่องอบ MEMMERT รุ่น UNB 400 230 V/50-60 HZ/1400 W

3.1.2.3 รังสีอินฟราเรด ขนาด 110 w จำนวน 2 แผง

3.1.2.4 เครื่องชั่ง DIGITAL SCALE ความละเอียด 0.1 g

3.1.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ สเกล 0-100 °C ความละเอียด 0.2 °C จำนวน 5 แผง

3.1.2.6 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ 2 เครื่อง

3.1.2.7 ตะแกรงสำหรับอบมันสำปะหลังขนาดความกว้าง 29 cm และความยาว 44 cm

3.1.2.8 ถาดฟลอร์ยสำหรับวางมันเทศที่ตัดเสร็จแล้วขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$

3.1.2.9 กระจกีสขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

3.1.2.10 สังกะสีขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

3.2 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

3.2.1 ขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

1. จากเครื่องอบแห้งที่ใช้พลาสติกหุ้มส่วนของระบายอากาศเปลี่ยนเป็นการใช้กระจกใส

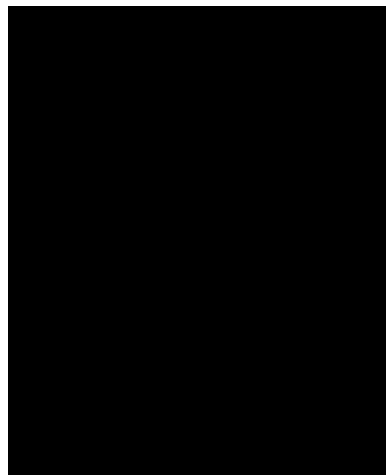


ภาพที่ 3.1 พลาสติกใสขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

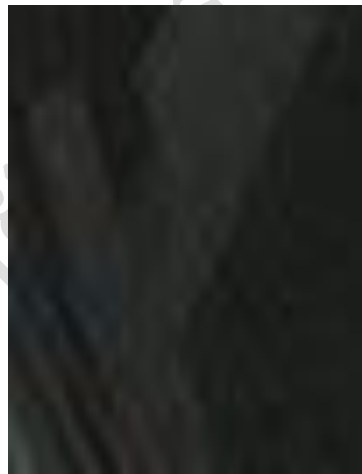


ภาพที่ 3.2 กระจกใสขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

2. จากเครื่องอบแห้งที่ใช้แผ่นกระดาศติ๊กเกอร์ส่วนของระบบอากาศเปลี่ยนเป็นแผ่นสังกะสีทาสีดำ



ภาพที่ 3.3 กระดาศติ๊กเกอร์ขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm



ภาพที่ 3.4 สังกะสีทาสีดำขนาดความยาว 150 cm และความกว้าง 49 cm

3. จากเครื่องอบแห้งที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์ 2 แท่ง เปลี่ยนเป็น 5 แท่งจะอยู่บริเวณ
ด้านล่างส่วนระบายอากาศ 2 แท่ง อยู่บริเวณภายในเครื่อง 3 แท่ง

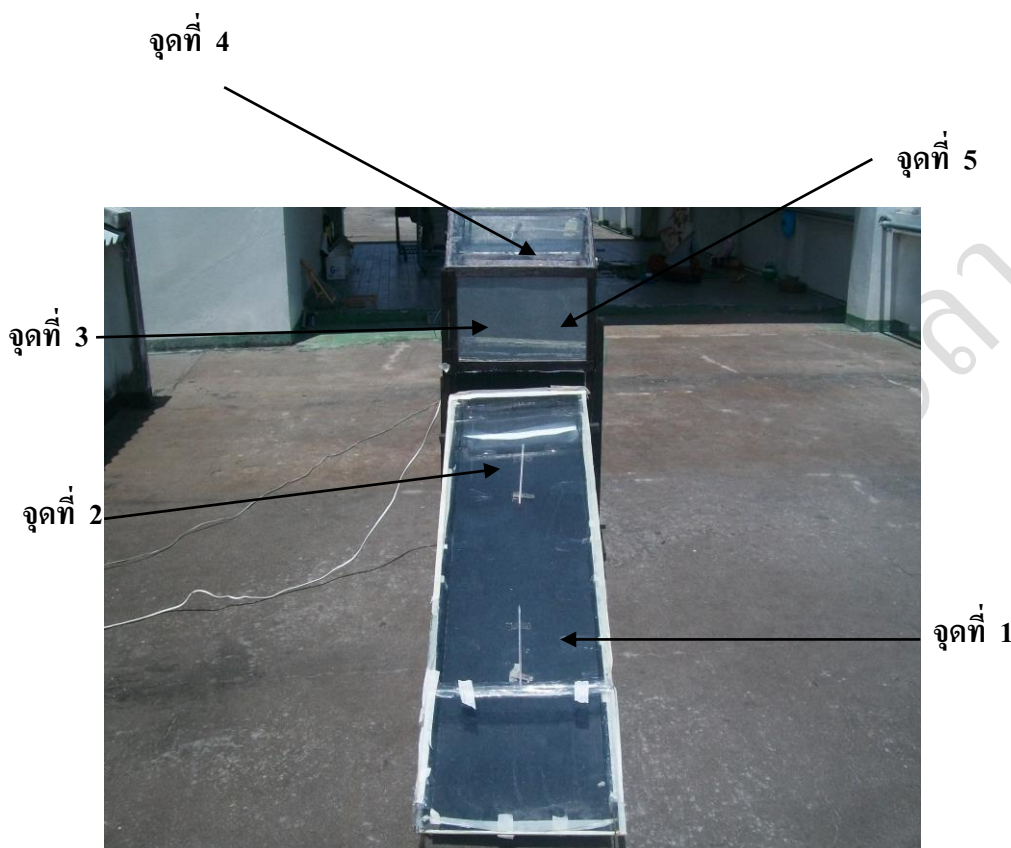


ภาพที่ 3.5 เครื่องที่ปรับปรุงใหม่



ภาพที่ 3.6 เครื่องที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

4. จากนั้นทำการทดลองอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด โดยจะวัดอุณหภูมิในแต่ละจุดตั้งแต่จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5



ภาพที่ 3.7 การวัดอุณหภูมิในแต่ละจุด

3.3 วิธีการทดลอง

3.2.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

นำมันเทศมาปอกเปลือกแล้วตัดให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ โดยนำมันเทศที่ตัดแล้วมาวางบนถาดขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$ แล้วนำไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิตอล จากนั้นนำไปอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะต้องทำการชั่งและวัดอุณหภูมิทุกๆ 20 min จนถึง 310 min โดยแต่ละตัวอย่างจะต้องทำการทดลอง 3 ครั้ง จากนั้นนำมันเทศมาหาความชื้นสุดท้ายของมันเทศและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยต่อไป

ผลการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของมันเทศจาก 469.8 g จะลดลงถึง 93.9 g ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 35.4°C เพิ่มขึ้นถึง 40°C ซึ่งเริ่มเปลี่ยนแปลงในช่วงชั่วโมงที่ 2-4 ความชื้นของมันเทศ

จะลดลงจากความชื้นที่ 469.8 g ลดลงถึง 93.9 g จะสังเกตได้จากการหัดตัวของมันเทศ จนถึง ชั่วโมงที่ 5 ความชื้นของมันเทศจะลดลงมีความชื้นเริ่มต้น 206.73% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 19.77 % d.b ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงของสีและการหัดตัวของมันเทศตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2-3 เป็นต้นไปเพราะชั่วโมงที่ 2 และ 3 จะมีความร้อนมากขึ้นประมาณ 40°C

3.2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงรังสีอินฟราเรด

นำมันเทศมาปอกเปลือกแล้วตัดให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ โดย นำมันเทศที่ตัดแล้วมาวางบนถาดขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$ แล้วนำไปซังบนเครื่องซังดิจิตอล จากนั้น นำไปอบในตู้อบแสงรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะต้องทำการซังและวัดอุณหภูมิทุกๆ 20 min จนถึง 310 min ซึ่งใช้แสงรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C โดยแต่ละตัวอย่างจะต้องทำการทดลอง 3 ครั้ง จากนั้นนำมันเทศมาหาความชื้นสุดท้ายของมันเทศและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมา คำนวณค่าเฉลี่ยต่อไป

ผลการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h โดยใช้อุณหภูมิที่ 50°C มีความชื้นเริ่มต้น 153.85, 224.40 และ 229.40% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 10.20, 13.09 และ 31.10% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวกันที่อุณหภูมิ 60°C มีความชื้น เริ่มต้น 169.65, 211.10 และ 266.70% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 15.30, 16.80 และ 45.20% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวกันที่อุณหภูมิ 70°C มีความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 3.35, 5.20 และ 7.97% d.b. ตามลำดับ

3.2.3 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

นำมันเทศมาปอกเปลือก แล้วตัดให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ โดย นำมันเทศที่ตัดแล้วนำมาวางบนถาดขนาด $36 \times 27 \text{ cm}^2$ แล้วนำไปซังบนเครื่องซัง จากนั้นนำไป อบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะต้องทำการซังและวัดอุณหภูมิทุกๆ 20 min จนถึง 310 min โดยแต่ละตัวอย่างจะต้องทำการทดลอง 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 จะเป็นการทดลองอบมัน เทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ครั้งที่ 2 จะเป็นการทดลองอบมันเทศด้วยแสงรังสี อินฟราเรดอย่างเดียว ครั้งที่ 3 จะเป็นการทดลองอบมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสี อินฟราเรด โดยใช้แสงรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50 , 60 และ 70°C จากนั้นนำมันเทศมาหา ความชื้นสุดท้ายของมันเทศและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณค่าเฉลี่ยต่อไป

ผลการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h ที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 145.40, 157.40 และ 257.10% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 12.90, 13.40 และ 31.80% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่ อุณหภูมิ 60°C มีความชื้นเริ่มต้น 186.20, 222.20 และ 237.30% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย

8.15, 10.9 และ 46.4% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C มีความชื้นเริ่มต้น 180.50, 212.40 และ 218.0% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 5.3, 7.2 และ 9.0% d.b. ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงของสีและการหดตัวของมันเทศตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2-3 ขึ้นไป ซึ่งการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่ลดความชื้นได้ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 70°C เพราะที่อุณหภูมิจุดนี้มีความร้อนสูงพอสำหรับการอบ

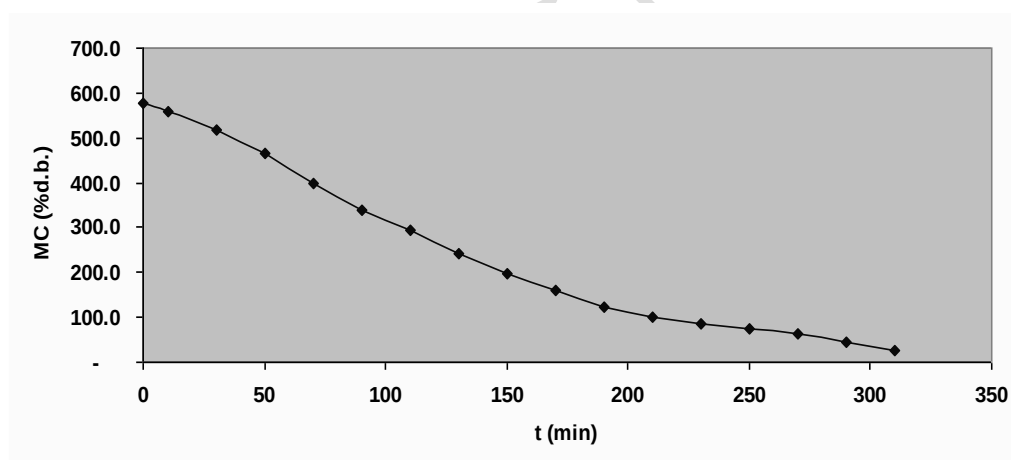
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการปรับปรุงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดจะเห็นได้ว่าความร้อนของเครื่องอบแห้งนั้นเก็บความร้อนได้ดีขึ้นและการระบายของอากาศภายในเครื่องก็ดีขึ้นด้วย ทำให้การทดลองอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด สามารถหาข้อมูลเบื้องต้นของการอบแห้งมันเทศ พบว่ามันเทศทรงสี่เหลี่ยมขนาด $2.8 \times 5.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ และรังสีอินฟราเรดเท่ากับ 50 , 60 และ 70°C เมื่อนำข้อมูลจากการทดลอง (ภาคผนวก ก) มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบเวลาการอบแห้งกับความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขการทดลองต่างๆ ได้ผล ดังนี้

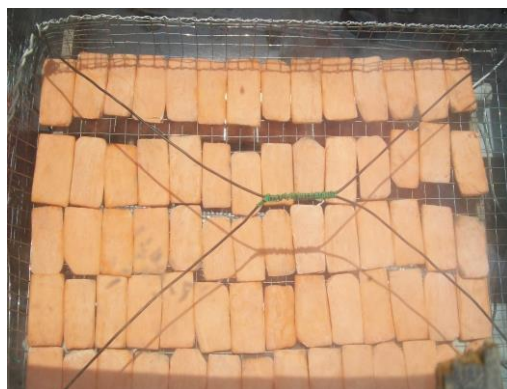
4.1 การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.1 แสดงการลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
(วันที่ 19/4/2553 เวลา 9:30 น. อุณหภูมิแวดล้อม 33°C)

จากภาพที่ 4.1 สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของมันเทศจาก 469.8 g จะลดลงถึง 93.9 g ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 35.4°C เพิ่มขึ้นถึง 40°C ซึ่งเริ่มเปลี่ยนแปลงในช่วงชั่วโมงที่ 2-4 ความชื้นของมันเทศจะลดลงจากความชื้นที่ 469.8 g ลดลงถึง 93.9 g จะสังเกตได้จากการ

หอดั่วของมันเทศ จนถึงชั่วโมงที่ 5 ความชื้นของมันเทศจะลดลงมีความชื้นเริ่มต้น 206.73% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 19.77 % d.b ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงของสีและการหดตัวของมันเทศตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2-3 เป็นต้นไปเพราะชั่วโมงที่ 2 และ 3 จะมีความร้อนมากขึ้นประมาณ 40°C ดังรูปที่ 4.2



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.2 โครงสร้างของผิวมันเทศในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

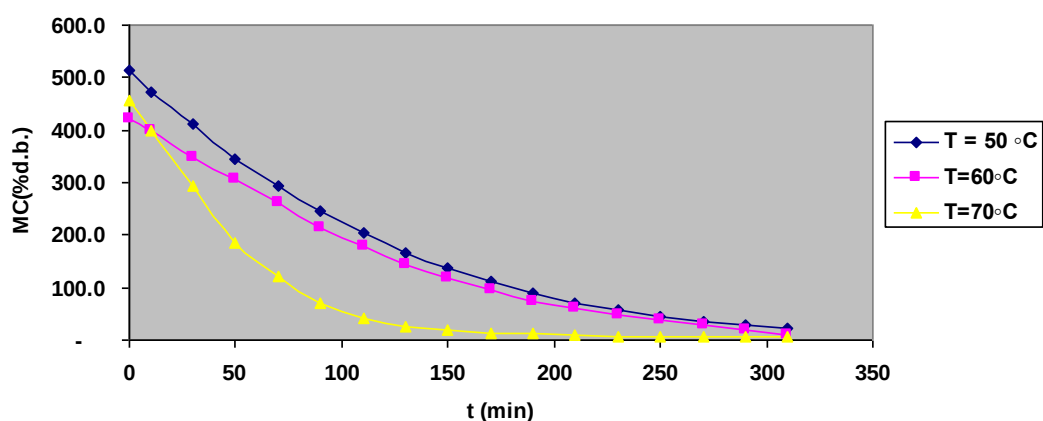
(ก) ผิวมันเทศก่อนอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

(ข) ผิวมันเทศอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่เวลา 150 min

(ค) ผิวมันเทศอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่เวลา 310 min

(ง) ผิวมันเทศหลังอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่ออบกับตู้อบที่อุณหภูมิ 120°C ที่เวลา 310 min

4.2 การอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70°C



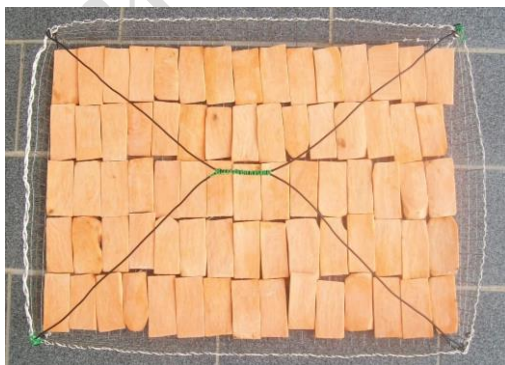
ภาพที่ 4.3 แสดงการลดความชื้นมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรด

(T=50°C วันที่ 18 /5/2553 เวลา 9:10 น. อุณหภูมิแวดล้อม 29.5°C)

(T=60°C วันที่ 29 /4/2553 เวลา 9:50 น. อุณหภูมิแวดล้อม 32°C)

(T=70°C วันที่ 12 /5/2553 เวลา 8:50 น. อุณหภูมิแวดล้อม 32.2°C)

จากภาพที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h โดยใช้อุณหภูมิที่ 50°C มีความชื้นเริ่มต้น 153.85, 224.40 และ 229.40% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 10.20, 13.09 และ 31.10% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวยังที่อุณหภูมิ 60°C มีความชื้นเริ่มต้น 169.65, 211.10 และ 266.70% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 15.30, 16.80 และ 45.20% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวยังที่อุณหภูมิ 70°C มีความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 3.35, 5.20 และ 7.97% d.b. ตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

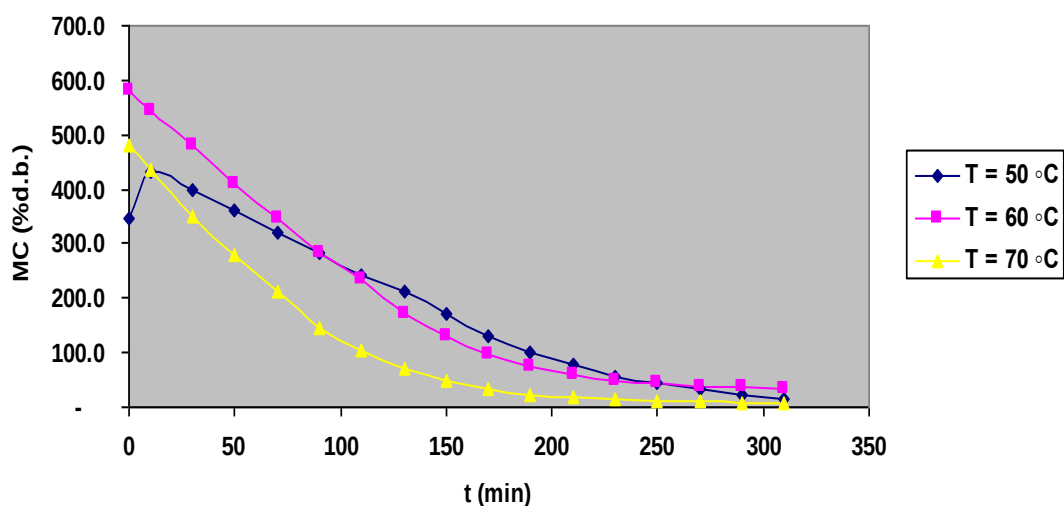
ภาพที่ 4.4 โครงสร้างของผิวหนังเตสในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

(ก) ผิวหนังเตสก่อนอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

(ข) ผิวหนังเตสอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ที่เวลา 150 min

(ค) ผิวหนังเตสอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ที่เวลา 310 min

4.3 การอบแห้งผิวหนังเตสด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70°C



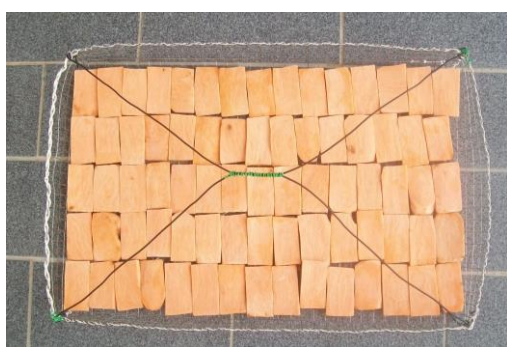
ภาพที่ 4.5 แสดงการลดความชื้นผิวหนังเตสด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

(T=50°C วันที่ 23 /4/2553 เวลา 9:05 น. อุณหภูมิแวดล้อม 31.3°C)

(T=60°C วันที่ 3 /5/2553 เวลา 9:30 น. อุณหภูมิแวดล้อม 32.5°C)

(T=70°C วันที่ 10 /5/2553 เวลา 8:50 น. อุณหภูมิแวดล้อม 32°C)

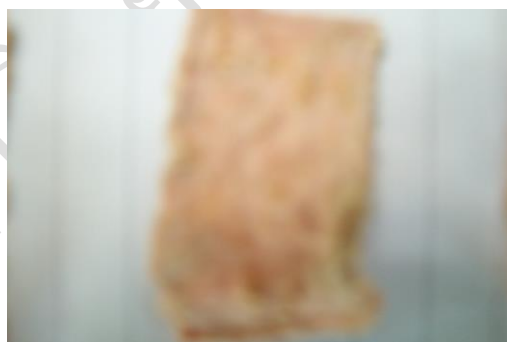
จากภาพที่ 4.5 สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h ที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 145.40, 157.40 และ 257.10% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 12.90, 13.40 และ 31.80% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60°C มีความชื้นเริ่มต้น 186.20, 222.20 และ 237.30% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 8.15, 10.9 และ 46.4% d.b. ตามลำดับ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70°C มีความชื้นเริ่มต้น 180.50, 212.40 และ 218.0% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 5.3, 7.2 และ 9.0% d.b. ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงของสีและการหดตัวของมันเทศตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2-3 ขึ้นไป ซึ่งการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่ลดความชื้นได้ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 70°C เพราะที่อุณหภูมิจุดนี้มีความร้อนสูงพอสำหรับการอบ ดังรูปที่ 4.



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.6 โครงสร้างของผิวมันเทศในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

(ก) ผิวมันเทศก่อนอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

(ข) ผิวมันเทศอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่เวลา 150 min

(ค) ผิวมันเทศอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่เวลา 310 min

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากการปรับปรุงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดจะเห็นได้ว่าความร้อนของเครื่องอบแห้งนั้นเก็บความร้อนได้ดีขึ้นและการระบายของอากาศภายในเครื่องก็ดีขึ้นด้วย

การอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 h ความชื้นเริ่มต้น 206.73% d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 19.77 %d.b. การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 153.85, 224.40 และ 229.40% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 10.20, 13.09 และ 31.10% d.b. ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 60°C ความชื้นเริ่มต้น 169.65, 211.10 และ 266.70% d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 15.30, 16.80 และ 45.20% d.b. ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70°C ความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70%d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 3.35, 5.20 และ 7.97%d.b. ตามลำดับ ในขณะที่การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นเริ่มต้น 145.40, 157.40 และ 257.10%d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 12.90, 13.40 และ 31.80 %d.b. ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 60°C ความชื้นเริ่มต้น 186.20, 222.20 และ 237.30%d.b. จะเหลือความชื้นสุดท้าย 8.15, 10.9 และ 46.4%d.b. ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70°C ความชื้นเริ่มต้น 180.50, 212.40 และ 218.0 %d.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 5.3, 7.2 และ 9.0%d.b. ตามลำดับ ตามลำดับ และสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเทศ คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 70°C โดยจะเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 3.35, 5.20 และ 7.97% d.b. จากความชื้นเริ่มต้น 145.35, 255.10 และ 287.70% d.b.

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปลี่ยนอุปกรณ์การสร้างตู้อบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดจากไม้เป็นเหล็กเพราะป้องกันการแตกหักง่ายของไม้ที่ใช้สร้างเครื่อง
2. ควรหาอัตราการอบแห้งมันเทศแบบขึ้นหนาเพราะจะดูการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบขึ้นบาง
3. ควรทำการอบแห้งยางแผ่นหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ทางเกษตร เช่น พืช ผัก และผลไม้ เป็นต้น เพราะต้องการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประวัติความเป็นมาของมันเทศ. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :
<http://guru.sanook.com/search/knowledge/search.php?>
- [2] การอบแห้ง. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก : <http://www.kmutt.ac.th>
- [3] ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :
<http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=533>
- [4] ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :
<http://blog.eduzones.com/tenny/3455>
- [5] การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :
<http://www.ceramic-bank.th.gs/web-c/ceramic-bank/04.htm>
- [6] ฮีตเตอร์ อินฟราเรด. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 30 มกราคม 2553 เข้าถึงได้จาก :
<http://heater.igetweb.com/?mo=3&art=230771>
- [7] ชีระศักดิ์ หุดากร. ความชื้นสมดุลและจลศาสตร์การอบแห้งของไพล.(ออนไลน์).วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :<http://eng.sut.ac.th/tsae2009/abstract/full%20paper.doc>
- [8] พิชชาภรณ์ วันโยและคณะ. การศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งชาใบหม่อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวร่วมกับการพาอากาศ.(ออนไลน์).วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก : http://www2.dede.go.th/bhrd/web_display/factory/factory_infrared.html
- [9] เทวรัตน์ และ คณะ. ศึกษาหาค่าความชื้นสมดุลและจลศาสตร์การอบแห้งของไพล. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก: <http://www.eng.sut.ac.th/>
- [10] ชูชาติ สุวุฒิ และ พิธิฐ มงคลแสงสุริย์.การอบแห้งลำไยด้วยไมโครเวฟ.(ออนไลน์).วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :<http://www.eppo.go.th/encon/abstract>
- [11] กอบพัชรกุล เป็นบุญ, และคณะ. การทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน.(ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าถึงได้จาก :
http://agro.cmu.ac.th/Research/WebAjarn/ppp%5Cra_002.doc
- [12] ศิริศักดิ์ ศิริสมบุญ, การอบแห้งตะไคร้โดยใช้พลังงานจาก **Producer Gas**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [13] วิรศักดิ์ โสณาทิพย์ และคณะ. เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลผลิตจากการประมง. (ออนไลน์).วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าได้จาก :<http://www.eppo.go.th>

- [14] ศันสนีย์ แสนศิริพันธ์. การพัฒนาเครื่องอบแห้งสตรอเบอรี่ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และความร้อนทิ้งจากคอนเดนเซอร์. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552
<http://www.eppo.go.th/encon/abstract/071-Abs-KMUTT-Sansani.doc>
- [15] วิสุทธิ เข้มสะอาด. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมเพื่อการประหยัดพลังงานสูงสุด. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2552 เข้าได้จาก: <http://www.eppo.go.th>
- [16] โสรวง ศิริเลิศงาน. การศึกษาและจำลองแบบเครื่องอบข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 15 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://www.phtnet.org>
- [17] Kolawole O. Falade and Oluwakemi J. Solademi. (2010), Modelling of air drying of fresh and blanched sweet potato slices. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://onlinelibrary.wiley.com>
- [18] Dorota Nowak and Piotr P. Lewicki . (2007), Infrared drying of apple slices (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://www.sciencedirect.com>
- [19] Ponciano S. Madamba . (2003), Thin Layer Drying Models for Osmotically Pre-dried Young Coconut (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://www.informaworld.com>
- [20] Q. Zhang; J. B. Litchfield. (2003), AN OPTIMIZATION OF IN TERMITTENT CORN DRYING IN A LABORATORY SCALE THIN LAYER DRYER. (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://www.informaworld.com>
- [21] M. N. A. Hawlader Conrad O. Perera Min Tian K. L. Yeo . (2003) Drying of Guava and Papaya; Impact of Different Drying Methods (ออนไลน์). วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2553 เข้าได้จาก: <http://www.informaworld.com>

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศด้วยแสงอาทิตย์

t (min)	Exp.data (g)				MC (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	469.8	468.0	453.7	463.8	548.9	580.2	604.5	577.9
10	459.2	450.1	444.0	451.1	534.3	554.2	589.4	559.3
30	420.3	424.5	421.1	422.0	480.5	517.0	553.9	517.1
50	372.4	390.7	392.2	385.1	414.4	467.9	509.0	463.7
70	325.6	342.7	354.5	340.9	349.7	398.1	450.5	399.4
90	294.3	297.6	308.5	300.1	306.5	332.6	379.0	339.4
110	250.9	266.9	287.1	268.3	246.5	287.9	345.8	293.4
130	214.0	226.5	257.7	232.7	195.6	229.2	300.2	241.7
150	181.3	198.5	229.4	203.1	150.4	188.5	256.2	198.4
170	163.8	166.9	197.6	176.1	126.2	142.6	206.8	158.6
190	144.4	141.0	172.5	152.6	99.4	104.9	167.9	124.1
210	132.3	125.4	153.2	137.0	82.7	82.3	137.9	101.0
230	126.2	116.7	137.7	126.9	74.3	69.6	113.8	85.9
250	118.7	110.4	124.7	117.9	64.0	60.5	93.6	72.7
270	111.2	106.1	114.2	110.5	53.6	54.2	77.3	61.7
290	103.6	95.7	95.5	98.3	43.1	39.1	48.3	43.5
310	93.9	82.9	80.8	85.9	29.7	20.5	25.5	25.2
d	72.4	68.8	64.4					

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรด 50 °C

t (min)	Exp.data (g)					M t (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	451.8	467.0	466.5	461.8	74.6	768.8	420.6	353.8	514.4
10	414.1	441.9	438.9	431.6	232.8	696.3	392.6	326.9	472.0
30	383.6	373.1	389.5	382.1	69.0	637.7	315.9	278.9	410.8
50	346.2	308.4	338.2	330.9	396.8	565.8	243.8	229.0	346.2
70	315.3	261.2	293.8	290.1	742.0	506.3	191.2	185.8	294.4
90	282.5	212.1	260.8	252	1299.9	443.3	136.5	153.7	244.5
110	257.7	173.5	226.8	219.3	1814.2	395.6	93.4	120.6	203.2
130	229.8	139.5	201.8	190.4	2136.6	341.9	55.5	96.3	164.6
150	206.6	128.9	180.3	171.9	1561.8	297.3	43.7	75.4	138.8
170	177.9	119.4	165.2	154.2	946.9	242.1	33.1	60.7	112.0
190	151.6	112.4	152.1	138.7	518.8	191.5	25.3	48.0	88.3
210	132.3	108.0	143.1	127.8	323.2	154.4	20.4	39.2	71.3
230	115.5	104.9	135.0	118.5	233.1	122.1	16.9	31.3	56.8
250	101.5	102.7	129.6	111.3	252.4	95.2	14.5	26.1	45.3
270	89.4	101.7	125.7	105.6	340.8	71.9	13.4	22.3	35.9
290	81.2	100.7	121.6	101.2	408.2	56.2	12.3	18.3	28.9
310	75.4	99.8	118.1	97.8	458.9	45.0	11.3	14.9	23.7
d	52.0	89.7	102.8						

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรด 60 °C

t (min)	Exp.data (g)				Mt (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	306.6	361.8	389.5	352.6	376.1	369.9	520.2	422.1
10	293.8	357.7	363.3	338.3	356.2	364.5	478.5	399.8
30	243.8	340.8	330.9	305.2	278.6	342.6	426.9	349.4
50	220.3	312.5	298.8	277.2	242.1	305.8	375.8	307.9
70	195.7	277.2	262.1	245.0	203.9	260.0	317.4	260.4
90	178.6	245.5	217.6	213.9	177.3	218.8	246.5	214.2
110	162.6	212.2	191.0	188.6	152.5	175.6	204.1	177.4
130	145.7	191.5	158.3	165.2	126.2	148.7	152.1	142.3
150	138.5	168.4	139.5	148.8	115.1	118.7	122.1	118.6
170	131.4	150.4	120.3	134.0	104.0	95.3	91.6	97.0
190	117.6	128.7	108.4	118.2	82.6	67.1	72.6	74.1
210	109.9	114.6	99.4	108.0	70.7	48.8	58.3	59.3
230	102.3	104.1	93.6	100.0	58.9	35.2	49.0	47.7
250	95.6	95.6	88.1	93.1	48.4	24.2	40.3	37.6
270	90.8	87.6	83.7	87.4	41.0	13.8	33.3	29.3
290	83.9	82.1	73.1	79.7	30.3	6.6	16.4	17.8
310	80.9	79.2	64.2	74.8	25.6	2.9	2.2	10.2
d	64.4	77.0	62.8					

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรด 70 °C

t (min)	Exp.data (g)				Mt (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	440.1	440.5	413.3	431.3	470.8	452.7	446.0	456.5
10	391.1	407.3	362.8	387.1	407.3	411.0	379.3	399.2
30	313.8	301.2	297.6	304.2	307.0	277.9	293.1	292.7
50	224.1	225.5	214.2	221.3	190.7	182.9	183.0	185.5
70	175.2	171.7	167.5	171.5	127.2	115.4	121.3	121.3
90	128.8	130.3	133.2	130.8	67.1	63.5	76.0	68.8
110	104.7	111.3	110.4	108.8	35.8	39.6	45.8	40.4
130	89.3	99.3	100.7	96.4	15.8	24.6	33.0	24.5
150	86.9	92.9	94.8	91.5	12.7	16.6	25.2	18.2
170	86.0	87.7	90.5	88.1	11.5	10.0	19.6	13.7
190	85.3	86.4	87.9	86.5	10.6	8.4	16.1	11.7
210	84.8	85.3	84.7	84.9	10.0	7.0	11.9	9.6
230	84.6	84.5	81.3	83.5	9.7	6.0	7.4	7.7
250	84.5	84.3	80.3	83.0	9.6	5.8	6.1	7.1
270	84.4	83.6	79.6	82.5	9.5	4.9	5.2	6.5
290	84.3	83.0	79.4	82.2	9.3	4.1	4.9	6.1
310	83.7	82.4	79.3	81.8	8.6	3.4	4.8	5.6
d	77.1	79.7	75.7					

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 50 °C

t (min)	Exp.data (g)				Mt (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	456.4	459.2	137.3	351.0	522.6	379.3	135.1	345.7
10	439.9	452.3	306.0	399.4	500.1	372.1	424.0	432.1
30	410.3	429.2	283.1	374.2	459.8	348.0	384.8	397.5
50	386.8	396.9	258.0	347.2	427.7	314.3	341.8	361.3
70	351.5	365.1	232.1	316.2	379.5	281.1	297.4	319.4
90	327.4	334.9	206.9	289.7	346.7	249.6	254.3	283.5
110	284.3	300.7	191.8	258.9	287.9	213.9	228.4	243.4
130	261.1	269.3	175.4	235.3	256.2	181.1	200.3	212.6
150	222.5	238.2	151.4	204.0	203.5	148.6	159.2	170.5
170	194.9	204.3	124.3	174.5	165.9	113.3	112.8	130.7
190	165.5	179.6	112.8	152.6	125.8	87.5	93.2	102.1
210	145.3	159.6	97.8	134.2	98.2	66.6	67.5	77.4
230	129.1	139.5	87.3	118.6	76.1	45.6	49.5	57.1
250	121.4	128.9	79.3	109.9	65.6	34.6	35.8	45.3
270	109.6	119.8	73.6	101.0	49.5	25.1	26.0	33.5
290	92.3	114.1	70.4	92.3	25.9	19.1	20.5	21.9
310	84.1	110.6	64.9	86.5	14.7	15.4	11.1	13.8
d	73.3	95.8	58.4					

ตารางที่ ก-6 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 60 °C

t (min)	Exp.data (g)				Mt (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	421.6	416.6	440.9	426.4	452.6	790.2	495.8	579.5
10	391.0	392.3	429.2	404.2	412.5	738.2	480.0	543.6
30	362.0	350.9	382.9	365.3	374.4	649.8	417.4	480.6
50	318.9	303.2	338.6	320.2	318.0	547.9	357.6	407.8
70	281.0	264.9	298.3	281.4	268.3	466.0	303.1	345.8
90	237.5	228.3	256.3	240.7	211.3	387.8	246.4	281.8
110	201.2	201.1	231.4	211.2	163.7	329.7	212.7	235.4
130	165.6	165.7	181.4	170.9	117.0	254.1	145.1	172.1
150	136.8	140.7	153.9	143.8	79.3	200.6	108.0	129.3
170	117.0	124.1	128.7	123.3	53.3	165.2	73.9	97.5
190	102.7	112.3	113.3	109.4	34.6	140.0	53.1	75.9
210	91.6	102.0	103.0	98.9	20.1	117.9	39.2	59.1
230	87.5	96.3	96.0	93.3	14.7	105.8	29.7	50.1
250	86.0	90.9	91.0	89.3	12.7	94.2	23.0	43.3
270	84.9	88.8	85.1	86.3	11.3	89.7	15.0	38.7
290	83.8	86.8	83.6	84.7	9.8	85.5	13.0	36.1
310	83.0	85.4	83.1	83.8	8.8	82.5	12.3	34.5
d	76.3	46.8	74.0					

ตารางที่ ก-7 ข้อมูลการทดลองลดความชื้นมันเทศอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 70 °C

t (min)	Exp.data (g)				Mt (% d.b.)			
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$
0	434.7	432.9	436.4	434.7	474.2	489.0	475.7	479.6
10	405.1	390.0	409.9	401.7	435.1	430.6	440.8	435.5
30	341.8	327.7	342.9	337.5	351.5	345.9	352.4	349.9
50	286.5	277.6	292.4	285.5	278.5	277.7	285.8	280.6
70	233.4	227.6	238.0	233.0	208.3	209.7	214.0	210.7
90	199.1	182.7	169.7	183.8	163.0	148.6	123.9	145.2
110	164.6	156.4	139.8	153.6	117.4	112.8	84.4	104.9
130	136.2	131.3	116.4	128.0	79.9	78.6	53.6	70.7
150	117.2	112.4	106.1	111.9	54.8	52.9	40.0	49.2
170	104.0	98.2	95.1	99.1	37.4	33.6	25.5	32.2
190	95.9	90.5	91.5	92.6	26.7	23.1	20.7	23.5
210	90.2	85.6	88.7	88.2	19.2	16.5	17.0	17.5
230	85.8	83.5	86.2	85.2	13.3	13.6	13.7	13.6
250	84.2	81.2	85.5	83.6	11.2	10.5	12.8	11.5
270	82.3	79.4	84.3	82.0	8.7	8.0	11.2	9.3
290	81.4	78.9	83.6	81.3	7.5	7.3	10.3	8.4
310	81.3	77.6	83.2	80.7	7.4	5.6	9.8	7.6
d	75.7	73.5	75.8					

ตารางที่ ก-8 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	35.4	43.0	35.0	37.8	4.5	35.4	36.0	33.3	34.9	1.4	33.0	31.3	31.3	31.9	1.0	33.0	31.3	31.0	31.8	1.1	32.3	31.0	30.0	31.1	1.2
10	58.4	68.0	54.0	60.1	7.2	65.0	70.9	53.5	63.1	8.8	39.0	37.1	37.5	37.9	1.0	49.0	46.0	53.5	49.5	3.8	38.0	38.2	35.5	37.2	1.5
30	64.0	59.0	57.5	60.2	3.4	76.2	73.0	71.0	73.4	2.6	52.0	46.0	50.5	49.5	3.1	64.0	52.0	62.0	59.3	6.4	43.0	39.3	38.5	40.3	2.4
50	67.0	72.0	61.7	66.9	5.2	83.0	86.0	77.0	82.0	4.6	55.3	50.0	52.5	52.6	2.7	68.0	60.5	60.5	63.0	4.3	41.0	38.5	47.3	42.3	4.5
70	71.0	69.3	62.0	67.4	4.8	83.0	87.0	76.2	82.1	5.5	52.5	55.5	56.0	54.7	1.9	67.0	67.5	65.5	66.7	1.0	42.5	43.0	42.9	42.8	0.3
90	69.0	71.0	70.0	70.0	1.0	84.5	87.0	80.0	83.8	3.5	67.5	56.3	56.0	59.9	6.6	78.0	66.0	65.0	69.7	7.2	43.5	41.0	39.2	41.2	2.2
110	71.0	75.0	63.0	69.7	6.1	83.0	92.5	74.0	83.2	9.3	63.0	66.5	55.0	61.5	5.9	63.0	70.2	64.2	65.8	3.9	43.0	43.8	40.5	42.4	1.7
130	74.0	83.2	63.0	73.4	10.1	82.0	87.5	76.0	81.8	5.8	66.0	61.0	62.0	63.0	2.6	62.0	63.5	62.5	62.7	0.8	44.5	40.2	41.5	42.1	2.2
150	55.0	85.0	67.0	69.0	15.1	64.0	86.0	78.2	76.1	11.2	61.0	66.0	68.5	65.2	3.8	59.0	60.0	66.5	61.8	4.1	40.0	41.3	42.6	41.3	1.3
170	67.0	74.5	67.0	69.5	4.3	78.0	87.0	76.1	80.4	5.8	68.0	67.0	66.5	67.2	0.8	60.0	62.0	61.5	61.2	1.0	47.0	44.0	41.5	44.2	2.8
190	59.0	63.2	56.0	59.4	3.6	69.3	72.5	63.0	68.3	4.8	61.4	66.5	60.5	62.8	3.2	56.4	58.0	55.0	56.5	1.5	39.3	44.1	39.5	41.0	2.7
210	59.0	76.5	55.4	63.6	11.3	68.0	89.5	63.5	73.7	13.9	60.0	77.0	61.5	66.2	9.4	55.0	69.5	58.0	60.8	7.7	40.2	42.4	41.5	41.4	1.1
230	65.0	73.0	70.0	69.3	4.0	73.0	84.5	78.0	78.5	5.8	66.0	77.5	71.0	71.5	5.8	61.0	65.0	69.0	65.0	4.0	45.5	45.7	44.2	45.1	0.8
250	44.0	61.0	62.5	55.8	10.3	48.5	99.4	70.5	72.8	25.5	49.5	68.0	72.5	63.3	12.2	57.0	54.0	63.0	58.0	4.6	38.0	41.5	45.5	41.7	3.8
270	41.0	67.1	70.0	59.4	16.0	43.0	75.5	80.0	66.2	20.2	42.5	69.3	78.0	63.3	18.5	41.0	56.9	64.5	54.1	12.0	36.0	42.4	44.0	40.8	4.2
290	45.0	62.0	71.5	59.5	13.4	46.0	71.0	82.0	66.3	18.4	44.0	66.5	76.5	62.3	16.6	42.0	55.5	65.8	54.4	11.9	37.5	40.0	42.7	40.1	2.6
310	40.0	57.0	63.0	53.3	11.9	41.0	63.5	70.0	58.2	15.2	41.0	62.5	77.0	60.2	18.1	39.5	54.5	65.0	53.0	12.8	35.0	39.5	45.5	40.0	5.3

ตารางที่ ก-9 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 50 °C

t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	29.5	29.3	32.0	30.3	1.5	30.5	30.2	33.0	31.2	1.5	29.3	31.3	32.0	30.9	1.4	29.5	32.3	33.0	31.6	1.9	28.5	28.3	31.2	29.3	1.6
10	30.2	30.0	32.0	30.7	1.1	31.0	31.0	33.0	31.7	1.2	50.5	56.1	53.0	53.2	2.8	52.0	56.5	50.0	52.8	3.3	31.5	32.5	32.3	32.1	0.5
30	33.3	30.2	32.0	31.8	1.6	33.0	31.2	33.0	32.4	1.0	53.5	59.0	60.2	57.6	3.6	54.3	60.0	57.2	57.2	2.9	33.5	32.0	33.2	32.9	0.8
50	31.5	30.3	33.2	31.7	1.5	33.2	32.0	34.0	33.1	1.0	53.0	58.3	59.0	56.8	3.3	52.5	59.0	56.3	55.9	3.3	32.0	33.0	33.5	32.8	0.8
70	32.5	31.2	33.2	32.3	1.0	33.5	32.2	34.0	33.2	0.9	56.1	60.2	55.0	57.1	2.7	54.5	60.3	53.3	56.0	3.7	33.8	32.3	34.2	33.4	1.0
90	33.5	32.0	34.0	33.2	1.0	34.4	32.5	34.3	33.7	1.1	52.5	61.0	58.2	57.2	4.3	51.3	61.3	56.2	56.3	5.0	34.5	34.3	35.2	34.7	0.5
110	34.0	32.3	34.2	33.5	1.0	35.0	33.2	35.0	34.4	1.0	50.5	61.5	57.5	56.5	5.6	50.8	62.2	55.3	56.1	5.7	35.2	34.5	36.0	35.2	0.8
130	34.0	33.5	35.0	34.2	0.8	35.0	34.2	35.3	34.8	0.6	51.5	60.5	60.0	57.3	5.1	52.5	63.2	57.3	57.7	5.4	35.2	37.3	36.0	36.2	1.1
150	35.5	34.0	35.2	34.9	0.8	36.5	34.5	36.2	35.7	1.1	54.2	59.0	56.5	56.6	2.4	54.5	61.2	56.3	57.3	3.5	37.0	37.5	38.0	37.5	0.5
170	33.5	34.2	35.2	34.3	0.9	34.5	35.0	35.5	35.0	0.5	52.2	61.3	56.3	56.6	4.6	53.5	63.1	54.3	57.0	5.3	33.4	38.0	38.2	36.5	2.7
190	33.2	34.5	36.0	34.6	1.4	35.5	35.3	36.2	35.7	0.5	53.5	59.2	54.2	55.6	3.1	52.5	61.0	54.3	55.9	4.5	34.3	38.0	38.5	36.9	2.3
210	34.5	35.9	36.0	35.5	0.8	35.5	36.2	36.2	36.0	0.4	52.5	62.3	62.0	58.9	5.6	52.0	63.3	57.2	57.5	5.7	31.5	39.3	39.0	36.6	4.4
230	35.4	35.3	36.3	35.7	0.6	36.0	36.2	37.0	36.4	0.5	52.8	59.3	57.0	56.4	3.3	52.5	62.0	54.0	56.2	5.1	36.2	39.5	39.0	38.2	1.8
250	35.5	36.0	37.0	36.2	0.8	36.3	37.0	37.3	36.9	0.5	53.5	60.2	56.0	56.6	3.4	54.5	62.0	55.0	57.2	4.2	38.0	39.3	38.3	38.5	0.7
270	34.3	36.2	37.0	35.8	1.4	35.0	37.2	37.2	36.5	1.3	54.3	61.2	55.2	56.9	3.8	53.5	61.0	54.5	56.3	4.1	35.5	39.2	38.5	37.7	2.0
290	33.2	33.3	37.0	34.5	2.2	33.5	34.0	37.3	34.9	2.1	60.1	64.3	56.5	60.3	3.9	55.2	56.3	55.0	55.5	0.7	33.5	35.2	39.2	36.0	2.9
310	31.3	34.0	35.5	33.6	2.1	31.5	34.2	37.0	34.2	2.8	66.5	65.2	57.0	62.9	5.2	56.5	59.5	54.5	56.8	2.5	31.5	35.5	36.0	34.3	2.5

ตารางที่ ก-10 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 60 °C

t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	33.0	32.5	33.0	32.8	0.3	35.0	33.0	34.5	34.2	1.0	32.5	33.0	33.5	33.0	0.5	32.0	32.5	33.0	32.5	0.5	33.5	31.5	31.2	32.1	1.3
10	33.5	35.2	33.5	34.1	1.0	34.5	37.0	35.2	35.6	1.3	32.7	52.0	58.5	47.7	13.4	42.5	51.0	60.5	51.3	9.0	33.8	34.2	36.2	34.7	1.3
30	34.0	35.5	33.5	34.3	1.0	35.0	37.1	34.2	35.4	1.5	58.5	55.3	58.0	57.3	1.7	55.0	55.5	62.5	57.7	4.2	38.0	34.5	35.2	35.9	1.9
50	34.2	35.6	32.5	34.1	1.6	35.1	37.3	33.5	35.3	1.9	57.0	57.5	58.5	57.7	0.8	52.0	56.0	61.5	56.5	4.8	38.5	35.5	33.5	35.8	2.5
70	34.5	36.0	33.0	34.5	1.5	36.0	37.5	34.1	35.9	1.7	44.0	62.5	59.5	55.3	9.9	43.5	60.0	63.5	55.7	10.7	38.0	35.7	35.0	36.2	1.6
90	35.0	36.5	33.5	35.0	1.5	35.5	38.0	35.0	36.2	1.6	48.0	60.5	62.5	57.0	7.9	45.5	57.5	61.5	54.8	8.3	39.0	35.9	36.2	37.0	1.7
110	35.7	36.5	34.0	35.4	1.3	36.0	38.0	34.5	36.2	1.8	59.0	56.5	62.7	59.4	3.1	48.5	55.5	60.1	54.7	5.8	39.0	38.0	34.5	37.2	2.4
130	38.0	36.5	34.5	36.3	1.8	39.0	38.5	35.5	37.7	1.9	58.0	62.5	63.1	61.2	2.8	53.0	60.0	62.2	58.4	4.8	40.0	38.0	36.5	38.2	1.8
150	38.0	36.8	35.0	36.6	1.5	38.7	38.5	36.0	37.7	1.5	59.5	61.2	64.5	61.7	2.5	55.0	57.0	64.0	58.7	4.7	40.5	31.5	37.5	36.5	4.6
170	37.5	36.5	35.5	36.5	1.0	38.5	38.2	36.5	37.7	1.1	60.0	61.0	60.5	60.5	0.5	53.5	60.0	62.3	58.6	4.6	39.5	38.7	38.5	38.9	0.5
190	38.0	37.0	35.2	36.7	1.4	38.7	39.0	36.4	38.0	1.4	55.0	57.0	62.5	58.2	3.9	49.5	58.0	61.5	56.3	6.2	40.0	39.0	37.5	38.8	1.3
210	38.0	38.5	35.5	37.3	1.6	39.0	39.5	36.5	38.3	1.6	57.5	64.0	63.1	61.5	3.5	53.5	60.0	59.5	57.7	3.6	41.0	38.0	37.2	38.7	2.0
230	35.5	38.5	36.0	36.7	1.6	37.4	39.5	37.3	38.1	1.2	59.5	60.5	66.5	62.2	3.8	56.5	58.0	64.8	59.8	4.4	42.0	38.0	40.0	40.0	2.0
250	35.0	38.0	36.2	36.4	1.5	36.2	39.5	37.1	37.6	1.7	55.5	62.5	62.5	60.2	4.0	56.5	51.0	63.5	57.0	6.3	44.0	38.5	37.5	40.0	3.5
270	35.0	38.0	35.5	36.2	1.6	36.5	39.5	36.5	37.5	1.7	53.0	62.0	62.5	59.2	5.3	55.0	60.0	64.8	59.9	4.9	44.5	38.5	37.2	40.1	3.9
290	35.0	38.5	34.2	35.9	2.3	36.0	39.5	35.5	37.0	2.2	58.0	64.0	66.5	62.8	4.4	56.5	60.5	67.5	61.5	5.6	42.0	39.0	37.5	39.5	2.3
310	34.3	38.0	34.0	35.4	2.2	35.2	39.0	34.3	36.2	2.5	50.0	64.5	63.0	59.2	8.0	52.0	61.0	67.0	60.0	7.5	43.0	39.5	36.2	39.6	3.4

ตารางที่ ก-11 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 70 °C

t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	30.3	30.0	28.2	29.5	1.1	31.0	30.1	28.2	29.8	1.4	33.0	33.0	27.1	31.0	3.4	32.2	32.0	27.5	30.6	2.7	30.0	32.0	26.5	29.5	2.8
10	31.0	30.2	28.5	29.9	1.3	32.0	31.1	28.5	30.5	1.8	79.0	70.2	70.8	73.3	4.9	69.0	73.5	73.5	72.0	2.6	59.2	35.2	32.1	42.2	14.8
30	32.0	31.3	29.5	30.9	1.3	33.0	32.2	29.5	31.6	1.8	70.0	70.3	74.5	71.6	2.5	68.0	70.5	72.2	70.2	2.1	56.2	35.5	32.5	41.4	12.9
50	32.0	32.0	30.5	31.5	0.9	33.2	33.1	30.5	32.3	1.5	74.5	74.5	70.5	73.2	2.3	67.3	75.0	71.5	71.3	3.9	51.2	37.2	33.2	40.5	9.5
70	33.0	33.0	30.5	32.2	1.4	33.0	34.2	30.5	32.6	1.9	74.0	73.2	73.0	73.4	0.5	78.0	75.1	74.5	75.9	1.9	50.0	38.1	35.3	41.1	7.8
90	34.0	33.3	30.5	32.6	1.9	35.3	34.4	30.5	33.4	2.6	74.5	79.5	78.1	77.4	2.6	85.0	80.2	78.5	81.2	3.4	65.0	38.0	35.5	46.2	16.4
110	35.0	34.0	31.0	33.3	2.1	36.2	35.1	31.0	34.1	2.7	77.0	79.0	78.0	78.0	1.0	85.0	79.0	80.0	81.3	3.2	54.3	37.0	35.0	42.1	10.6
130	31.3	33.3	31.5	32.0	1.1	38.0	34.5	31.5	34.7	3.3	77.0	79.0	72.7	76.2	3.2	88.0	82.0	72.0	80.7	8.1	53.2	38.3	35.5	42.3	9.5
150	31.1	33.5	31.0	31.9	1.4	37.3	34.5	31.0	34.3	3.2	84.3	79.2	68.5	77.3	8.1	84.3	79.5	71.5	78.4	6.5	47.0	39.2	35.5	40.6	5.9
170	31.5	33.2	31.5	32.1	1.0	38.2	34.3	31.5	34.7	3.4	82.0	78.5	71.5	77.3	5.3	83.4	81.5	74.5	79.8	4.7	40.3	39.1	34.5	38.0	3.1
190	37.0	33.5	31.3	33.9	2.9	38.2	34.5	31.3	34.7	3.5	84.2	74.2	68.5	75.6	7.9	88.5	80.1	71.6	80.1	8.5	41.0	38.6	34.8	38.1	3.1
210	36.2	33.5	32.0	33.9	2.1	38.0	34.5	32.0	34.8	3.0	78.2	79.5	68.1	75.3	6.2	88.5	83.7	72.5	81.6	8.2	45.3	39.3	35.5	40.0	4.9
230	37.0	33.2	31.5	33.9	2.8	38.3	34.4	31.5	34.7	3.4	78.0	81.1	73.2	77.4	4.0	81.0	83.2	76.0	80.1	3.7	41.2	38.5	35.2	38.3	3.0
250	33.0	34.0	32.0	33.0	1.0	38.5	35.0	32.0	35.2	3.3	79.3	79.2	67.5	75.3	6.8	82.2	82.3	74.0	79.5	4.8	41.2	39.5	35.5	38.7	2.9
270	37.5	34.0	31.5	34.3	3.0	39.3	35.0	31.5	35.3	3.9	73.3	81.2	74.5	76.3	4.3	75.0	81.1	75.5	77.2	3.4	41.5	38.5	35.5	38.5	3.0
290	37.0	34.2	31.5	34.2	2.8	38.3	35.4	31.5	35.1	3.4	71.0	77.5	73.1	73.9	3.3	73.0	82.0	78.2	77.7	4.5	42.0	38.2	35.5	38.6	3.3
310	37.3	35.0	31.3	34.5	3.0	38.5	36.0	31.3	35.3	3.7	70.2	77.2	71.5	73.0	3.7	70.0	77.5	78.5	75.3	4.6	39.5	39.5	35.3	38.1	2.4

ตารางที่ ก-12 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 50 °C

t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	43.0	44.0	34.5	40.5	5.2	37.0	34.0	35.0	35.3	1.5	31.3	32.0	32.0	31.8	0.4	31.3	32.0	32.0	31.8	0.4	30.3	31.0	32.0	31.1	0.9
10	47.0	55.0	56.5	52.8	5.1	56.5	65.0	65.5	62.3	5.1	47.5	51.0	45.0	47.8	3.0	47.5	51.0	55.0	51.2	3.8	39.5	38.0	39.0	38.8	0.8
30	53.0	59.5	57.5	56.7	3.3	64.5	74.2	69.5	69.4	4.9	52.0	50.5	47.0	49.8	2.6	52.0	50.5	57.3	53.3	3.6	40.0	38.0	41.0	39.7	1.5
50	54.5	61.2	59.1	58.3	3.4	67.0	78.1	73.5	72.9	5.6	56.5	52.2	47.3	52.0	4.6	56.5	52.2	59.5	56.1	3.7	39.5	38.0	42.8	40.1	2.5
70	61.5	61.5	71.0	64.7	5.5	76.5	77.2	83.5	79.1	3.9	66.0	61.0	47.5	58.2	9.6	66.0	61.0	63.5	63.5	2.5	43.5	40.0	43.0	42.2	1.9
90	54.5	66.0	64.0	61.5	6.1	67.0	82.0	77.5	75.5	7.7	61.0	63.0	47.0	57.0	8.7	61.0	63.0	56.5	60.2	3.3	41.5	40.0	36.0	39.2	2.8
110	59.0	63.5	62.2	61.6	2.3	73.0	77.3	76.8	75.7	2.4	66.5	61.0	57.0	61.5	4.8	66.5	61.0	61.5	63.0	3.0	42.5	38.8	39.5	40.3	2.0
130	58.0	64.5	60.1	60.9	3.3	71.5	81.2	72.0	74.9	5.5	63.0	69.0	59.8	63.9	4.7	63.0	69.0	60.3	64.1	4.5	43.0	42.5	40.2	41.9	1.5
150	67.0	70.0	58.5	65.2	6.0	81.0	84.0	70.0	78.3	7.4	69.0	66.0	63.0	66.0	3.0	69.0	66.0	60.5	65.2	4.3	45.0	42.5	40.5	42.7	2.3
170	64.1	63.0	65.2	64.1	1.1	78.5	77.0	76.0	77.2	1.3	66.5	64.0	64.5	65.0	1.3	66.5	64.0	55.0	61.8	6.0	46.0	41.5	41.0	42.8	2.8
190	62.5	72.5	59.2	64.7	6.9	78.0	85.5	69.5	77.7	8.0	63.5	65.0	63.0	63.8	1.0	63.5	65.0	56.5	61.7	4.5	45.0	43.5	41.0	43.2	2.0
210	66.0	64.5	63.5	64.7	1.3	80.5	81.0	74.0	78.5	3.9	66.3	65.6	63.2	65.0	1.6	66.3	65.6	53.5	61.8	7.2	45.0	45.5	40.5	43.7	2.8
230	70.5	64.5	60.3	65.1	5.1	83.5	79.5	71.0	78.0	6.4	61.5	64.5	64.5	63.5	1.7	61.5	64.5	52.2	59.4	6.4	43.5	46.0	41.5	43.7	2.3
250	61.5	68.0	54.2	61.2	6.9	72.5	83.0	62.5	72.7	10.3	60.5	65.2	65.5	63.7	2.8	60.5	65.2	52.5	59.4	6.4	46.0	46.5	42.5	45.0	2.2
270	56.0	62.5	54.3	57.6	4.3	64.5	73.0	62.1	66.5	5.7	50.0	64.5	63.5	59.3	8.1	50.0	64.5	51.0	55.2	8.1	43.0	47.2	38.5	42.9	4.4
290	62.0	45.5	55.2	54.2	8.3	72.5	51.2	61.5	61.7	10.7	59.5	51.0	63.5	58.0	6.4	59.5	51.0	52.5	54.3	4.5	43.5	40.5	43.2	42.4	1.7
310	65.0	58.0	53.5	58.8	5.8	76.5	69.0	60.5	68.7	8.0	61.0	60.5	60.0	60.5	0.5	61.0	60.5	50.5	57.3	5.9	43.0	45.2	40.0	42.7	2.6

ตารางที่ ก-13 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 60 °C

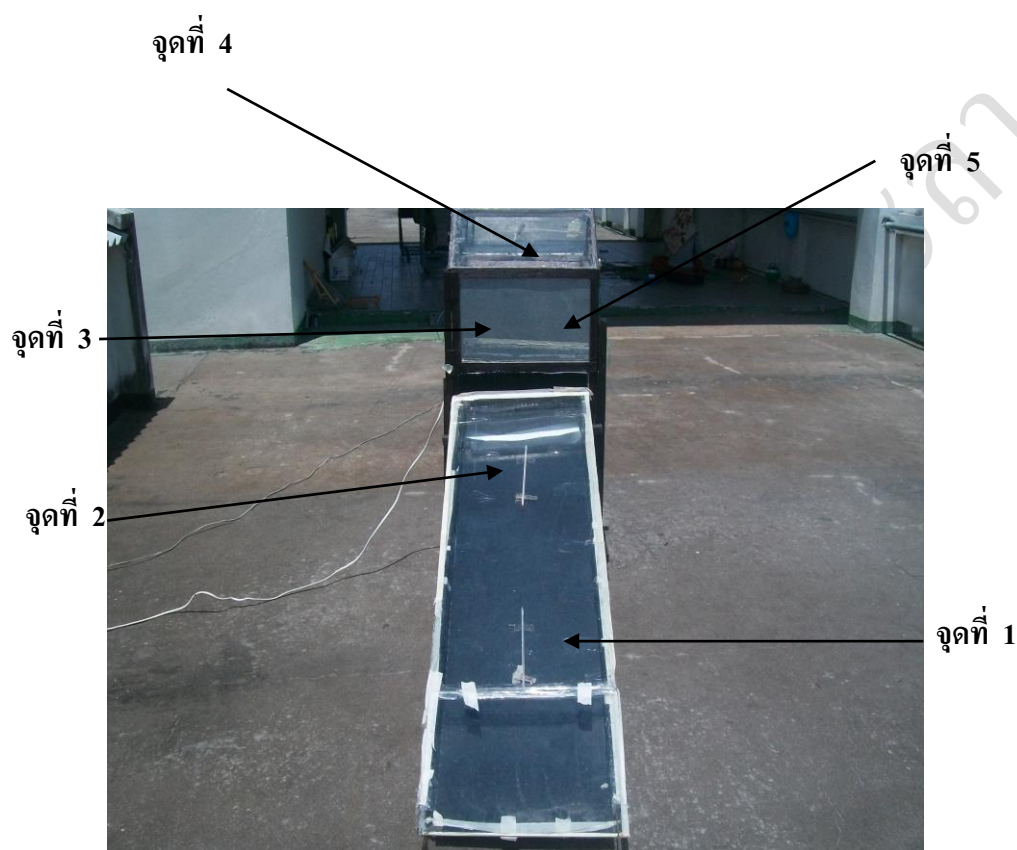
t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	34.5	38.3	35.0	35.9	2.07	36.0	39.0	37.0	37.3	1.53	33.0	34.3	33.3	33.5	0.68	32.5	33.5	34.5	33.5	1.00	31.2	33.2	34.0	32.8	1.44
10	54.2	56.0	54.2	54.8	1.0	69.0	65.3	70.1	68.1	2.5	57.0	48.0	51.0	52.0	4.6	61.0	59.0	60.0	60.0	1.0	42.2	41.5	44.0	42.6	1.3
30	57.1	60.0	56.0	57.7	2.1	72.2	73.3	71.1	72.2	1.1	60.0	54.0	55.0	56.3	3.2	64.0	64.0	63.3	63.8	0.4	42.0	44.2	41.0	42.4	1.6
50	56.1	59.0	58.0	57.7	1.5	71.0	73.0	74.2	72.7	1.6	58.5	55.3	56.0	56.6	1.7	62.0	62.0	63.0	62.3	0.6	43.2	43.3	41.0	42.5	1.3
70	64.0	64.0	60.2	62.7	2.2	78.2	80.0	78.0	78.7	1.1	62.0	65.0	55.0	60.7	5.1	69.0	69.0	64.0	67.3	2.9	41.2	44.5	39.0	41.6	2.8
90	60.0	62.0	60.2	60.7	1.1	73.3	76.3	77.1	75.6	2.0	65.0	67.4	60.0	64.1	3.8	67.0	68.3	68.0	67.8	0.7	45.0	44.3	41.0	43.4	2.1
110	64.3	60.0	60.0	61.4	2.5	79.3	72.2	76.0	75.8	3.6	71.0	64.4	65.0	66.8	3.6	71.0	61.0	67.0	66.3	5.0	43.0	46.5	44.3	44.6	1.8
130	62.2	60.2	59.0	60.5	1.6	76.0	72.3	80.3	76.2	4.0	75.0	63.3	68.2	68.8	5.9	66.2	61.0	64.0	63.7	2.6	44.2	46.2	40.2	43.5	3.1
150	62.3	47.0	63.0	57.4	9.0	76.0	53.0	80.3	69.8	14.7	74.3	54.3	72.2	66.9	11.0	63.5	51.3	65.2	60.0	7.6	44.2	40.0	41.1	41.8	2.2
170	62.2	57.0	62.0	60.4	2.9	73.3	66.2	77.0	72.2	5.5	75.2	61.0	70.0	68.7	7.2	62.0	55.0	64.3	60.4	4.8	45.1	44.0	41.0	43.4	2.1
190	62.0	52.3	64.0	59.4	6.3	73.2	61.2	81.1	71.8	10.0	80.3	60.0	68.0	69.4	10.2	65.0	53.2	61.0	59.7	6.0	47.2	43.0	40.0	43.4	3.6
210	63.2	55.2	60.2	59.5	4.0	71.0	65.0	73.2	69.7	4.2	79.0	62.0	72.0	71.0	8.5	63.3	56.0	64.0	61.1	4.4	47.2	44.2	45.3	45.6	1.5
230	60.3	51.2	60.3	57.3	5.3	70.2	59.1	74.0	67.8	7.7	74.3	57.5	71.3	67.7	9.0	62.2	52.0	61.3	58.5	5.6	46.0	43.2	42.0	43.7	2.1
250	60.2	48.0	59.0	55.7	6.7	68.0	54.2	70.1	64.1	8.6	74.5	59.0	70.1	67.9	8.0	62.0	50.0	62.3	58.1	7.0	47.2	41.2	46.3	44.9	3.2
270	58.3	49.1	56.0	54.5	4.8	65.5	55.1	65.0	61.9	5.9	73.5	57.0	72.2	67.6	9.2	62.0	50.0	64.0	58.7	7.6	46.2	42.1	43.0	43.8	2.2
290	57.3	48.0	52.0	52.4	4.7	62.0	52.2	61.0	58.4	5.4	71.3	55.0	73.0	66.4	9.9	60.0	49.0	65.5	58.2	8.4	47.0	40.3	40.0	42.4	4.0
310	55.3	47.3	50.2	50.9	4.1	58.0	52.1	56.0	55.4	3.0	76.2	51.2	67.2	64.9	12.7	61.2	49.0	65.0	58.4	8.4	47.3	41.3	41.0	43.2	3.6

ตารางที่ ก-14 ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 70 °C

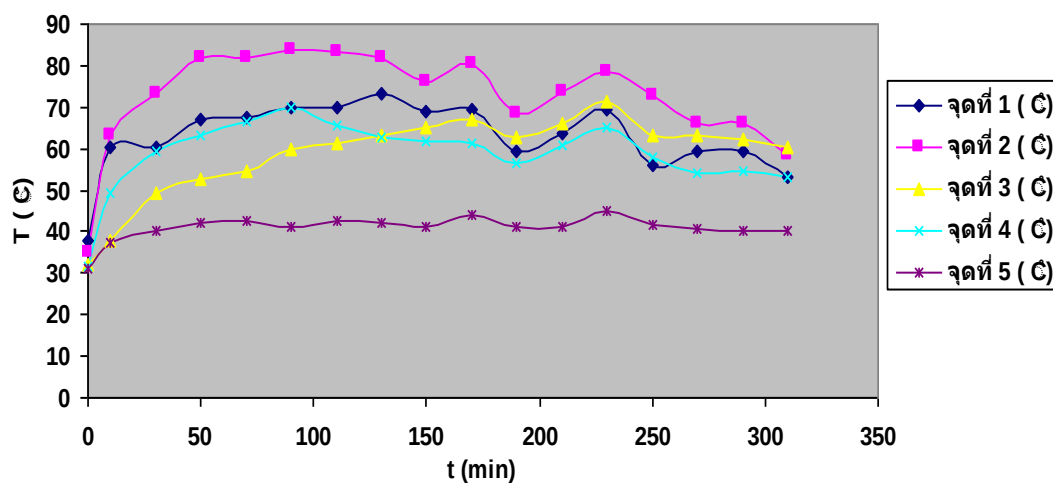
t (min)	จุดที่ 1 (°C)					จุดที่ 2 (°C)					จุดที่ 3 (°C)					จุดที่ 4 (°C)					จุดที่ 5 (°C)				
	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	S.D
0	33.2	34.3	37.2	34.9	2.07	34.3	35.4	39.0	36.2	2.46	31.3	31.3	33.3	32.0	1.16	32.0	32.1	32.2	32.1	0.10	34.0	30.0	31.0	31.7	2.08
10	55.2	47.3	44.0	48.8	5.8	71.0	59.5	55.0	61.8	8.3	70.0	70.2	70.2	70.1	0.1	75.0	74.0	70.3	73.1	2.5	40.0	36.2	36.0	37.4	2.3
30	58.0	53.2	46.0	52.4	6.0	73.2	67.4	58.2	66.3	7.6	69.0	65.5	74.0	69.5	4.3	72.0	69.5	72.2	71.2	1.5	41.0	40.1	39.3	40.1	0.9
50	60.0	58.0	50.0	56.0	5.3	76.0	73.3	62.1	70.5	7.4	71.0	67.1	70.3	69.5	2.1	78.0	71.2	70.0	73.1	4.3	43.0	41.2	38.5	40.9	2.3
70	60.0	60.5	57.3	59.3	1.7	73.0	78.3	73.2	74.8	3.0	70.0	65.3	75.5	70.3	5.1	75.0	72.0	78.3	75.1	3.2	44.0	40.5	41.0	41.8	1.9
90	65.0	55.5	60.5	60.3	4.8	82.2	69.5	77.5	76.4	6.4	73.0	68.1	71.1	70.7	2.5	80.2	72.0	76.2	76.1	4.1	43.0	38.2	42.5	41.2	2.6
110	64.0	62.5	65.0	63.8	1.3	79.3	80.0	84.8	81.4	3.0	76.3	65.2	78.0	73.2	7.0	82.0	70.1	73.5	75.2	6.1	45.0	40.5	42.5	42.7	2.3
130	59.0	53.5	64.5	59.0	5.5	74.2	66.2	81.5	74.0	7.7	80.0	69.5	76.2	75.2	5.3	83.3	71.2	81.5	78.7	6.5	46.2	38.5	44.5	43.1	4.0
150	60.3	65.4	66.2	64.0	3.2	75.3	84.5	82.5	80.8	4.8	80.2	68.5	75.2	74.6	5.9	79.3	72.1	76.1	75.8	3.6	44.3	45.2	41.5	43.7	1.9
170	61.4	69.5	67.5	66.1	4.2	76.2	89.1	81.5	82.3	6.5	78.3	72.2	78.0	76.2	3.4	74.0	73.3	78.2	75.2	2.7	47.0	42.0	44.3	44.4	2.5
190	64.5	70.2	66.2	67.0	2.9	80.2	84.5	80.3	81.7	2.5	82.3	65.5	75.4	74.4	8.4	76.0	72.1	75.5	74.5	2.1	45.0	41.5	45.5	44.0	2.2
210	65.3	68.0	65.4	66.2	1.5	82.3	86.2	82.2	83.6	2.3	78.0	79.5	79.5	79.0	0.9	71.0	78.1	74.5	74.5	3.6	48.0	41.0	42.5	43.8	3.7
230	65.0	52.1	62.3	59.8	6.8	81.2	62.5	76.5	73.4	9.7	79.4	75.5	80.5	78.5	2.6	70.2	76.4	72.5	73.0	3.1	48.3	42.5	45.5	45.4	2.9
250	52.3	53.4	63.0	56.2	5.9	63.2	62.0	76.2	67.1	7.9	80.2	77.3	77.5	78.3	1.6	70.2	72.5	75.5	72.7	2.7	44.3	42.0	45.5	43.9	1.8
270	55.0	56.0	65.0	58.7	5.5	67.2	76.0	77.1	73.4	5.4	83.3	75.1	85.5	81.3	5.5	78.0	71.0	78.2	75.7	4.1	47.3	43.5	47.0	45.9	2.1
290	59.0	56.2	64.5	59.9	4.2	71.0	68.0	76.2	71.7	4.1	86.3	72.0	87.5	81.9	8.6	79.0	68.2	78.5	75.2	6.1	47.0	44.3	45.5	45.6	1.4
310	62.0	55.5	62.5	60.0	3.9	73.0	66.5	74.5	71.3	4.3	83.0	78.2	75.5	78.9	3.8	76.0	73.0	78.2	75.7	2.6	47.3	45.0	46.5	46.3	2.4

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล

การวัดอุณหภูมิในแต่ละจุด

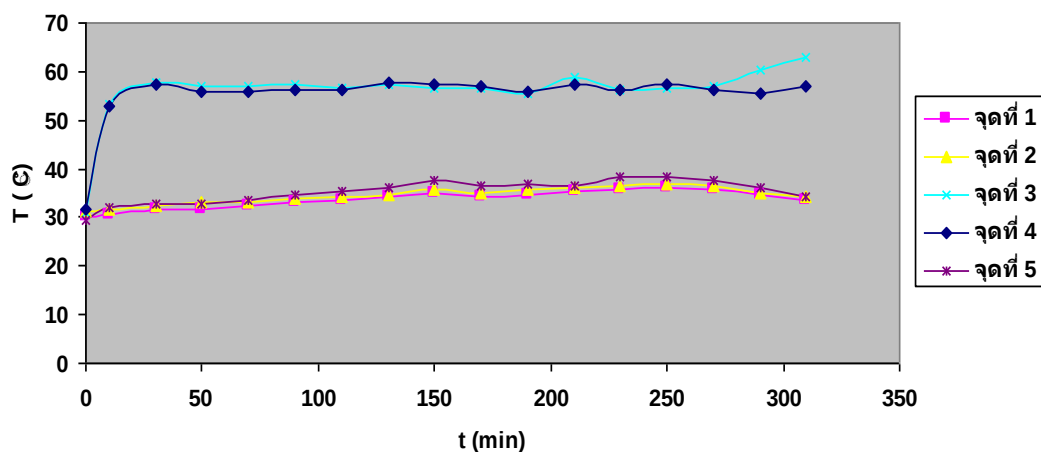


กราฟที่ ข-1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



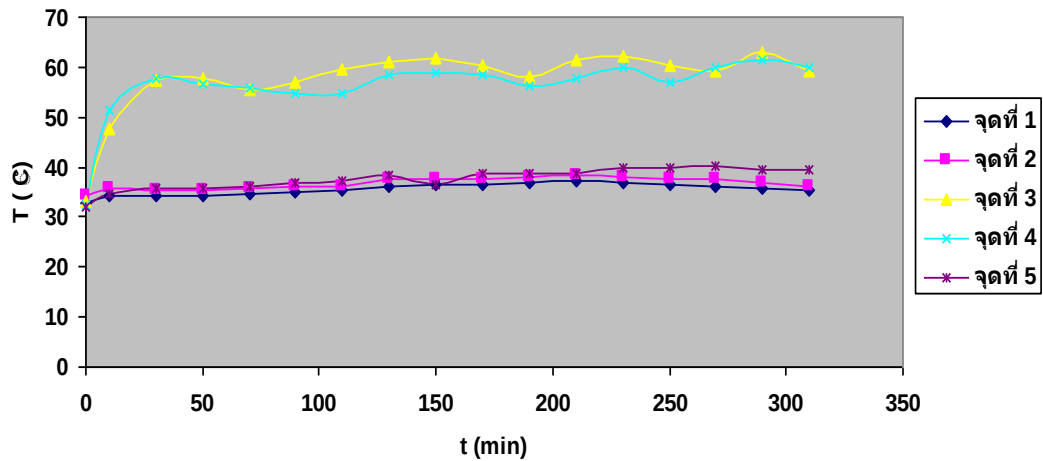
จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 37.8°C อุณหภูมิสุดท้าย 53.3°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 34.9°C อุณหภูมิสุดท้าย 58.2°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.9°C อุณหภูมิสุดท้าย 60.2°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 1.8°C อุณหภูมิสุดท้าย 53.0°C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.1°C อุณหภูมิสุดท้าย 40.0°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ที่ดีที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 50°C



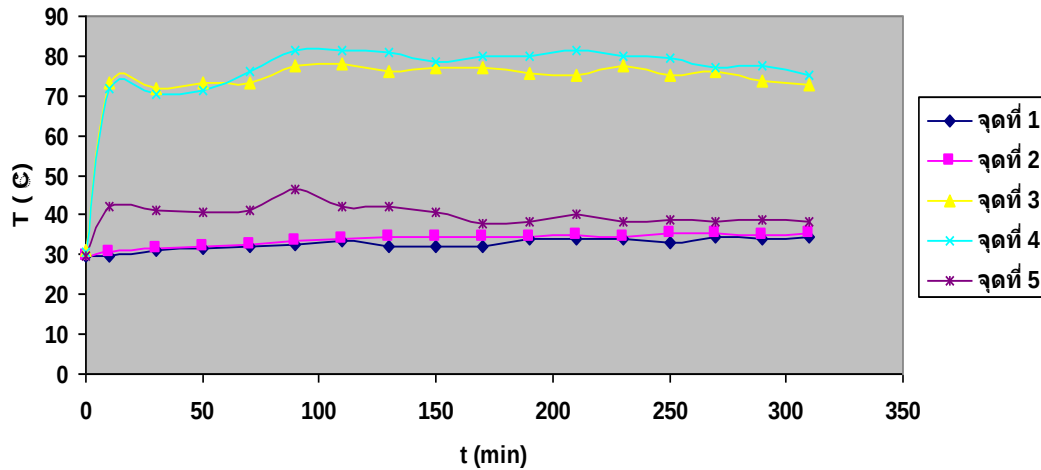
จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 50°C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 31.2°C อุณหภูมิสุดท้าย 34.2°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 30.3 °C อุณหภูมิสุดท้าย 33.6°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 30.9°C อุณหภูมิสุดท้าย 62.9°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.6°C อุณหภูมิสุดท้าย 56.8°C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 29.3°C อุณหภูมิสุดท้าย 34.3°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ดีที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 60°C



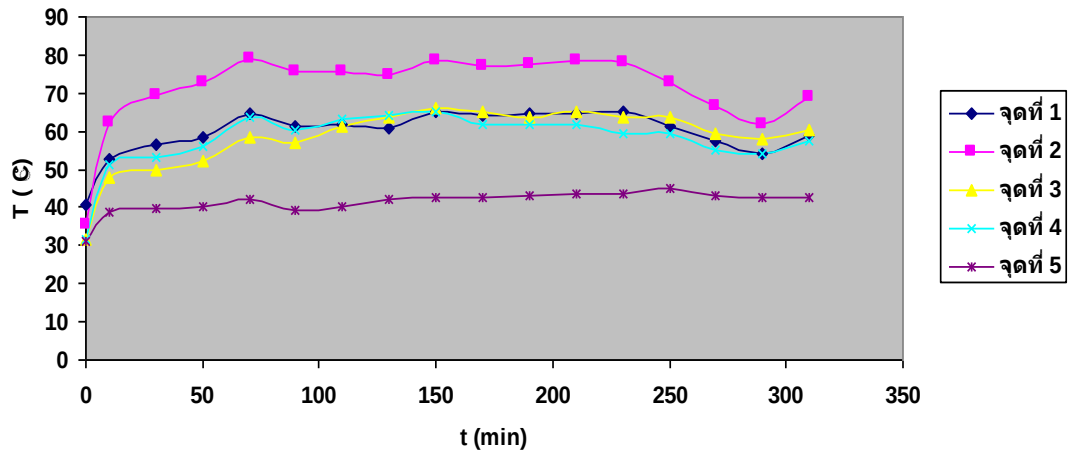
จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 60°C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 32.8°C อุณหภูมิสุดท้าย 35.4°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 34.2°C อุณหภูมิสุดท้าย 36.2°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 33.0°C อุณหภูมิสุดท้าย 59.2°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 32.5°C อุณหภูมิสุดท้าย 60.0°C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 32.1°C อุณหภูมิสุดท้าย 39.6°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ที่ดีที่สุดคืออยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 70°C



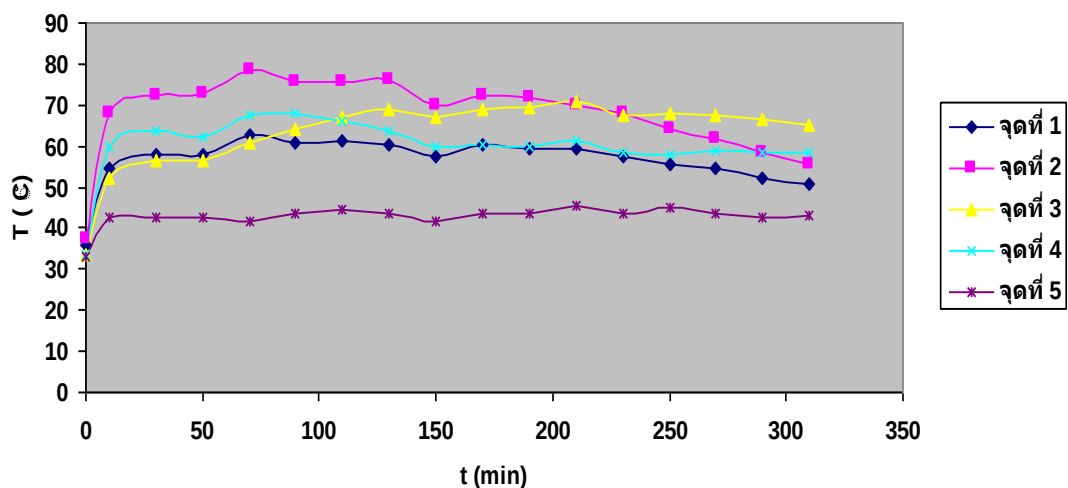
จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 70°C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 29.5°C อุณหภูมิสุดท้าย 34.5°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 29.8°C อุณหภูมิสุดท้าย 35.3°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.0°C อุณหภูมิสุดท้าย 73.0°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 30.6 °C อุณหภูมิสุดท้าย 75.3 °C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 29.5°C อุณหภูมิสุดท้าย 38.1°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ดีที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็ว และลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 50 °C



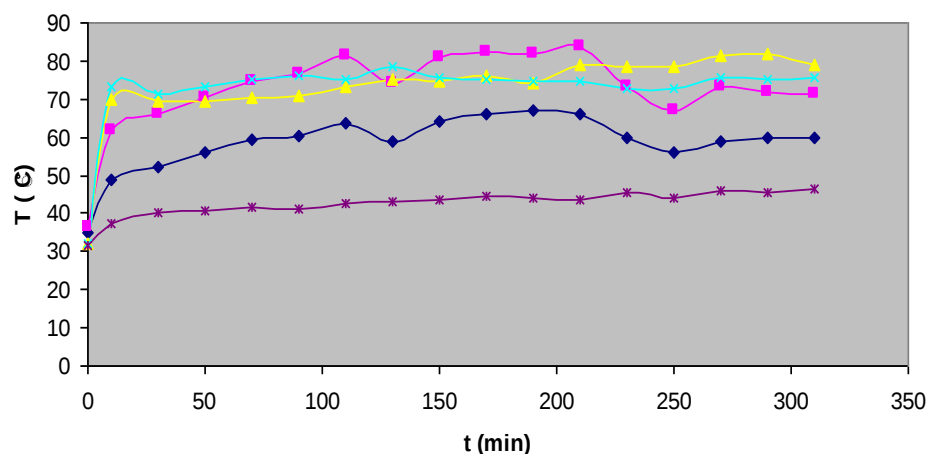
จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 50 °C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 40.5 °C อุณหภูมิสุดท้าย 58.8 °C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 35.3 °C อุณหภูมิสุดท้าย 68.7 °C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.8 °C อุณหภูมิสุดท้าย 60.5 °C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.8 °C อุณหภูมิสุดท้าย 57.3 °C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.1 °C อุณหภูมิสุดท้าย 42.7 °C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ที่ดีที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลาที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 60°C



จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 60°C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 35.9°C อุณหภูมิสุดท้าย 50.9°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 37.3°C อุณหภูมิสุดท้าย 55.4°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 33.5°C อุณหภูมิสุดท้าย 64.9°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 33.5°C อุณหภูมิสุดท้าย 58.4°C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 32.8°C อุณหภูมิสุดท้าย 43.2°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ดีที่สุดที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

กราฟที่ ข-7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ได้จากการอบแห้งมันเทศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด 70°C



จากกราฟ สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้งมันเทศด้วยรังสีอินฟราเรด 70°C ณ จุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 5 จะมีอุณหภูมิที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการอบ คือ 5 h ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่จุดที่ 1 โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 34.9°C อุณหภูมิสุดท้าย 60.0°C จุดที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น 36.2 °C อุณหภูมิสุดท้าย 71.3°C จุดที่ 3 อุณหภูมิเริ่มต้น 32.0°C อุณหภูมิสุดท้าย 78.9°C จุดที่ 4 อุณหภูมิเริ่มต้น 32.1 °C อุณหภูมิสุดท้าย 75.7°C จุดที่ 5 อุณหภูมิเริ่มต้น 31.7°C อุณหภูมิสุดท้าย 46.3°C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งครั้งนี้ที่ดีที่สุดอยู่ที่จุดที่ 3 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ทำให้มันเทศหัดตัวได้เร็วและลดความชื้นได้ดี

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล

ค-1 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยในการทดลองหาความชื้นของมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°C อยู่ในตารางภาคผนวกที่ ก-2 ดังนี้

จากสูตร

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum X_N}{N} \\ \bar{X} &= \frac{768.8 + 420.6 + 353.8}{3} \\ \bar{X} &= \frac{1543.2}{3} \\ \bar{X} &= 514.4 \text{ g}\end{aligned}$$

ค-2 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยในการทดลองหาความชื้นของมันเทศอบด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50°C

จากสูตร

$$\begin{aligned}\text{S.D} &= \sqrt{\frac{\sum (X_N - \bar{X})^2}{N - 1}} \\ \text{S.D} &= \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2}{3 - 1}} \\ \text{S.D} &= \sqrt{\frac{(768.8 - 514.4)^2 + (420.6 - 514.4)^2 + (353.8 - 514.4)^2}{2}} \\ \text{S.D} &= \sqrt{\frac{64,719.36 + 8,798.44 + 25,792.36}{2}} \\ \text{S.D} &= \sqrt{49,655.08} \\ \text{S.D} &= 222.83 \text{ g}\end{aligned}$$

ค-3 การคำนวณหาหามาตรฐานเปียกของมันเทศหลังการอบแห้งรังสีอินฟราเรด 70°C อยู่ในตารางที่ ก-4

จากสูตร

$$M_w \% = \frac{(w-d)}{w} \times 100$$

$$M_w \% = \frac{41.7-38.7}{41.7} \times 100$$

$$M_w \% = \frac{3}{41.7} \times 100$$

$$M_w \% = 0.072 \times 100$$

$$M_w \% = 7.2 \% \text{ d.b.}$$

ค-4 การคำนวณหาหามาตรฐานเปียกของมันเทศหลังการอบแห้งรังสีอินฟราเรด 70°C อยู่ในตารางที่ ก-4

จากสูตร

$$M_d \% = \frac{(w-d)}{d} \times 100$$

$$M_d \% = \frac{41.7-38.7}{38.7} \times 100$$

$$M_d \% = \frac{3}{38.7} \times 100$$

$$M_d \% = 0.078 \times 100$$

$$M_w \% = 7.8 \% \text{ d.b.}$$

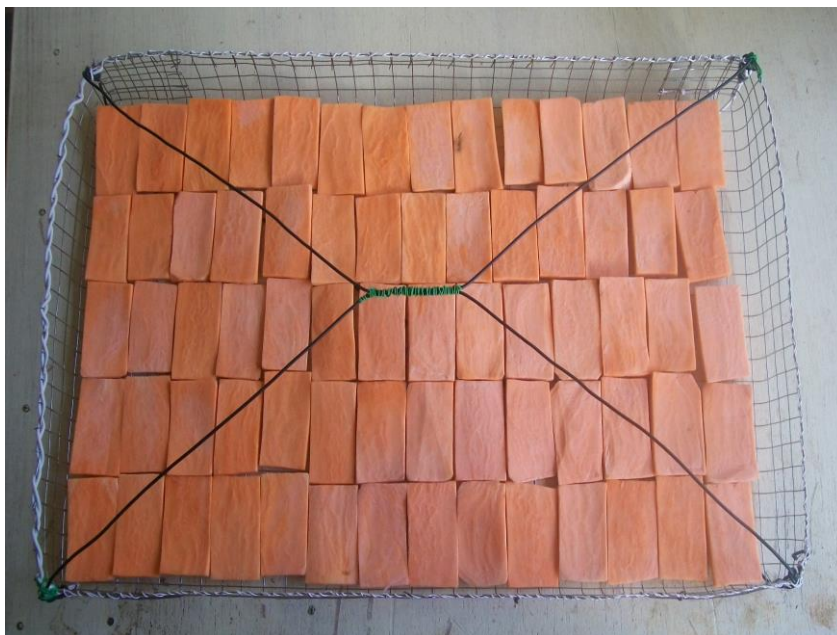
ภาคผนวก ง
อุปกรณ์ดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ ง-1 ผิวมันเทศก่อนอบ



ภาพที่ ง-2 มันเทศในถาดขนาด 36×27 cm



ภาพที่ ง-3 มันทะในตะแกรงอบแห้งความกว้าง 29 cm และความยาว 44 cm



ภาพที่ ง-4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด :YRU – HA/IR DRYER (DS&E)



ภาพที่ ง-5 ตาชั่ง DIGITAL SCALE



ภาพที่ ง-6 เครื่องอบ MEMMERT รุ่น UNB 400 230 V/50-60 HZ/1400 W



ภาพที่ ง-7 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์



ภาพที่ ง-8 เทอร์โมมิเตอร์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวสุลีชา สามะ

ชื่อเล่น สา

ที่อยู่ 75/4 หมู่ 8 ตำบลบุดี อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านบุดี

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนอุดมศาสน์วิทยา

จบการศึกษาระดับอนุปริญญา วิทยาลัยชุมชนยะลา สาขาวิชา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา สาขาวิชา ฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ชื่อ นางสาวตัสนิม ยาโงะ

ชื่อเล่น ดา

ที่อยู่ 36/2 หมู่ 5 ตำบลรือเสาะนอก อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส 96150

จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านลามาเฮีเล

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสายบุรีอิสลามวิทยา

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา สาขาวิชา ฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร