



สมบัติความร้อนของการลดความชื้นของพริก

Thermo Properties of Chilli (*Capsicum frutescens* L.) Dehydration

นาอีหมี๊ะ หะมะ

Naemah Hama

รอฮานี วานี

Rohani Wani

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ปีการศึกษา 2554

สมบัติความร้อนของการลดความชื้นของพริก

Thermo Properties of Chilli (*Capsicum frutescens* L.) Dehydration

นาอีม๊ะ หะมะ

Naemah Hama

รอฮานี วานี

Rohani Wani

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สาขาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์

เรื่อง สมบัติความร้อนของการลดความชื้นของพริก

Thermo Properties of Chilli Dehydration

ผู้ศึกษา 1. นางสาวนาอีหมี๊ะ หะมะ รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113047

2. นางสาวรอฮานี วานี รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113020

รายงานนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา
วิธีวิจัยวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์) ภาควิชาที่ 2 ปีการศึกษา 2554

..... ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์อัสลีหะ สะนิโซ)

...../...../.....

..... กรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุดีง กาซา)

...../...../.....

..... กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์อาบีดิน ดะแซสามะ)

...../...../.....

..... อาจารย์ประจำวิชา

(อาจารย์อาบีดิน ดะแซสามะ)

...../...../.....

..... ประธานหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวรรณ ฐัญญะศิริกุล)

...../...../.....

ชื่อเรื่อง สมบัติความร้อนของการลดความชื้นของพริก
 ผู้ศึกษา นางสาวนารีหิมะ หะมะ
 นางสาวอรอนัน วานี
 หลักสูตร วิศวกรรมบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)
 ปีการศึกษา 2554
 ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อัสหิยะ สนิโซ
 กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุติง กาชา
 กรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อาบีดิน ดะแซสามะ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาสมบัติความร้อนของการลดความชื้นของพริกด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 325.3% มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 77% มาตรฐานเปียก) และ 727.5% มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 88% มาตรฐานเปียก) และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 8.27 และ 19.38 mm สำหรับพริกแดงและพริกชี้ฟ้า ตามลำดับ โดยใช้ความสัมพันธ์ของสมการ $h_c = K/X \cdot N(Ra)^n$ เมื่อค่าคงที่ N และ n หาได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น จากการทดลองพบว่า พริกแดงมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติเฉลี่ยเท่ากับ $0.15 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ และพริกชี้ฟ้ามีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติเฉลี่ยเท่ากับ $0.18 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และค่าความชื้น ซึ่งจะถูกลควบคุมโดยสถานะในการตากแห้งได้แก่พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์และเวลาที่ใช้ในการตากแห้ง

คำสำคัญ : สมบัติความร้อน พริก ค่าความชื้น

Title Thermo Properties of Chilli Dehydration

Author Miss Naemah Hama

Miss Rohani Wani

Degree Bachelor of Education (Science)

Academic Year 2011

Advisor Mr. Eleeyah Saniso

Co-advisor Asist. Prof. Maruding Kasa

Co-advisor Mr. Abedeen Dasaesamoh

Abstract

In this research work, an attempt has been made to evaluate the Thermo properties of chilli dehydration in open sun drying. The initial moisture content of 325.3% d.b. (77% w.b.) and 727.5% d.b. (88% w.b.), a diameter of 8.27 and 19.38 mm for Red Chilli and Long Red Chilli respectively. The convective heat transfer coefficient was determined by $h_c = K/X \cdot N(Ra)^n$ equation values of the constant, N and n were obtained by linear regression analysis. The results showed that the natural convective heat transfer coefficient average was $0.15 \text{ w/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$, for Red Chilli and $0.18 \text{ w/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$, for Long Red Chilli, from this research is found natural convective heat transfer coefficient of Red Chilli and Long Red Chilli in each time depend on the moisture content and temperature. The water within chilli will be the control by condition in drying are solar heat energy and duration of drying.

Keyword : Thermo properties, Chilli, Moisture content

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์อัสสิหะ สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ได้สละเวลาและให้คำปรึกษาการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุติง กาชา และอาจารย์อาบีดิน คะแซสาเมาะ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้และคำแนะนำช่วยเหลือสนับสนุนในทุกๆ เรื่องเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวรรณ ัญญะศิริกุล ประธานหลักสูตร

ขอขอบคุณผู้ปกครองที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุนในเรื่องของเงินทุน คอยช่วยทำอุปกรณ์ การทดลองในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณนายสุเช็ง ชายคานา และนายยูฟรี ยะแอโซ๊ะ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชา วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้งานเครื่องมือ

นาอีหม๊ะ หะมะ

รอฮานี วานี

กันยายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เอกสาร	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	13
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	13
3.2 วัสดุอุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	13
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	16
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	17
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	21
5.1 สรุปผลการทดลอง	21
5.2 ข้อเสนอแนะ	21

สารบัญ (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24
ภาคผนวก ก	25
ภาคผนวก ข	31
ภาคผนวก ค	35

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 การลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1	14
3.2 วางพริกบนตะแกรง	15
3.3 การตากพริก	15
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับเวลาของการตากแห้งพริกแดงโดยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	19
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับเวลาของการตากแห้งพริกชี้ฟ้าโดยพลังงานความร้อนแสงจากอาทิตย์	19
4.3 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้า	20

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 4.1	ผลการทดลองตากแห้งพริกแดงแบบธรรมชาติ	17
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลองตากแห้งพริกชี้ฟ้าแบบธรรมชาติ	18

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

พริกเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจของหลายประเทศ เช่น จีน สหรัฐอเมริกา โบลิเวีย รวมทั้งประเทศไทย นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการปรุงรสอาหารเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นและรสชาติในอาหารแล้ว ยังมีการศึกษาพบว่าพริกมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคและมีสรรพคุณเป็นอาหารเสริมสุขภาพด้วย เช่น ช่วยบรรเทาอาการหวัด ช่วยลดการอุดตันของเส้นเลือด ลดปริมาณคอเลสเตอรอล และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งอย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากพริกสดยังมีข้อจำกัด เช่น เกิดการเน่าเสีย คุณภาพของพริกไม่สม่ำเสมอ หรือมีปริมาณที่มากเกินไปจนเกินความต้องการ จึงทำให้ผู้บริโภคหันไปนิยมใช้พริกแห้งมากขึ้น ซึ่งการทำพริกแห้งที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ การตากแห้งกลางแจ้ง (วิริยา พรมทอง, 2554 : เว็บไซต์)

การตากแห้งคือ กระบวนการถนอมอาหาร เพื่อลดน้ำหนักของวัสดุโดยใช้ตัวกลางคือแสงแดดทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อนจากบรรยากาศไปสู่วัสดุที่มีความชื้นอยู่เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยสู่บรรยากาศภายนอกในลักษณะของการพาความร้อน ซึ่งกระบวนการถ่ายโอนความร้อน มี 3 แบบ ได้แก่การพา (Convection) การนำ (Conduction) และการแผ่รังสี (Radiation) การถ่ายโอนความร้อนอาจเกิดจากการพา การนำ และการแผ่รังสีความร้อนหรือผสมกันทั้งสามแบบก็ได้ขึ้นกับการออกแบบและชนิดของการทำแห้งซึ่งการถ่ายโอนความร้อนในลักษณะการพาความร้อนสามารถคำนวณหาค่าความชื้นในวัสดุได้แก่ความชื้นสมดุลความชื้นสัมพัทธ์ และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (การถนอมอาหารของชาวใต้, 2554)

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการตากแห้งว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่เป็นการถนอมอาหารเก็บไว้ได้นานมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการถนอมอาหารโดยวิธีการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นวิธีหนึ่งที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและใช้กันมานานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเนื่องจากการตากแห้งเป็นการลดน้ำหนักของวัตถุดิบ ผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกระหว่างพริกแดงกับพริกชี้ฟ้าโดยการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ระหว่างพริกแดงกับพริกชี้ฟ้าซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิ์สูงอัตราการลดความชื้นจะลดได้ดี และค่าสัมประสิทธิ์น้อย อัตราการลดความชื้นจะลดได้น้อย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงกับพริกชี้ฟ้า
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงกับพริกชี้ฟ้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการทดลอง มุ่งศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริก โดยอาศัยวิธีการตากแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. พริกที่ใช้ทดลองมี 2 ชนิด คือ พริกแดงกับพริกชี้ฟ้า
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของพริกแดง 8.27 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางของพริกชี้ฟ้า 19.38 mm (เส้นผ่านศูนย์กลางได้จากการวัดด้วยเวอร์เนียโดยการสุ่มพริกจำนวน 10 เม็ด แล้วหาค่าเฉลี่ย)
3. ทำการทดลอง 3 วัน วันละ 3 h ณ ชั้นดาดฟ้า อาคาร 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
 - ตัวแปรต้น คือ ความชื้นในพริก
 - ตัวแปรตาม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติ
 - ตัวแปรควบคุม คือ ขนาดของพริก ขนาดของตะแกรง เวลาในการตาก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงกับพริกชี้ฟ้า
2. ทราบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงกับพริกชี้ฟ้า
3. เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการถนอมอาหาร เพื่อสามารถเก็บผลผลิตทางการเกษตรในระยะยาว
4. สามารถนำพริกที่ตากแห้งที่ได้ไปประกอบอาหาร เช่น การทำน้ำพริก พริกคั่ว เป็นต้น เพื่อเป็นรายได้ให้กับเกษตรกร

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. พริก (Chilli) คือ พริกแดงกับพริกชี้ฟ้า
2. การพาความร้อน (Convective heat transfer) คือ การถ่ายโอนความร้อนจากบรรยากาศไปสู่วัสดุ
3. ความชื้น (Moisture) คือ ปริมาณของน้ำที่อยู่ในพริก

4. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) คือ ปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ ณ คาคฟ้า
อาคาร 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสาร

พริก เป็นพืชในตระกูล Solanaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. ชื่อภาษาอังกฤษว่า Chilli peppers, chili, chile หรือ chilli มาจากคำภาษาสเปน ว่า chile โดยส่วนมากแล้วชื่อเหล่านี้มักหมายถึง พริกที่มีขนาดเล็ก ส่วนพริกขนาดใหญ่ที่มีรสอ่อนกว่าจะเรียกว่า Bell Pepper ในสหรัฐอเมริกา Pepper ในประเทศอังกฤษและไอร์แลนด์ capsicum ในประเทศอินเดียกับออสเตรเลีย และ Paprika ในประเทศทวีปยุโรปหลายประเทศ พริกชนิดต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีปลูกกันหลายประเทศทั่วโลก เพราะพริกเป็นเครื่องเทศที่สำคัญชนิดหนึ่ง และยังมีคุณสมบัติเป็นยาสมุนไพรด้วยเช่นกัน

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกเป็นพืชที่มีอายุได้หลายฤดูและลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1- 2.5 ฟุต ใบแบนเรียบและเป็นมันใบรูปร่างกลมรีปลายใบแหลมใบออกตรงกันข้ามดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดเล็กก้านดอกตรงหรือโค้งกลับดอกจะมีสีขาวหรือสีม่วงเกสรตัวผู้มี 1- 10 อัน เกสรตัวเมียมี 1- 2 รัง ไข่ผลหลายขนาด พริกจี๋หนูจะมีผลขนาดเล็กยาวประมาณ 0.04 m มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 m เมื่ออ่อนสีเขียวเข้มและเมื่อเจริญเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีเหลืองในแต่ละผลจะมีเมล็ดจำนวนมากเรียงตัวกันหนาแน่น ส่วนของรากมีสีขาวการปลูกพริกชอบดินร่วนซุยอากาศร้อนขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

2. ประโยชน์ทางยา

พริกเป็นสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์มายาวนาน ผลของพริกมีสรรพคุณ ขับลม ขับปัสสาวะ แก้ไข้หวัด บรรเทาอาการเจ็บปวด ขับเหงื่อและช่วยให้เจริญอาหาร ประโยชน์ทางอาหาร ส่วนที่เป็นผัก ยอดอ่อนและผลของพริกใช้เป็นผักและเครื่องปรุงรสได้ พริกจะแตกยอดงามในฤดูฝนและก่อนติดผล เมื่อมีผลแล้วจะมียอดน้อยลง ผลจะมีตลอดปี

3. การปรุงอาหาร

ยอดอ่อนของพริกรับประทานโดยลวกเป็นผักแกล้มกับน้ำพริกหรือนำไปปรุงอาหารประเภทแกงจืด แกงเลียง ทำให้รสชาติอร่อยส่วนผลมักใช้เป็นเครื่องปรุงรสสำหรับอาหารไทยหลายชนิด

4. รสและประโยชน์ต่อร่างกาย

ยอดพริกมีรสเผ็ด ส่วนผลของพริกมีรสเผ็ดจัดรับประทานเป็นผักจะช่วยเจริญอาหาร และช่วยขับลม ทำให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น ผลของพริกจี๋หนู 100 g ให้พลังงานต่อร่างกาย 55 kcal

ประกอบด้วย เส้นใย 5.2 g แคลเซียม 4 mg ฟอสฟอรัส 14 mg เหล็ก 1.2 mg วิตามินเอ 2417 mg วิตามินบีหนึ่ง 0.29 mg วิตามินบีสอง 0.11 mg ไนอาซิน 1.5 mg วิตามินซี 44 mg

5. ชนิดของพริก

พริกมีหลายชนิด เช่น พริกขี้หนู พริกไทย พริกหยวก พริกเหลือง พริกชี้ฟ้า พริกหนุ่ม พริกกระเทียม

5.1 พริกแดง

ชื่อไทย พริกแดง พริกเขียว

ชื่อสามัญ Red Chili, Green Chili

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Capsicum annuum* L. var. *grossum*

ชื่อวงศ์ *Solanaceae* - *Nightshade family*

สรรพคุณ แก้บิด กระตุ้นการทำงานของกระเพาะอาหาร ทำให้เจริญอาหาร ลดอาการอักเสบ ละลายลิ่มเลือด ป้องกันมะเร็งในลำไส้

5.2 พริกชี้ฟ้าแดง

ชื่อไทย พริกชี้ฟ้าแดง พริกชี้ฟ้าเหลือง

ชื่อสามัญ Long Red Chili, Long Yellow Chili

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Capsicum annuum* L. var. *grossum*

ชื่อวงศ์ *Solanaceae* - *Nightshade family*

สรรพคุณ แก้บิด กระตุ้นการทำงานของกระเพาะอาหาร ทำให้เจริญอาหาร ลดอาการอักเสบ ละลายลิ่มเลือด ป้องกันมะเร็งในลำไส้ (สารานุกรมเสรี, 2554: เว็บไซต์)

6. ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกระดับปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของความชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2.1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.)

7. วิธีการหาความชื้น

วิธีการหาความชื้นแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การวัดค่าความชื้นโดยตรงด้วยวิธี AOAC, 2005 (Association of Official Agricultural Chemists) ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักเปียก แล้วนำไปใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 120°C ประมาณ 24 h แล้วนำไปวางในเคซิเคเตอร์ (Desiccator) จนเย็นแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง โดยให้น้ำหนักของวัสดุที่ผ่านการอบแห้งนี้มาแล้วถือว่าเป็นน้ำหนัก จากนั้นสามารถนำไปคำนวณหาความชื้นได้ตามสมการ การหาความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้นมาตรฐานเปียก
2. การวัดค่าความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้น ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบโดยใช้หลักการต่างกัน เช่น ใช้สมการการสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรด หรือใช้หลักการวัดความจุไฟฟ้า หรือใช้หลักการวัดความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น การวัดความชื้นโดยเครื่องวัดนั้นสามารถวัดได้อย่างรวดเร็ว แต่การวัดความชื้นวิธีนี้จะต้องทำการสอบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

8. ความชื้นสมดุล

อาหารที่มีคุณสมบัติในการดูดและคายความชื้นให้กับบรรยากาศเมื่อนำอาหารวางสัมผัสกับอากาศ ถ้าความชื้นในอาหารมีแรงดันไอน้ำสูงกว่าอากาศ อาหารจะถ่ายเทความชื้นภายในตัวมันให้กับอากาศในทางตรงข้าม ถ้าอากาศมีแรงดันไอน้ำสูงกว่าอาหาร ความชื้นจากอากาศก็จะถ่ายเทให้กับอาหาร การถ่ายเทความชื้นจะดำเนินไปเรื่อยๆ จนกระทั่งความดันไอน้ำทั้งสองมีค่าเท่ากัน ความชื้นที่อาหารมีอยู่ขณะนี้ เรียกว่า “ความชื้นสมดุล”

9. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

อากาศมีความชื้นอยู่เช่นเดียวกัน เราเรียกความชื้นของอากาศว่าเป็นความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนความดันไอน้ำในบรรยากาศกับความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเดียวกัน อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะสามารถรับความชื้นจากอาหารได้มาก จึงนิยมใช้หลักการนี้ใช้ในการอบแห้งอาหาร โดยการอุ่นอากาศให้ร้อน หรือติดตั้งระบบดูดความชื้นจากอากาศ ทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำหรืออากาศแห้ง

10. ทฤษฎีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

พิจารณาการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างพริกและอากาศแวดล้อม จะเขียนสมการความสัมพัทธ์ในรูปทั่วไป ดังนี้

$$\dot{Q}_{ev} = h_c A (T_A - T_M) \quad (2.3)$$

เมื่อ $\dot{Q}_{ev}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำในพริก (J/m^2s)

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_c) สำหรับการทำแห้งโดยการตากแดดที่กลางแจ้งซึ่งมีการพาความร้อนแบบธรรมชาติสามารถแสดงในรูปความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ไร้มิติได้ ดังนี้

$$Nu = \frac{h_c X}{K} = N(Ra)^n \quad (2.4)$$

หรือ $h_c = \frac{K}{X} \cdot N(Ra)^n \quad (2.5)$

เมื่อ Nu คือ นัสเซิลท์นัมเบอร์ มีค่าเท่ากับ $h_c X/K$

เนื่องจากการทำแห้งพริกโดยการตากแดดที่กลางแจ้งอยู่ในช่วงของอัตราการอบแห้งคงที่ จึงสามารถคำนวณอัตราการถ่ายโอนความร้อน ($\dot{Q}_{ev}$) ที่ใช้ในการระเหยน้ำในพริกได้จากสมการ

$$\dot{Q}_{ev} = 0.016 \cdot h_c \cdot [P(T_M) - RH \cdot P(T_A)] \quad (2.6)$$

โดยการนำสมการ (2.5) แทนในสมการ (2.6) จะได้

$$\dot{Q}_{ev} = 0.016 \cdot \frac{K}{X} \cdot N(Ra)^n \cdot [P(T_M) - RH \cdot P(T_A)] \quad (2.7)$$

เมื่อ $\dot{Q}_{ev}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำในพริก (J/m^2s)

ทำการหารสมการ (2.4) ด้วยค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (L) แล้วคูณด้วยพื้นที่ (A) และเวลา (t) ที่พริกได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ จะสามารถคำนวณมวลของไอน้ำที่ระเหย (M_{ev}) ได้ ดังนี้

$$M_{ev} = \frac{\dot{Q}_{ev}}{L} \cdot A \cdot t = 0.016 \cdot \frac{K}{XL} \cdot N(Ra)^n \cdot [P(T_M) - RH \cdot P(T_A)] \cdot A \cdot t \quad (2.8)$$

จากสมการที่ (2.8) ถ้ากำหนดให้

$$0.016 \cdot \frac{K}{XL} \cdot [P(T_M) - RH \cdot P(T_A)] \cdot A \cdot t = Z \quad (2.9)$$

แล้วจัดรูปสมการ (2.8) ใหม่จะได้

$$\frac{M_{ev}}{Z} = N(Ra)^n \quad (2.10)$$

ทำการใส่ $\ln$ ทั้งสองข้างของสมการ (2.8) จะได้

$$\ln \left[\frac{M_{ev}}{Z} \right] = n \ln(Ra) + \ln N \quad (2.11)$$

พิจารณาสมการ (2.9) เทียบกับรูปแบบของสมการเชิงเส้น จะพบว่าเมื่อพล็อตค่า $\ln(Ra)$ และ $\ln[M_{ev}/Z]$ จะได้ความชันของกราฟเส้นตรงเท่ากับ n และค่าจุดตัดแกน Y (Y-Intercept) เท่ากับ $\ln N$ (รูปที่) โดยใช้สมบัติทางกายภาพของอากาศซึ่งประกอบด้วยค่าความร้อนจำเพาะ (C) สภาพการนำความร้อน (K) ความหนาแน่น (ρ) ความหนืดพลวัต (μ) ค่าความดันไอย่อย ($P(T)$) ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (L) และสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของอากาศ (β) ตามสมการที่ (2.12-2.18)

$$c = 999.2 + 0.1434T_{av} + 1.101 \times 10^{-4}T_{av}^2 - 6.7581 \times 10^{-8}T_{av}^3 \quad (2.12)$$

$$K = 0.0244 + 0.6673 \times 10^{-4}T_{av} \quad (2.13)$$

$$\rho = 353.44/T_{av} \quad (2.14)$$

$$\mu = 1.718 \times 10^{-5} + 4.620 \times 10^{-8}T_{av} \quad (2.15)$$

$$P(T) = \exp(25.317 - 5144/T_{av} + 273.15) \quad (2.16)$$

$$L = 3.1615 \times 10^6 (1 - 7.6166 \times 10^{-4}T_{av}) \quad (2.17)$$

$$\beta = 1/T_{av} \text{ เมื่อ } T_{av} = (T_A + T_M)/2 \quad (2.18)$$

เมื่อ A	คือ พื้นที่ผิวของพริกที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ (m^2)
C	คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kgK)
N, n	คือ ค่าคงที่
D	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของพริก(m)
Gr	คือ กราสฮอฟฟ์นัมเบอร์ มีค่าเท่ากับ $\beta g X^3 \rho^2 \Delta T / \mu^2$
G	คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)
h_c	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริก ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
H	คือ ความหนาของชั้นพริก (m)

K	คือ สภาวะการนำความร้อนของอากาศ ($\text{J/m}^2\text{s}$)
L	คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (J/kg)
M_d	คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)
M_{ev}	คือ มวลของน้ำในพริกที่ระเหย (kg)
M_w	คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.)
Nu	คือ นัสเซิลท์นัมเบอร์ มีค่าเท่ากับ $h_c X/K$
PD	คือ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง หาได้จาก $[(\text{ค่าทดลอง}-\text{ค่าทำนาย})/\text{ค่าเฉลี่ย}]\times 100$
Pr	คือ พรันเทิลนัมเบอร์ มีค่าเท่ากับ $\mu C/K$
$P(T)$	คือ ความดันไอย่อยที่อุณหภูมิใดๆ (N/m^2)
Q_{ev}	คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำในพริก ($\text{J/m}^2\text{s}$)
Ra	คือ ราเลย์นัมเบอร์ มีค่าเท่ากับ $GrPr$
RH	คือ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหนือผิวของพริก (decimal)
S	คือ เส้นรอบวงของชิ้นพริก(m)
T_A	คือ อุณหภูมิของอากาศเหนือผิว ($^{\circ}\text{C}$)
T_{av}	คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชิ้นพริกและอากาศเหนือชิ้นพริก ($^{\circ}\text{C}$)
ΔT	คือ ผลต่างอุณหภูมิของชิ้นพริกและอากาศเหนือชิ้นพริก ($^{\circ}\text{C}$)
t	คือ เวลา (min)
X	คือ ขนาดของพริกเฉพาะ มีค่าเท่ากับ A/S (m)
β	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของอากาศ ($1/K$)
μ	คือ ความหนืดพลวัตของอากาศ (kg/ms)
ρ	คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3) (ผ่องศรี, 2551)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิลีหัยะ และมะรุดีง (2552) ได้ศึกษาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของการทำแห้งส้มแขกจากการทดลองพบว่า ชิ้นส้มแขกที่มีความหนา 8.89 mm มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติเฉลี่ยเท่ากับ $29.99 \text{ W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$ และชิ้นส้มแขกที่มีความหนา 16.70 mm มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติเฉลี่ยเท่ากับ $29.43 \text{ W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$ ซึ่งอัตราการอบแห้งอยู่ในช่วงการอบแห้งคงที่ โดยชิ้นส้มแขกที่มีความหนา 8.89 mm จะมีอัตราการทำแห้งสูงกว่าชิ้นส้มแขกที่มีความหนา 16.70 mm

เสกสรร และคณะ (2551) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล ในกระบวนการอบแห้งใบชาจากการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลในกระบวนการอบแห้งใบชาในแต่ละครั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในใบชา และการลดลงของน้ำหนักใบชาผ่านการอบ ซึ่งการลดลงนี้เป็นผลเนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ภายในใบชาซึ่งจะถูกควบคุมโดยสภาวะในการอบ ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ

เทวรัตน์ และสมยศ (2550) ได้ศึกษาการอบแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ พบว่า การนำเอาไมโครเวฟมาร่วมกับลมร้อนช่วยลดเวลาในการอบแห้งและเพิ่มค่า SMER เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน และยังพบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟแบบเป็นช่วง มีความเหมาะสมในการอบแห้งมากที่สุด ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด และให้ค่า SMER สูงสุดโดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์

ฉันทนา และคณะ (2549) ได้ศึกษาการอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้เครื่องอบแห้งลำไย การใช้เครื่องอบแห้งลำไยเพื่ออบแห้งพริกชี้ฟ้าแดงจำนวน 200 kg ที่ความชื้นเริ่มต้นที่ร้อยละ 250 % (d.b.) ลดลงร้อยละ 13 % (d.b.) พบว่าที่สภาวะเหมาะสมในการอบแห้งคือที่ชั้นความหนา 0.2 m อุณหภูมิในการอบแห้ง 80 °C โดยมีระยะเวลาในการอบแห้ง 17 h ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าเท่ากับ 10.23 MJ/kgH₂O_{evap} โดยสามารถประหยัดพลังงานจำเพาะในการอบแห้งได้ร้อยละ 21 เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานในการอบแห้งแบบไม่มีการนำอากาศร้อนมาใช้ใหม่

จริญ (2544) ได้ศึกษาสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลสารในการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจากบ่อเติมอากาศ ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเชิงปริมาณ (Overall Mass Transfer Coefficient Area Kola) และสัมประสิทธิ์ฟิล์มแก๊ส (K_{Ga}) แปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ส่วนสัมประสิทธิ์ฟิล์มของเหลว (K_{La}) และ K_{OLa} ของทุโลอินจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการเพิ่มของ K_{La} จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

Yu et al (2011) ได้ศึกษาการถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติไม่คงที่จากความร้อนในถังวงกลมในแนวนอนอุ่นถึงอากาศที่เต็มไปด้วยทรงของรูปสามเหลี่ยมคู่ การถ่ายโอนแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติที่ไม่มั่นคงในภูมิภาควงแหวนแนวนอนล้อมรอบด้วยวงกลมภายในอุ่นถึงและถึงคู่สามเหลี่ยมด้านนอกอัตราส่วนและมุมเอียงของผู้สามเหลี่ยมเป็นตัวเลขสำหรับการศึกษาความหลากหลายของกราฟซอฟต์แวร์ นัมเบอร์ โดยทั่วไปจะนำเสนอและจัดแสดงตัวเป็นระยะและระยะเวลาในการพัฒนาและจำนวนการไหลของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในผนังด้านในจะมีเวลาเฉลี่ยของนัสเซลนัมเบอร์เกินกว่าการคาดการณ์ด้วยจำนวนของกราฟซอฟต์แวร์นัมเบอร์

Kurazumi et al (2008) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพาและการแผ่รังสีความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ มุ่งเน้นในพื้นที่การถ่ายเทความร้อนของร่างกายมนุษย์ วัด

ความร้อนโดยตรง การไหลของความร้อนรวมและพลัซการแผ่รังสีความร้อนถูกว่าจ้างให้นางแบบวางท่าต่างๆพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในลักษณะการแผ่รังสีในร่างกายมนุษย์ดังนี้ ทำขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนเท่ากับ $4.43 \text{ W/m}^2\text{K}$ ทำนั้งขัดสมาธิมีค่าเท่ากับ $2.96 \text{ W/m}^2\text{K}$ และทำนั้งเก้าอี้มีค่าเท่ากับ $3.90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนในลักษณะการแผ่รังสีถูกกำหนดสูตรการทดลองของแต่ละท่าไว้แล้ว สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนของร่างกายมนุษย์ทั้งหมดอยู่ภายใต้การพาความร้อนแบบธรรมชาติที่ขับเคลื่อนโดยความแตกต่างระหว่างอากาศอุณหภูมิผิวของอุณหภูมิ

Nada (2007) ได้ศึกษาการพาความร้อนตามธรรมชาติในการถ่ายโอนในแนวนอนและแนวตั้งในตู้แคบ ๆ ปิดด้วยความร้อนแผ่นฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมเป็นครึ่ง การถ่ายโอนในลักษณะการพาความร้อนตามธรรมชาติและในลักษณะการไหลของของไหลในเปลือกแคบแนวนอนและแนวตั้ง อัตราการถ่ายโอนความร้อนระหว่างเปลือกแนวนอนและแนวตั้งในการเปรียบเทียบกับกรงของฐานแผ่นเปลือกการแทรกด้วยความร้อนมักจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายโอนความร้อน การเพิ่มประสิทธิภาพของรูปทรงครึ่งอาร์เรย์ได้รับการเสนอโดยตรงผลการให้ระยะห่างของครึ่งที่ดีที่สุดที่นั่นเซลล์นับเบอร์ (Nu_H) และพื้นผิวของครึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

Bialobrzeski (2005) ได้ศึกษาการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนจากปัญหาผกผันในระหว่างการอบแห้งรากผักชีฝรั่ง โดยการนำเอารากผักชีฝรั่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง $57 \pm 0.2 \text{ mm}$ ความสูง $3 \pm 0.2 \text{ mm}$ ใส่ในภาชนะทรงกระบอกแล้วไปอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ จากการทดลองพบว่าในกระบวนการอบแห้งรากผักชีฝรั่งภายใต้การพาความร้อนแบบธรรมชาติ อัตราการถ่ายโอนความร้อนขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการแลกเปลี่ยนความร้อนภายนอกจากปัญหาผกผันทำให้ได้รับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ถูกต้องมากขึ้นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากปัญหาผกผันเป็นค่าคงที่ ($h=8.1 \pm 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$) และไม่ขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสมดุลของวัตถุดิบที่อยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงจากระดับเริ่มต้นโดยสมการอธิบายมิติของการถ่ายโอนความร้อนขึ้นอยู่กับพื้นผิวน้ำใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย ($R^2=0.9509$)

Kumar (2004) ได้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนตามธรรมชาติในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูกรงของหม้อหุงแสงอาทิตย์ชนิดกล่อง การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนคาดการณ์ว่าจะแตกต่างกัน hc_{12} จาก $4.84\text{--}6.23 \text{ W/m}^2\text{--}^\circ\text{C}$ สำหรับแผ่นดูดกลืนความร้อนจาก $54\text{--}141 \text{ }^\circ\text{C}$ ผลของ hc_{12} จะเทียบเคียงกับรูปสี่เหลี่ยมกรงสำหรับแผ่นดูดกลืนข้างในฝาครอบแก้วและระยะห่างช่องว่าง ผลการศึกษาพบว่า ค่าของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนการถ่ายโอนความร้อนและมีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียด้านบนตัวรูปสี่เหลี่ยมจะลดลง 31 -35% และ 7% ตามลำดับ

Anwar and Tiwari (2001) ได้ศึกษาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบของผลผลิตทางการเกษตร 6 ชนิด คือ พริกชี้หนู ถั่วเขียว ถั่วขาว หอมหัวใหญ่ มันฝรั่งและดอกกะหล่ำ ด้วยการตาก

แห้งกลางแจ้งด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน
ที่ได้อยู่ในช่วง $3.5\text{-}26\text{ W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจะอยู่ในช่วงของอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant drying rate)

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ พริก
2. กลุ่มตัวอย่าง คือ พริกแดงและพริกชี้ฟ้า

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล Metter Toledo รุ่น PB 1502 ความละเอียด 0.01 g
2. เครื่อง Flash Link Data Logger รุ่น Delta-TRAK ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
3. เครื่อง Digital Multimeter รุ่น UNAOHM 9400 ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
4. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ความละเอียด 0.02 mm
5. สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค (K-Type Thermocouple)
6. เทอร์โมมิเตอร์ ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
7. ตู้อบ ยี่ห้อ Memer รุ่น Basic
8. ตะแกรง ขนาด 0.38×0.38 m
9. ฟอยล์

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. การหาค่าความชื้นก่อนตาก

1.1 นำพริกแดงและพริกชี้ฟ้าล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและเด็ดเอาก้านออก นำพริกที่สะอาดแล้วใส่ลงในฟอยล์ที่เตรียมไว้ให้ได้ชนิดละ 3 ฟอยล์ ให้ได้ฟอยล์ละประมาณ 30 g (ตัวอย่างชุดที่ 1) ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การสุ่มตัวอย่างชุดที่ 1

1.3 นำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 5 h ดังภาพที่ 3.5

1.4 จากนั้นไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นเริ่มต้นมาตรฐาน AOAC (2005) โดยหาได้จากสมการที่ (2.1)

2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

2.1 ชั่งน้ำหนักตะแกรง

2.2 นำพริกทั้งสองชนิดมาวางบนตะแกรงโดยที่ตะแกรงที่ 1 วางพริกแดงและตะแกรงที่ 2 วางพริกชี้ฟ้า พร้อมกับเทอร์โมมิเตอร์บนตะแกรงและใต้ตะแกรง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละชนิด แล้วจดบันทึก ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การวางพริกบนตะแกรง

2.3 นำพริกทั้งสองตากแดดด้วยพลังงานความจากแสงอาทิตย์ ณ ชั้นดาดฟ้าอาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา แล้ววัดอุณหภูมิของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าทั้งบนวัสดุและใต้ผิววัสดุด้วยเทอร์โมมิเตอร์และในผิววัสดุด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความยาวนานของแสง ด้วยเครื่อง Flash Link Data logger แล้วบันทึกค่าดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การตากพริก

2.4 หลังจากนั้นนำพริกทั้งสองตะแกรงไปชั่งน้ำหนักที่ตะแกรง แล้วบันทึกค่า

2.5 ทำการทดลองซ้ำ ตามข้อ 3 และ ข้อ 4 ตามลำดับ แล้วบันทึกทุกๆ 15 min นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติต่อไป

3. การหาความชื้นหลังตาก

3.1 นำพริกที่ตากแดด 3 h ใส่ลงในฟอยด์ให้ได้ชนิดละ 3 ฟอยด์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณฟอยด์ละ 30 g

3.2 แล้วนำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 18 h

3.3 จากนั้นไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นเริ่มต้นมาตรฐาน AOAC (2005) โดยหาได้จากสมการที่ (2.1)

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกด้วยโปรแกรม Open Office

2. นำชนิดของพริกกับค่าสัมประสิทธิ์มาเขียนเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพริกเป็นแกน (X) และค่าสัมประสิทธิ์เป็นแกน (Y)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองตากแห้งพริก 2 ชนิด ได้แก่ พริกแดง และพริกชี้ฟ้า ด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้า จากการทดลองตากแห้งพริกแดงและพริกชี้ฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.27 mm และ 19.38 mm ความชื้นเริ่มต้น 325.3% d.b. (77% w.b.) และ 727.5% d.b. (88% w.b.) ตามลำดับ ด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตากแห้งพริกแดงแบบธรรมชาติ

T(min)	$T_{A\ av}$ (°C)	$T_{m\ av}$ (°C)	RH_{av} (°C)	W_{av} (kg)	$M_{ev,av}$ (kg)
0	29.0±1.0	27.9±3.2	58.7±3.1	0.3700±0.0520	0±0
15	31.5± 1.4	30.8±1.6	45.3±2.2	0.3668±0.0510	0.0032±0.0010
30	33.0±1.0	31.8±2.2	38.0±5.6	0.3642±0.0510	0.0026±0.0005
45	34.3±1.7	33.1±1.3	26.3±5.1	0.3604±0.0480	0.0038±0.0025
60	36.0±3.0	33.9±1.6	18.7±5.9	0.3570±0.0490	0.0034±0.0012
75	36.3±2.5	33.2±2.0	15.7±2.1	0.3540±0.0490	0.0030±0.0007
90	36.3±1.2	34.2±0.9	10.7±3.6	0.3513±0.0500	0.0027±0.0010
105	36.7±1.5	34.5±0.7	11.3±1.5	0.3479±0.0500	0.0034±0.0005
120	38.7±0.6	34.6±0.8	10.0±6.2	0.3438±0.0460	0.0041±0.0043
135	39.0±1.0	34.7±0.6	6.7±4.2	0.3414±0.0470	0.0024±0.0030
150	40.0±2.6	34.9±1.3	3.0±2.6	0.3374±0.0450	0.0040±0.0041
165	38.7±1.5	34.3±0.5	1.3±0.6	0.3342±0.0480	0.0032±0.0030
180	40.7±1.2	35.0±1.0	3.0±5.2	0.3292±0.0440	0.0050±0.0040

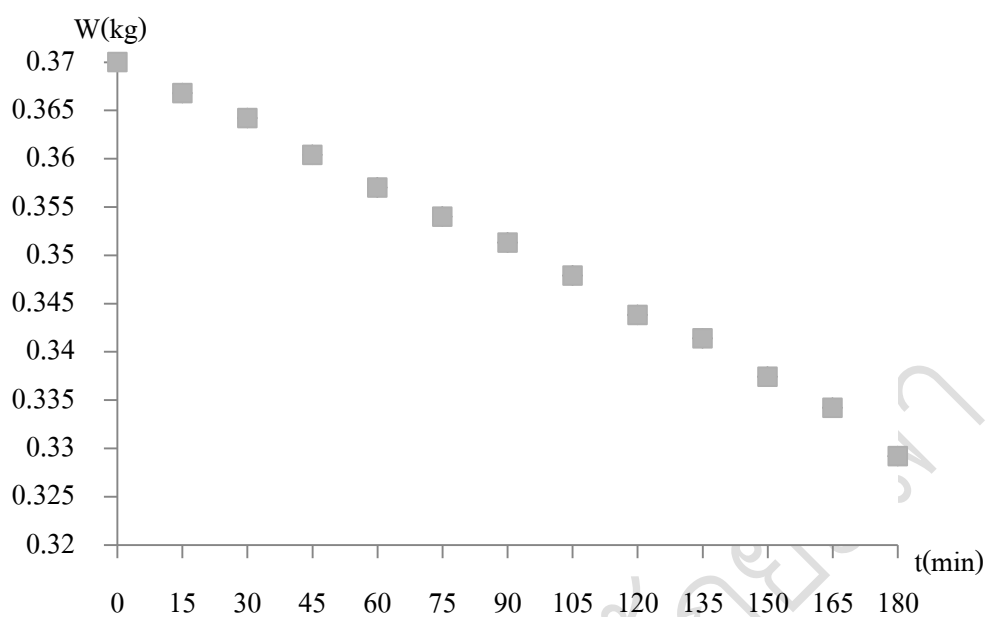
หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองตากแห้งพริกชี้ฟ้าแบบธรรมชาติ

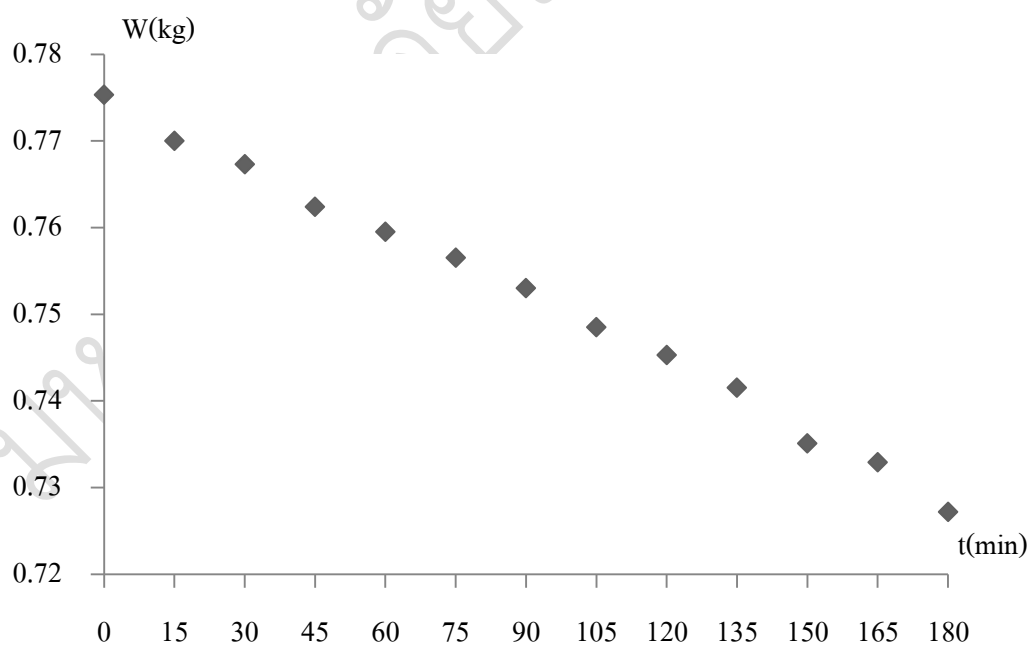
T(min)	T _{A av} (°C)	T _{m av} (°C)	RH _{av} (°C)	W _{av} (kg)	M _{ev,av} (kg)
0	30.0±1.2	28.8±0.2	58.7±3.1	0.7753±0.0530	0±0
15	31.6±0.6	30.3±0.6	45.3±2.1	0.7700±0.0530	0.0053±0.0002
30	32.3±1.2	31.9±1.3	38.0±5.6	0.7673±0.0520	0.0027±0.0009
45	34.3±0.6	33.0±1.2	26.3±5.1	0.7624±0.0520	0.0049±0.0026
60	35.7±3.1	33.6±1.0	18.7±5.9	0.7595±0.0530	0.0029±0.0014
75	36.7±2.1	34.1±1.0	15.7±2.1	0.7565±0.0520	0.0030±0.0010
90	36.3±1.2	34.5±0.4	10.7±3.6	0.7530±0.0510	0.0035±0.0013
105	37.3±1.5	34.8±0.5	11.3±1.5	0.7485±0.0520	0.0045±0.0017
120	38.3±0.6	35.1±1.0	10.0±7.4	0.7453±0.0510	0.0032±0.0013
135	38.3±0.6	34.8±0.4	6.7±4.2	0.7415±0.0530	0.0038±0.0029
150	39.3±1.2	35.1±0.9	3.0±4.4	0.7351±0.0530	0.0064±0.0010
165	39.0±2.0	34.7±0.4	1.3±1.5	0.7329±0.0530	0.0022±0.0010
180	40.7±2.1	35.3±0.6	3.0±6.2	0.7272±0.0520	0.0057±0.0010

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 สรุปได้ว่าการตากแห้งพริกทั้งสองชนิดได้แก่ พริกแดง และพริกชี้ฟ้าด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการตากแห้งทั้งหมด 3 วัน วันละ 3 h ตั้งแต่วันที่ 20 กันยายน 2554 ถึง 22 กันยายน 2554 พบว่า น้ำหนักของพริกทั้งสองจะลดลงไปตามเวลาในช่วงการตากแห้ง 180 min อัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะแบบคงที่ คือ ลดลงเป็นเส้นตรง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองการทำแห้งพริกชี้หนูเขียว ถั่วเขียว ถั่วขาว หอมหัวใหญ่ มันฝรั่งและดอกกะหล่ำ โดยการตากแห้งกลางแจ้งของ (Anwar and Tiwari, 2001) ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2

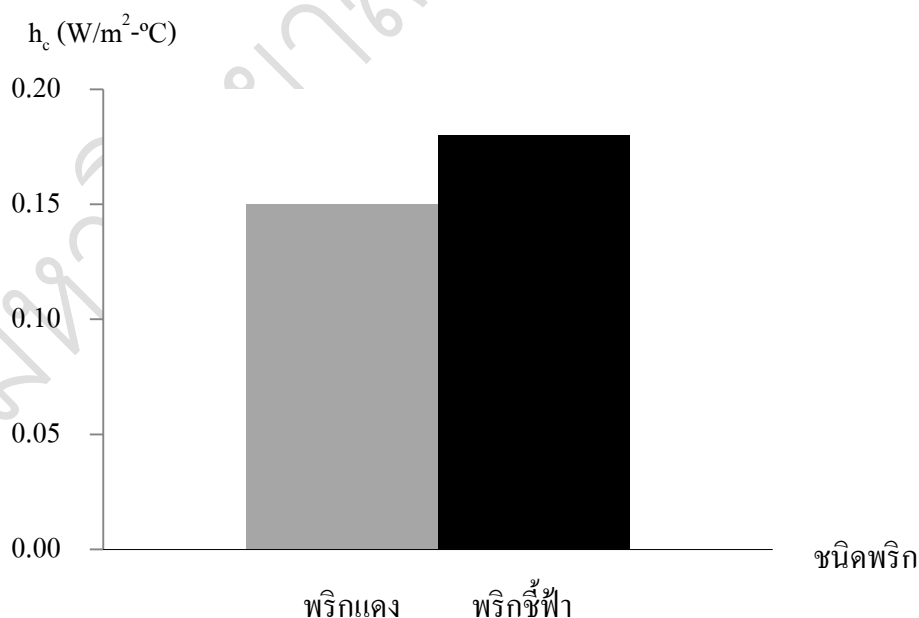


ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับเวลาของการตากแห้งพริกแดงโดยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับเวลาของการตากแห้งพริกชี้ฟ้าโดยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าได้ตามสมการ (2.5) และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของพริกแดงและพริกชี้ฟ้า 3 วัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.13 0.78 0.17 และ 0.23 0.94 0.13 $\text{W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ ตามลำดับ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 8.27 และ 19.38 mm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าของวันที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าวันที่ 1 และวันที่ 3 เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณน้ำในพริก (เสกสรร และคณะ, 2551) จึงยากต่อการเปรียบเทียบและเฉลี่ยเพราะจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นเราจึงตัดค่าสัมประสิทธิ์ของวันที่ 2 ออกและเฉลี่ยค่าของวันที่ 1 และวันที่ 3 เท่านั้น เพราะฉะนั้นเราสรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 และ 0.18 $\text{W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ (15×10^{-2} และ 18×10^{-2} $\text{W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$) ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกทั้งสองชนิดมีค่าน้อยกว่าการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากปัญหาผกผันในระหว่างการอบแห้งรากผักชีฝรั่ง (Bialobizewski, 2006) เพราะรากผักชีฝรั่งมีความชื้นมากกว่าพริก โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาตินั้นจะขึ้นอยู่กับความชื้นในวัสดุ อุณหภูมิ เวลาในการตาก ขนาดตะแกรง และขนาดของวัสดุ จึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติสูงกว่าพริก ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงและพริกชี้ฟ้า

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองตากแห้งพริกด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์โดยได้ทำการตากแห้งพริก 2 ชนิด ได้แก่พริกแดงกับพริกชี้ฟ้า เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดงกับพริกชี้ฟ้าและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างพริกทั้งสองชนิดโดยทำการทดลองและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กันยายน 2554 ถึง 22 กันยายน 2554 สรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติเฉลี่ยของพริกแดงและพริกชี้ฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 และ 0.18 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติระหว่างพริกแดงกับพริกชี้ฟ้าพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกชี้ฟ้าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกแดง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เหตุผลที่ผู้วิจัยได้วัดอุณหภูมิหลายตำแหน่งเนื่องจากอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งนั้นมีความแตกต่างกัน
2. หากผู้ที่สนใจจะทำการทดลองเกี่ยวกับการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติแนะนำให้วัดจุดอื่นๆที่มีในท้องถิ่นและเป็นวัตถุดิบทางการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- การถนอมอาหารของชาวดั. (2554). (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.tsu.ac.th/ists/article/?003>. 10 มิถุนายน 2554.
- เจริญ บุญญาญจน์. (2544). งานวิจัยเรื่องสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลสำหรับกระบวนการระเหยของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากบ่อเดิมอากาศ. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ศิริสุข จินดารักษ์ และจอมภพ แวศักดิ์. (2549). การอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้เครื่องอบแห้งลำไย. *Science Journal NU*, 1 (1), 49-59.
- ผ่องศรี ศิวราศักดิ์. (2551). การถ่ายโอนความร้อน. กรุงเทพฯ: ทริปเพิล กรุ๊ป.
- เทวรัตน์ ทิพย์วิมล สมยศ เชิญอักษร. (2550). การอบแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ. *วารสารกรมวิชาการเกษตร*, 25 (1), 46-57.
- วิริยา พรหมกอง. (2554). พัฒนาการอบแห้งพริกเพื่อควบคุมคุณภาพให้คงที่. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.dailynews.co.th/newstartpage/index.cfm?page=content&categoryId=339&contentI>. 10 มิถุนายน 2554.
- สามารถ เรืองณรงค์. (2545). การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในเครื่องอบแห้งสเปาเต็ดเบดสองมิติ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สารานุกรมเสรี. (2554). พริก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki>. 10 มิถุนายน 2554.
- เสกสรร วินยาศักดิ์ วัชร วัชรารวี และไพโรจน์ ดั่งนกร. (2551). การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลในกระบวนการอบแห้งใบชา. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.ind.cru.in.th. 1 กรกฎาคม 2554.
- อัสหิยะ สนิโซ และมะรุคิง กาซา. (2552). สัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของการทำแห้งส้มแขก. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 32 (4), 435-443.
- Anwar, S.I. and Tiwari, G.N. (2001). Evaluation of Convective Heat Transfer Coefficient in Crop Drying under Open Sun Drying Condition. *Energy Conversion and Mangement*, Vol. 42, pp. 627-637.
- AOAC. (2005). *Official Methods of analysis* (18th edition), Association of Official Analytical Chemists: Washington, D.C.
- Bialobrzewski, I. (2006). Determination of the heat transfer coefficient by inverse problem formulation during celery root drying. *Journal of Food engineering*, Vol. 74, pp. 383-391.

- Kurazumi, Y., Tsuchikawa, T., Ishii, J., Fukagawa, K., Yamato, Y., and Matsubara, N. (2008). Radiative and convective heat transfer coefficients of the human body in natural convection, **Building and environment**, Vol. 43, pp. 2142-2153.
- Nada S.A. (2007). Natural convection heat transfer in horizontal and vertical closed narrow enclosures with heated rectangular finned base plate. **International Journal of heat and mass transfer**, Vol. 50, pp. 667-679.
- Subodh Kumar. (2004). Natural convective heat transfer in trapezoidal enclosure of box-type solar cooker. **Renewable Energy**, Vol. 29, pp. 211-222.
- Yu, Z.T., Xu, X., Hu, Y.C., Fan, L.W., and Cen, K.F. (2011). Unsteady natural convection heat transfer from a heated horizontal circular cylinder to its air-filled coaxial triangular enclosure, **International Journal of heat and mass transfer**, Vol. 54, pp. 1563-1571.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ก-1 เครื่องชั่งแบบดิจิทัล Metter Toledo รุ่น PB 1502 ความละเอียด ± 0.01 °C



ภาพที่ ก-2 เครื่อง Flash Link Data Logger รุ่น Delta-TRAK ความละเอียด ± 0.1 °C



ภาพที่ ก-3 เครื่อง Digital Multimeter รุ่น UNA0HM 9400 ความละเอียด $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$



ภาพที่ ก-4 สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค (K-Type Thermocouple)



ภาพที่ ก-5 เทอร์โมมิเตอร์ ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$



ภาพที่ ก-6 ตู้อบ ยี่ห้อ Memer รุ่น Basic



ภาพที่ ก-7 ตะแกรง ขนาด 0.38×0.38 m



ภาพที่ ก-8 ฟอยล์



ภาพที่ ก-9 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริก

$$1. \quad \Delta T = T_A - T_M$$

$$= 38.0 - 35.0$$

$$= 0.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$2. \quad T_i = T_A + T_M / 2$$

$$= 38.0 + 35.0$$

$$= 36.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$3. \quad C_v = 999.2 + 0.1434 \times (T_i) + 1.101 \times 10^{-4} \times (T_i)^2 - 6.7581 \times 10^{-8} \times (T_i)^3$$

$$= 999.2 + 0.1434 \times (36.5) + 1.101 \times 10^{-4} \times (36.5)^2 - 6.7581 \times 10^{-8} \times (36.5)^3$$

$$= 1004.57749 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$4. \quad K_v = 0.0244 + 0.6773 \times 10^{-4} \times (T_i)$$

$$= 0.0244 + 0.6773 \times 10^{-4} \times (36.5)$$

$$= 0.0268721 \text{ J/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$5. \quad \rho_v = 353.44 / T_i + 273.15$$

$$= 353.44 / 36.5 + 273.15$$

$$= 1.14141773 \text{ kg/m}^3$$

$$6. \quad \mu_v = 1.718 \times 10^{-5} + 4.620 \times 10^{-8} \times T_i$$

$$= 1.718 \times 10^{-5} + 4.620 \times 10^{-8} \times 36.5$$

$$= 1.887 \times 10^{-5} \text{ kg/m}$$

$$7. \quad \beta = 1/T_i$$

$$= 1/36.5$$

$$= 0.0273973 \text{ 1/ } ^\circ\text{C}$$

$$8. \quad Pr = \mu_v \times C_v / K_v$$

$$= 1.887 \times 10^{-5} \times 1004.57749 / 0.0268721$$

$$= 0.70529019$$

$$\begin{aligned}
9. \quad Gr &= \beta_g X^3 \rho^2 \Delta T / \mu^2 \\
&= 0.0273973 \times 9.81 \times (0.7313)^3 \times (1.14141773)^2 \times 3.0 / 1.887 \times 10^{-5} \\
&= 1154249976.046
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
10. \quad GrPr &= GrPr \\
&= 1154249976.046 \times 0.70529019 \\
&= 814081190.54
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
11. \quad P(T) &= \exp(25.317 - 5144 / (Ti + 273.15)) \\
&= \exp(25.317 - 5144 / (36.5 + 273.15)) \\
&= 6031.16689
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
12. \quad L &= 3.1625 \times 10^6 (1 - 7.6166 \times 10^{-4} Ti) \\
&= 3.1625 \times 10^6 (1 - 7.6166 \times 10^{-4} \times 36.5) \\
&= 2407808.77
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
13. \quad Z &= 0.016 \times (K_v / XL) \times P(T) - RH / 100 \times P(T) \times \text{Time} \times 60 \times A \\
&= 0.016 \times (0.0268721 / 0.7313 \times 2407808.77) \times 6031.16689 - 2.0 / 100 \times \\
&6031.16689 \times 135 \times 60 \times 0.1056 \\
&= 0.0012345
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
14. \quad \text{Mev}/Z &= M_{ev} \times 10^{-3} / Z \\
&= 2.10 \times 10^{-3} / 0.0012345 \\
&= 1.7011327
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
15. \quad h_c &= K / X * N(Ra)^n \\
&= 0.0268721 / 0.7313 * 0.3785 (814081190.54)^{0.1761} \\
&= 0.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลองการตากแห้งพริกด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

ตารางที่ ค-1 ผลการทดลองการตากแห้งพริกแดงด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์
วันที่ 20 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
9:10 a.m.	0	30.0	29.0	56.0	424.80	0
9:25 a.m.	15	32.0	31.3	43.0	420.70	4.10
9:40 a.m.	30	34.0	34.0	34.0	417.60	3.10
9:55 a.m.	45	36.0	34.3	25.0	411.10	6.50
10:10 a.m.	60	36.0	33.3	12.0	409.10	2.00
10:25 a.m.	75	36.0	33.7	18.0	405.40	3.70
10:40 a.m.	90	37.0	34.3	7.0	403.80	1.60
10:55 a.m.	105	38.0	34.0	10.0	400.50	3.30
11:10 a.m.	120	39.0	35.0	3.0	391.80	8.70
11:25 a.m.	135	39.0	35.0	2.0	391.40	0.40
11:40 a.m.	150	39.0	34.3	2.0	384.20	7.20
11:55 a.m.	165	39.0	34.3	2.0	384.00	0.20
12:10 p.m.	180	40.0	35.0	0.0	374.60	9.40

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริกมีค่าเท่ากับ 75%d.b. 78%w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-2 ผลการทดลองการตากแห้งพริกแดงด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์
วันที่ 21 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
8:50 a.m.	0	29.0	28.3	58.0	321.10	0
9:05 a.m.	15	32.7	32.0	47.0	318.80	2.30
9:20 a.m.	30	33.0	31.7	41.0	316.30	2.50
9:35 a.m.	45	36.0	33.3	32.0	314.60	1.70
9:50 a.m.	60	39.0	35.7	21.0	310.70	3.90
10:05 a.m.	75	39.0	35.0	14.0	308.30	2.40
10:20 a.m.	90	37.0	35.0	12.0	304.70	3.60
10:35 a.m.	105	39.0	35.3	12.0	300.70	4.00
11:50 a.m.	120	38.0	35.0	15.0	300.40	0.30
11:05 a.m.	135	40.0	35.0	8.0	298.50	1.90
11:20 a.m.	150	43.0	36.3	6.0	295.50	3.00
11:35 a.m.	165	40.0	35.0	1.0	289.30	6.20
11:50 a.m.	180	40.0	36.0	9.0	287.60	1.70

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริกมีค่าเท่ากับ 73%d.b. 75%w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-3 ผลการทดลองการตากแห้งพริกแดงด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

วันที่ 22 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
8:45 a.m.	0	28.0	26.3	62.0	364.10	0
9:00 a.m.	15	30.0	29.0	46.0	360.80	3.30
9:15 a.m.	30	32.0	29.7	30.0	358.60	2.20
9:30 a.m.	45	33.0	31.7	22.0	355.50	3.10
9:45 a.m.	60	33.0	32.7	23.0	351.20	4.30
10:00 a.m.	75	34.0	31.0	15.0	348.10	3.10
10:15 a.m.	90	35.0	33.3	14.0	345.40	2.70
10:30 a.m.	105	36.0	34.3	13.0	342.30	3.10
10:45 a.m.	120	39.0	33.7	12.0	339.20	3.10
11:00 a.m.	135	38.0	34.0	10.0	334.40	4.80
11:15 a.m.	150	38.0	34.0	1.0	332.40	2.00
11:30 a.m.	165	37.0	34.0	1.0	329.20	3.20
11:45 a.m.	180	42.0	34.0	0.0	325.30	3.90

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริกมีค่าเท่ากับ 74%d.b. 77%w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-4 ผลการทดลองการตากแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์
วันที่ 20 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
9:10 a.m.	0	32.0	29.7	56.0	800.90	0
9:25 a.m.	15	32.0	30.0	43.0	795.40	5.50
9:40 a.m.	30	34.0	33.3	34.0	792.20	3.20
9:55 a.m.	45	35.0	33.3	25.0	789.40	2.80
10:10 a.m.	60	35.0	33.0	12.0	786.20	3.20
10:25 a.m.	75	36.0	34.3	18.0	782.60	3.60
10:40 a.m.	90	37.0	34.3	7.0	779.80	2.80
10:55 a.m.	105	37.0	34.3	10.0	773.50	6.30
11:10 a.m.	120	38.0	35.3	3.0	770.80	2.70
11:25 a.m.	135	38.0	35.0	2.0	768.70	2.10
11:40 a.m.	150	38.0	35.0	2.0	762.90	5.80
11:55 a.m.	165	37.0	34.7	2.0	759.70	3.20
12:10 p.m.	180	39.0	35.0	0.0	752.80	6.90

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริกมีค่าเท่ากับ 87% d.b. 88% w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-5 ผลการทดลองการตากแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

วันที่ 21 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
8:50 a.m.	0	30.0	29.0	58.0	714.00	0
9:05 a.m.	15	31.7	31.0	47.0	708.80	5.20
9:20 a.m.	30	32.0	31.3	41.0	707.20	1.60
9:35 a.m.	45	34.0	34.0	32.0	703.00	4.20
9:50 a.m.	60	39.0	34.7	21.0	698.90	4.10
10:05 a.m.	75	39.0	35.0	14.0	697.00	1.90
10:20 a.m.	90	37.0	35.0	12.0	693.70	3.30
10:35 a.m.	105	39.0	35.3	12.0	689.20	4.50
11:50 a.m.	120	38.0	36.0	15.0	687.00	2.20
11:05 a.m.	135	39.0	35.0	8.0	679.90	7.10
11:20 a.m.	150	40.0	36.0	6.0	673.80	6.10
11:35 a.m.	165	39.0	35.0	1.0	671.90	1.90
11:50 a.m.	180	40.0	36.0	9.0	667.00	4.90

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริกมีค่าเท่ากับ 88%d.b. 88%w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-6 ผลการทดลองการตากแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

วันที่ 22 กรกฎาคม 2554

	Time	T _A	T _M	RH	Weight	m _{ev}
Start	(min)	(°C)	(°C)	(%)	(g)	(g)
8:45 a.m.	0	28.0	27.7	62.0	810.90	0
9:00 a.m.	15	31.0	30.0	46.0	805.70	5.20
9:15 a.m.	30	31.0	31.0	30.0	802.60	3.10
9:30 a.m.	45	34.0	31.7	22.0	794.80	7.80
9:45 a.m.	60	33.0	33.0	23.0	793.50	1.30
10:00 a.m.	75	35.0	33.0	15.0	789.90	3.60
10:15 a.m.	90	35.0	34.3	14.0	785.60	4.30
10:30 a.m.	105	36.0	34.7	13.0	782.70	2.90
10:45 a.m.	120	39.0	34.0	12.0	778.00	4.70
11:00 a.m.	135	38.0	34.3	10.0	775.90	2.10
11:15 a.m.	150	40.0	34.3	1.0	768.70	7.20
11:30 a.m.	165	41.0	34.3	1.0	767.00	1.70
11:45 a.m.	180	43.0	35.0	0.0	761.90	5.10

หมายเหตุ : M_d และ M_w ของพริก มีค่าเท่ากับ 89%d.b. 88%w.b. ตามลำดับ

ตารางที่ ค-7 การหาความชื้นเริ่มต้นของพริกก่อนทดลอง

ลำดับ ถ้วย	ชนิดของ พริก	นน.ถ้วย (g)	นน. พริก(g)	W(g)	น้ำหนักของพริกหลังจากอบ ที่อุณหภูมิ 130°C เวลา 5 h		
					นน.พริก+ ถ้วย	d(g)	(%w.b.) $M_w = w-d/w \times 100$
1	พริกแดง	7.1	40.5	33.4	14.3	7.2	78
2	พริกแดง	6.9	40.7	33.8	14.5	7.6	78
3	พริกแดง	7.2	40.3	33.1	14.8	7.6	77
4	พริกชี้ฟ้า	8.4	47.9	39.5	13.0	4.6	88
5	พริกชี้ฟ้า	7.4	46.3	38.9	12.0	4.6	88
6	พริกชี้ฟ้า	7.8	44.8	37.0	12.2	4.0	89

ตารางที่ ค-8 การหาความชื้นพริกหลังตากแดด

ลำดับ ถ้วย	ชนิดของ พริก	นน.ถ้วย (g)	นน. พริก (g)	W(g)	น้ำหนักของพริกหลังจากอบ ที่อุณหภูมิ 120°C เวลา 18 h		
					นน.พริก+ ถ้วย	d(g)	(%w.b.) $M_w = w-d/w \times 100$
1	พริกแดง	7.1	40.3	33.2	14.8	7.7	77
2	พริกแดง	6.9	40.5	33.6	15.2	8.3	75
3	พริกแดง	7.2	40.5	33.3	15.2	8.0	76
4	พริกชี้ฟ้า	8.4	47.2	38.8	12.4	4.0	89
5	พริกชี้ฟ้า	7.4	45.8	38.4	12.4	5.0	87
6	พริกชี้ฟ้า	7.8	48.4	40.6	13.1	5.3	87

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของพริกด้วยโปรแกรม Open office

ΔT	Ti	Cv	Kv	ρ_v	μ_v	β	Pr	Gr	Gr*Pr	P(T)	L	Z	mev/Z	ln(Gr*Pr)	ln(mev/Z)	hc
(°C)	(°C)	J/kg °C	J/m ² °C	kg/m ³	kg/m	1/°C				N/m ²	J/kg					
2.3	30.9	1003.72669	0.02648947	1.16263158	1.8605E-05	0.03241491	0.70498223	1116967846.087	787442487.06	4429.08089	2420932.87	0		20.4843009		0.23300101
2.0	31.0	1003.74919	0.02649963	1.16205819	1.8612E-05	0.03225806	0.70499025	964904570.669	680248312.59	4466.19661	2420583.47	5.7951E-05	94.9072552	20.3379685	4.55290015	0.230013412
0.7	33.7	1004.14750	0.02667911	1.15202086	1.8735E-05	0.02971768	0.70513330	301786038.929	212799384.38	5168.70159	2414419.25	0.00015676	20.4129149	19.1758604	3.01616778	0.208378359
1.7	34.2	1004.22282	0.02671298	1.15014644	1.8758E-05	0.02928258	0.70516059	718058217.976	506346359.99	5311.64754	2413258.05	0.00027508	10.1788065	20.0427315	2.32030777	0.225731356
2.0	34.0	1004.20022	0.02670282	1.15070812	1.8751E-05	0.02941176	0.70515239	849958185.842	599350050.32	5268.40269	2413606.35	0.00042662	7.5007869	20.2113564	2.01500793	0.229127412
1.7	35.2	1004.37361	0.02678071	1.14641583	1.8804E-05	0.0284495	0.70521548	689709829.859	486394050.73	5608.01985	2410937.50	0.00053108	6.7786333	20.0025297	1.9137755	0.225479013
2.7	35.7	1004.44908	0.02681457	1.14455959	1.8827E-05	0.02805049	0.70524307	1073922996.052	757376752.97	5761.59089	2409778.16	0.00074388	3.7640617	20.4453714	1.32549861	0.23502827
2.7	35.7	1004.44908	0.02681457	1.14455959	1.8827E-05	0.02805049	0.70524307	1073922996.052	757376752.97	5761.59089	2409778.16	0.00083986	7.5012372	20.4453714	2.01506797	0.23502827
2.7	36.7	1004.60017	0.0268823	1.14086507	1.8873E-05	0.02728513	0.70529854	1032812815.209	728441370.11	6079.87361	2407461.42	0.00109545	2.4647308	20.4064177	0.9020826	0.234789896
3.0	36.5	1004.57749	0.02687215	1.14141773	1.8866E-05	0.02739726	0.70529019	1154249976.046	814081190.54	6031.16689	2407808.77	0.00123447	1.7011327	20.5175707	0.5312943	0.237082218
3.0	36.5	1004.57749	0.02687215	1.14141773	1.8866E-05	0.02739726	0.70529019	1154249976.046	814081190.54	6031.16689	2407808.77	0.00137164	4.2285298	20.5175707	1.44185436	0.237082218
2.3	35.9	1004.47928	0.02682812	1.14381877	1.8836E-05	0.027894	0.70525413	907651287.106	640124823.21	5824.04787	2409314.61	0.00145369	2.2012973	20.2771738	0.78904689	0.231582602
4.0	37.0	1004.65310	0.02690601	1.13957762	1.8889E-05	0.02702703	0.70531804	1509612538.804	1064756962.64	6194.87035	2406651.18	0.00172815	3.9927180	20.7860124	1.3844722	0.243238864
2.4	34.8	1004.32352	0.02675805	1.14770747	0.00001879	0.02881817	0.70519781	965215944.206	680678437.54	5533.56589	2411718.35	0.00076266	17.2455066	20.2807873	2.0657892	0.231197

m = 0.090811198

C=1.00116073

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นางสาวนอฮีมะ หะมะ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113047

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 7 หมู่ที่ 7 ตำบลบาลอ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา 95140

เบอร์โทร 089-0937274

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นางสาวรอฮานี วานี

รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113020

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 64 หมู่ที่ 4 ตำบลยี่งอ อำเภอยี่งอ จังหวัดนราธิวาส 96180

เบอร์โทร 089-9752867