

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้ กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด The Study Effect Factors on Continuous Chillies Drying by using Fluidized Bed Technique for Drying Process

ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์^{1*} เท็ดทวี อ้วนสี¹ นิพนธ์ มหาพรหม¹ นันทวัฒน์ พลายเมือง¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทร 0-4333-6371 โทรสาร 0-4323-7483 *อีเมลล์ Supchar_2005@yahoo.com

Suparerk Charnongkolpradit^{1*}, Terdtawee Uansri¹, Nipon Mahaprom¹, and Nantawat plymuang¹

¹ Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen
Campus, Khon Kaen, 40000, Thailand, Tel: 0-4333-6371, Fax: 0-4323-7483 * E-mail: Supchar_2005@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ อุณหภูมิ ความเร็วลมร้อน ความชื้นที่เวลาระดับต่างๆ มีต่อการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อหาความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความเร็วลมร้อน ความชื้นและเวลาที่ระดับต่างๆ ที่เหมาะสมในการอบแห้งพริก โดยทดสอบในห้องอบกว้าง 0.3 เมตร ยาว 1.0 เมตร สูง 0.5 เมตร ที่อุณหภูมิ 50 55 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลมร้อน 4.0 5.0 และ 6.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากการทดสอบอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด พบว่าน้ำหนักของพริกจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระยะเวลาของการอบแห้งพริกเพิ่มมากขึ้นอุณหภูมินั้นจะมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและความชื้นของพริกที่หายไปและมีผลต่อสีของเม็ดพริก มากกว่าความเร็วลมร้อน โดยที่ความเร็วลมร้อนจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนตัวของเม็ดพริกและยังมีผลต่อผิวของเม็ดพริกอีกด้วย โดยพริกจะมีการเคลื่อนตัวแบบฟลูอิดไดซ์เบด จะต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 45-60% มาตรฐานเปียก และมีความเร็วเริ่มต้นในการเกิดการเคลื่อนที่แบบฟลูอิดไดซ์เบด เท่ากับ 6.38 เมตรต่อวินาที ส่วนพริกจะมีการเคลื่อนตัวออกจากห้องอบจะต้องมีความชื้นอยู่ในช่วง 10-45% มาตรฐานเปียก ในการทดสอบนี้จะได้จุดที่เหมาะสม ในการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด คือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5.0 เมตรต่อวินาที โดยมีน้ำหนักเริ่มต้น 0.5 กิโลกรัม และน้ำหนักสุดท้าย 0.14 กิโลกรัม พริกจะมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12.16% มาตรฐานเปียก และ 13.84% มาตรฐานแห้ง มีอัตราส่วนความชื้นเท่า

กับ 0.14 และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งพริก 2 ชั่วโมง 45 นาที

Abstract

The aims of this research are studying the result of temperature, velocity of hot air and the moisture content at any level that effect on Chillies drying by using fluidized bed technique to find out the relationship between the above factors that suitable for chillies drying. The drying chamber is 0.3 x 1.0 x 0.5 metres with the temperature of 50, 55, 60, 70, 80, 90 and 100 °C and the velocity of hot air are 4.0, 5.0 and 6.0 m/s. This can be found out that the chillies are lighter when continuously drying. The temperature is the important factor to effect on the weight of the chillies. The velocity of hot air affects on the moving of the chillies and skin of them also. The chillies's fluidized-bed move should be interval 45-60% wet basis. The incipient fluidization of the hot air velocity is at 6.38 m/s. The moving out of the chillies from drying chamber should be moisture content at 10-45% wet basis. The suitable temperature in drying process by using this technique is at 90 °C and the velocity of hot air at 5.0 m/s. The beginning and last weights are at 0.5 kg and 0.14 kg. The last moisture content of the chillies is 12.16% wet basis and 13.14% dry basis. The moisture ratio is 0.14 in drying time of 2 hours and 45 minutes.

Keywords: Chillies, Drying, Fluidized Bed and Continuous

1. บทนำ

พริกเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Solanaceae ซึ่งจัดเป็นตระกูลเดียวกันกับ มะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่งและ ยาสูบ เชื่อกันว่าพริกมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้แก่ อเมริกาใต้ และ อเมริกากลาง มีการนำพริกไปสู่ประเทศสเปนและโปรตุเกสและประเทศอื่นๆ หลังจากนั้นพริกก็ถูกเผยแพร่ไปตามส่วนต่างๆ ของทวีปยุโรปและเอเชียพริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและอยู่คู่สังคมไทยมานาน คนไทยนิยมใช้พริกเป็นเครื่องปรุงแต่งรสชาติอาหาร สารให้ความเผ็ดในพริกนอกจากจะทำให้อาหารมีรสชาติที่มีเอกลักษณ์แล้ว ยังมีคุณสมบัติทางการแพทย์อีกด้วย เรียกว่าแคปไซซิน (capsaicin) สารดังกล่าวจะออกฤทธิ์ต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ในระบบทางเดินอาหาร ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ระบบประสาทและอุณหภูมิของร่างกาย สารแคปไซซินจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในวงการเภสัชกรรม

พริกเป็นผักที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปีแต่จะให้ผลผลิตมากที่สุดในช่วงตั้งแต่ เดือนตุลาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ในช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้เกิดปัญหาในลักษณะของผลผลิตล้นตลาด และไม่สามารถจำหน่ายได้ราคาดีจึงมีการแก้ปัญหาลักษณะนี้ด้วย การทำพริกแห้งซึ่งมีคุณภาพและราคาที่ดีกว่าพริกสด การทำพริกแห้งที่มีเงื่อนไขหลักในการกำหนดราคาของพริก ดังนั้น การทำพริกแห้งที่มีคุณภาพดี จึงเป็นวิธีการเพิ่มค่าให้แก่พริกในช่วงที่ผลผลิตออกมัล้นตลาดอีกทางหนึ่ง

ในโครงการนี้เลือกทำการศึกษารอบแห้งพริกด้วย เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด โดยมุ่งเน้นให้เกิดการอบแห้งแบบต่อเนื่อง เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมต่อไป ซึ่งเป็นวิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากวัสดุที่จะอบแห้งมีการเคลื่อนที่ภายในกระแสน้ำร้อน ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนและมวลความชื้น ระหว่างกระแสน้ำร้อนและเนื้อวัสดุสูง สามารถลดความชื้นลงได้ภายในเวลาสั้น เมื่อเทียบกับการอบแห้งวิธีอื่นโดยที่คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตที่ได้ไม่มีความแตกต่างโดยเป้าหมายหลักจะให้ความสนใจในเรื่องปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการอบแห้ง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่จะใช้เป็นตัวควบคุมของการอบแห้งพริกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อให้ได้พริกแห้งที่ดี มีคุณภาพ รวมไปถึงความสะดวกตามเกณฑ์

ที่ต้องการตามท้องตลาดและปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเวลาอันสั้นและในกรณีศึกษา นี้ ทางคณะผู้วิจัยได้นำเอาพริกพันธุ์จินดามาใช้ในการทดสอบ เพราะ โคนผลจะใหญ่และจะยาวไปหาปลาย ผลสุกมีสีแดงสดเข้ม มีรสเผ็ดจัดมีเมล็ดมาก และมีน้ำหนักมาก ผลยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยกว้าง 0.9 เซนติเมตร เมื่อทำเป็นพริกแห้งจะได้พริกที่มี ผลสีเข้มแดงเข้ม, เป็นมันกรอบ, เขียวสด, ผิวเรียบ คุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของพริก
- เพื่อศึกษาผลของ อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความชื้นที่เวลาต่างๆที่มีต่อการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด
- เพื่อหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นและเวลาต่างๆที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

3. สมมุติฐานของการวิจัย

สามารถที่จะหาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดและสามารถหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความเร็วลมและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่เวลาระดับต่างๆเพื่อที่จะหาความเหมาะสมของการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดให้พริกแห้งมีความชื้นสุดท้าย 13 % มาตรฐานแห้ง

4. ขอบเขตของการวิจัย

- ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและลักษณะทางกายภาพของพริกพันธุ์จินดาคือขนาดความยาว 5-10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 เซนติเมตร
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีอยู่ 6 ระดับ คือ 50, 55, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส และใช้ความเร็วลมร้อน 3 ระดับ คือ 4 เมตรต่อวินาที 5 เมตรต่อวินาที และ 6 เมตรต่อวินาที
- ขนาดของห้องอบพริก กว้าง 0.3 เมตร ยาว 1.0 เมตร สูง 0.5 เมตร

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

- รู้ถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้น และเวลาในระดับต่างกัน ที่เป็นตัวควบคุมการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเพื่อให้ได้พริกที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด
- สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปทำการปรับปรุงเครื่องอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อนำไปใช้ในงานจริงในอุตสาหกรรมขนาดย่อมต่อไป

6. ทฤษฎีและความรู้พื้นฐานของกระบวนการอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) หมายถึงการถ่ายเทของเหลว (Liquid) จากของแข็งที่ชื้น (Wet Solid) ไปยังก๊าซที่ยังไม่อิ่มตัว (Unsaturated) เพื่อไล่ความชื้นออกจากของแข็งด้วยการระเหยโดยอาศัยความร้อนที่ได้รับจากก๊าซร้อนที่ยังไม่อิ่มตัวการที่จะเกิด การถ่ายเทของเหลวจากของแข็งที่ชื้นไปยังก๊าซไม่อิ่มตัวได้นั้น จะต้องมีการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งโดยอาศัยกระบวนการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซไปยังวัสดุหรือของแข็ง ที่เปียกชื้น เพื่อไล่ หรือระเหยความชื้นออกมาในรูปของไอน้ำ หลักการที่สำคัญที่สุดในกระบวนการอบแห้ง คือ การหาวิธีการที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซ หรือสิ่งที่เป็นตัวพาความร้อนไปยังวัสดุที่ต้องการอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดความชื้น (Moisture Content) หรือปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุนั้น มักกำหนดเป็นอัตราร้อยละของน้ำต่อน้ำหนักของวัสดุทั้งหมดเรียกว่า ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basic Moisture Content) หรืออัตราร้อยละของน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักแห้งของวัสดุเรียกว่า ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basic Moisture Content)

อัตราร้อยละของความชื้นแบบมาตรฐานเปียก = (น้ำหนักของน้ำในวัสดุอบแห้ง x 100 %) / (น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง + น้ำหนักของน้ำในวัสดุอบแห้ง)

$$W_w = \frac{W}{(m + W)} \quad (1)$$

อัตราร้อยละของความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง = (น้ำหนักของน้ำในวัสดุอบแห้ง x 100 %) / (น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง)

$$W_B = \frac{W}{m} \quad (2)$$

โดยที่ W_w คือ อัตราร้อยละของความชื้นแบบมาตรฐานเปียก

W_B คือ อัตราร้อยละของความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง

W คือ น้ำหนักของน้ำในวัสดุอบแห้ง

m คือ น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง

การคำนวณความชื้นแบบมาตรฐานเปียก เป็นที่นิยมใช้ เพราะเข้าใจง่ายแต่ไม่เหมาะที่จะใช้คำนวณในกระบวนการอบแห้ง เพราะ มวลของวัสดุจะเปลี่ยนค่าตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกกว่าที่จะใช้มวลของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณความชื้น นั่น คือ การคำนวณความชื้นแบบมาตรฐานแห้งนั่นเอง

ฟลูอิดไลเซชันของแก๊สหรือของแข็ง คือกระบวนการที่เกิดขึ้น อยู่สองสภาวะคือ สถานะของแข็งซึ่งอยู่ภายใต้ กระบวนการฟลูอิดไลเซชัน ลักษณะพฤติกรรมของของแข็งจะมีลักษณะคล้ายกับของไหลเมื่อแก๊สไหลผ่านชั้นของอนุภาคซึ่งแสดงใน รูปที่ 1 แก๊สที่มี อัตราการไหลต่ำ ๆ จะค่อย ๆ ซึมผ่านชั้นเบตของอนุภาคที่อยู่กับที่ ใน ขณะที่ความเร็วของแก๊สมีค่ามากขึ้น ความดันจะมีค่าลดลงต่ำลง ในทางตรงกันข้ามชั้นของอนุภาควัสดุจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับ ความเร็วของแก๊สจนกระทั่งความดันลดต่ำจนมีค่าเทียบเท่ากับน้ำหนัก ของอนุภาคในชั้นเบตหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของชั้นเบต ที่จุดนี้อนุภาค ทั้งหมดจะถูกทำให้ลอยขึ้นไปตามการไหลของแก๊สและแรงต้านทาน ระหว่างอนุภาคและแก๊สที่ไหลสวนทางกับน้ำหนักของอนุภาค ชั้นของอนุภาคจะเริ่มเกิดฟลูอิดไลเซชันเบต และเหมือนกับว่าชั้นของ อนุภาคที่เป็นเนื้อเดียวกันนั้นจะมีคุณสมบัติเหมือนกับของไหล เพียงแค่การผสมกันของอนุภาคเพียงเบา ๆ ความเร็วของแก๊ส ที่จุดจุดนี้เราเรียกว่า ความเร็วค่าที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดกระบวนการ ฟลูอิดไลเซชันเบต minimum fluidization velocity, เมื่อความเร็วของ แก๊สมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนมากกว่าค่า U_{mf} ในขณะนั้นแก๊สที่ทำให้เกิด ฟลูอิดไลเซชันเบตจะผ่านชั้นของอนุภาค ซึ่งมีลักษณะเป็นฟองอากาศ (bubbles) ของแก๊สจะมีขนาดที่เล็กตามอุปกรณ์กระจายตัวของแก๊ส อย่างไรก็ดีตามฟองอากาศเหล่านี้จะเกาะตัวกันอย่างรวดเร็วและชั้นของ อนุภาคก็มีการเคลื่อนตัวสูงขึ้น สาเหตุก็คือการผสมกันหรือคลุกเคล้ากัน อย่างแข็งแรงของอนุภาคที่เกิดฟลูอิดไลเซชันเบตจนกระทั่งความเร็วของ แก๊สมากกว่านี้ จุดนี้เราจะเรียกว่าขอบเขตที่อนุภาคเกิดการเคลื่อนย้าย ออกจากชั้นเบตกลายเป็นแก๊สที่พุ่งพาเอาอนุภาคของของแข็งออกไป จากชั้นเบตฟลูอิดไลเซชันเบตสามารถอธิบายได้โดยอนุภาคของของแข็งที่ บรรจุอยู่ในระบบเมื่อของไหลที่เคลื่อนที่เข้ามามีความเร็วมากพอที่จะทำ ให้อนุภาคของของแข็งซึ่งอยู่ใต้อิทธิพลที่ต่ำกว่าสามารถเคลื่อนที่สูงขึ้นได้ โดยความเร็วนี้เรียกว่าความเร็วเริ่มต้นของการเกิดกระบวนการฟลูอิดไลเซชันเบต (incipient Fluidizing velocity)

การส่งผ่านความร้อนและมวลในกระบวนการอบแห้งแบบฟลูอิดไลเซชันเบต(Heat and mass transfer in fluidized bed drying process) การอบแห้งคือกระบวนการที่มีความสำคัญในสมการทางคณิตศาสตร์ทั้ง การส่งผ่านความร้อนและมวลสารซึ่งแสดง ดังรูปที่ 2 ความร้อนมีความ สำคัญสำหรับการระเหยของน้ำที่ถูกส่งผ่านเข้าไปที่อนุภาคของวัสดุ และไอชื้นจะถูกระบายออกจากวัสดุซึ่งอยู่ในการอบแห้ง ความร้อนจะ

ถูกส่งผ่านโดยการพาความร้อนจากสิ่งแวดล้อม(C) เข้าไปที่ผิวของ อนุภาค(B) และจากผิวหน้าเข้าสู่ภายในอนุภาคโดยการนำความร้อน (A) ความชื้นจะถูกดึงออกมาในทิศทางตรงกันข้ามระหว่างของเหลว หรือไอ บนผิวของอนุภาคจะเกิดการระเหยของไอน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อม

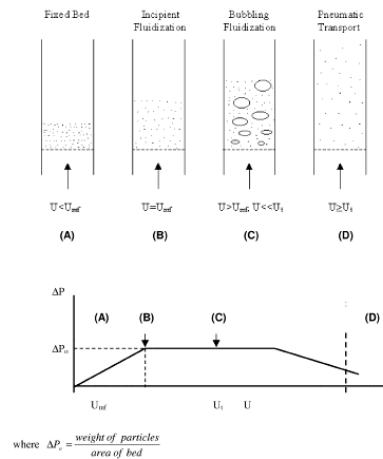


Fig. 2. Four different regions of air fluidization in fluidized bed [21].

รูปที่ 1 Four different regions of air fluidization in fluidized bed[6]

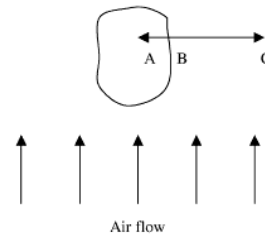


Fig. 3. Representation heat and mass transfer in the drying of a particle.

รูปที่ 2 Representation heat and mass transfer in the drying of a particle.[6]

ผลเนื่องจากความเร็วของแก๊สที่มีค่าสูงมาก ๆ (Effect of gas velocity on the slugging frequency)การอบแห้งแบบฟลูอิดไลเซชันเบตยังคงมีประสิทธิภาพสูงที่ความเร็วต่ำ U/U_{mf} ซึ่งสิ่งที่ตามมาคือ เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไลเซชันเบตจะถูกนำมาใช้มากกว่าเครื่องอบแบบ น้ำพุ (spouted bed) ที่เป็นอย่างนี้ก็เพราะว่าใช้เวลาในการอบแห้งที่สั้น ในขณะที่ใช้พลังงานเพียงนิดเดียวผลของอัตราส่วนความชื้น ณ การ เคลื่อนที่ของของไหลของกระบวนการฟลูอิดไลเซชันเบต (Effect of moisture content on hydrodynamics of fluidized bed)

ปริมาณของอัตราส่วนความชื้นที่มากขึ้นของอนุภาคอาจจะมีผลต่อ พฤติกรรมอนุภาคระหว่างกระบวนการฟลูอิดไลเซชัน โดยทั่วไปแล้ว ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไลเซชัน, U_{mf} สามารถอธิบายได้โดย สมการของ Kunii and Levenspiel [7]:

$$\frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s} \text{Re}_{mf}^2 + \frac{150(1 - \varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s^2} \text{Re}_{mf} = \text{Ar} \quad (3)$$

ในขณะที่ Re คือ ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์

และ Ar คือ Archimedes number

$$\text{Re}_{mf} = \frac{d_p U_{mf} \rho_g}{\mu_g} \quad (4)$$

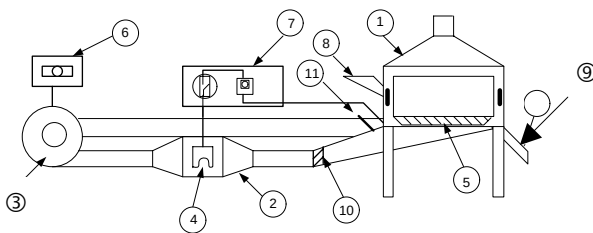
$$\text{Ar} = \frac{d_p^3 \rho_g (\rho_p - \rho_g) g}{\mu_g^2} \quad (5)$$

ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไดซ์เซชันสามารถวัดได้โดยการทดลองและพบว่าสอดคล้องกับสมการที่ (3) ในกรณีที่เป็นอนุภาคแห้ง และการใช้ฐานข้อมูลจากการทดลองสำหรับแต่ละตัวอย่างของวัสดุโดยละเอียดสำหรับอนุภาคที่เป็นข้าวสาลีและทราย ความเร็วต่ำสุดจะส่งผลต่ออัตราส่วนความชื้นของอนุภาค และการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วของฟลูอิดไดซ์เซชันมีค่าต่ำ

7. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาการอบแห้งพริกพันธุ์จินดา ซึ่งเป็นพริกพันธุ์ที่นิยมปลูกและมีขายมากในท้องตลาดโดยทดลองอบแห้งซึ่งพริกมีความชื้นเริ่มต้นที่ 303.8% มาตรฐานแห้ง โดยทดลองในห้องอบแห้งขนาด กว้าง 0.3 เมตร ยาว 1.0 เมตร สูง 0.5 เมตร ใช้แหล่งพลังงานจากขดลวดความร้อนและลมร้อนถูกส่งไปที่ห้องอบแห้งโดยใช้โบล์เวอร์ ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิ 50 55 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลมร้อน 4.0 5.0 และ 6.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



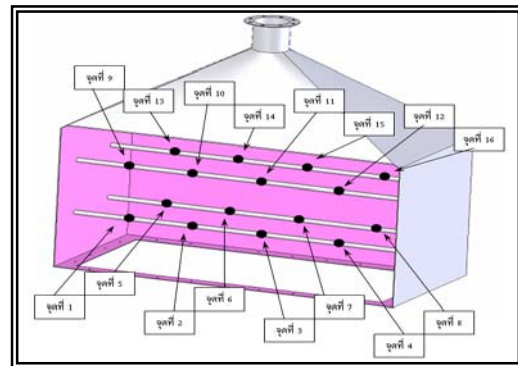
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง

(1), ห้องอบแห้ง; (2), ห้องชุดกำเนิดความร้อน; (3),พัดลมหอยโข่งและมอเตอร์ไฟฟ้า; (4),ขดลวดความร้อน; (5), ถาดใส่พริกทอดอง; (6),ชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า; (7),ชุดควบคุมอุณหภูมิ; (8),ทางเข้าพริก; (9),ทางออกพริก; (10),แผ่นกระจายลม; (11),เทอร์โมคัปเปิ้ล

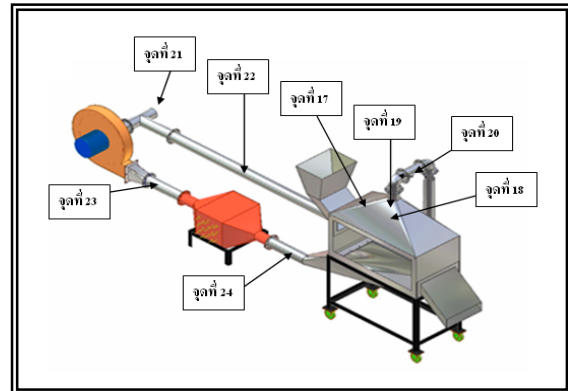
7.2 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่าง ๆ

การออกแบบในการติดตั้งอุปกรณ์การวัดค่าในจุดต่าง ๆ ภายในห้องอบพริก และภายนอกห้องอบพริกเพื่อนำค่าที่ได้ศึกษาหาปัจจัย(อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความดัน, เวลา)ในการอบแห้งพริก

แบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด โดยมีการติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Data Logger และสายเทอร์โมคัปเปิ้ล การติดตั้งเครื่องบาร์โรมิเตอร์ และการวัดความเร็วลมในจุดวัดต่าง ๆ ที่กำหนดในการทดสอบ ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



รูปที่ 4 แสดงจุดวัดภายในห้องอบ จุดต่าง ๆ ในการทดสอบเพื่อหาปัจจัย(อุณหภูมิ,ความเร็วลม)ในการอบพริกโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 5 แสดงจุดวัดภายนอกห้องอบ จุดต่าง ๆ ในการทดสอบเพื่อหาปัจจัย(อุณหภูมิ,ความเร็วลม,ความดัน,ความชื้นของลมร้อน)ในการอบพริกโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

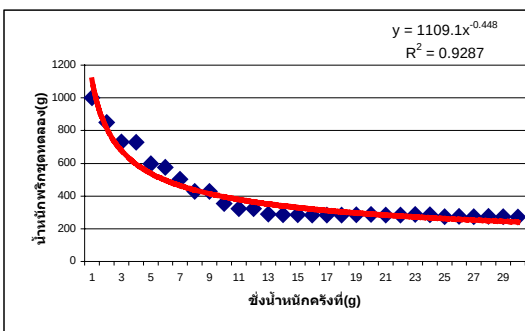


รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลภายในห้องอบและภายนอกห้องอบของเครื่องอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

8. ผลการวิจัย

8.1 ผลการศึกษาความชื้นภายในเม็ดพริกโดยการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักด้วยวิธีการตากแห้ง

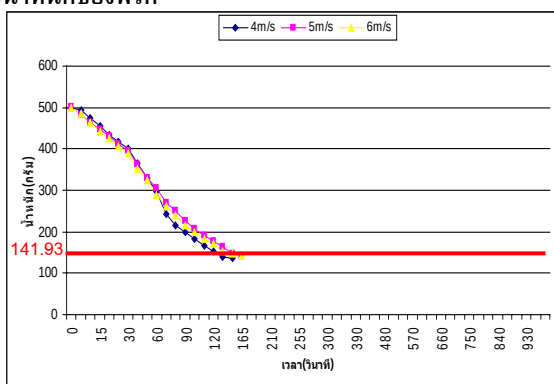
โดยอาศัยการสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพริกโดยการชั่งน้ำหนักก่อนทำการตากแดดตอนเช้า หลังตากแดดได้ครึ่งวัน และก่อนทำการเก็บเข้าที่เก็บในตอนเย็น



รูปที่ 7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักพริกโดยการทำแห้งด้วยการตากแห้ง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักพริกชุดทดลองพบว่า น้ำหนักพริกมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ละมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการตากแห้งในรูป Exponential ($R^2=0.9287$) โดยจะมีน้ำหนักคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10-11 วัน ซึ่งน้ำหนักที่หายไป คือปริมาณความชื้นที่ระเหยออกจากเนื้อเม็ดพริกนอกจากนี้ จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักพริกชุดทดลอง ที่นำไปตากแห้ง ในระยะประมาณ 11 วันพบว่า ความชื้นของพริกจะมีค่าประมาณ 10.06 % มาตรฐานแห้ง และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการตากพริกโดยธรรมชาติต่อไปอีกพบว่าค่าความชื้นของพริกไม่ลดลงต่อไปอีก ดังนั้นค่าความชื้น 10.06 % มาตรฐานแห้ง จะจัดให้เป็นค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content, EMC) ซึ่งค่าดังกล่าวจะนำไปใช้ในการหาค่าอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio, MR)

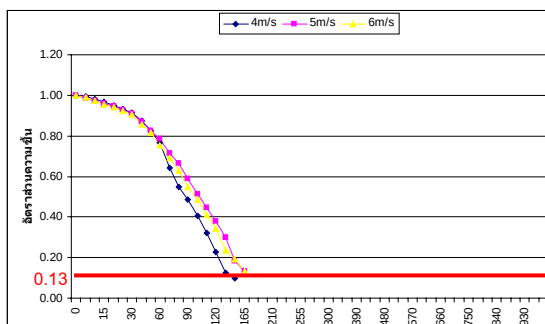
8.2 ผลกระทบของความเร็วของลมร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพริก



รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักพริกในแต่ละระดับความเร็วของลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C

จากการทดลองอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งเพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วของลมร้อนที่เข้าไป ว่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของพริก ภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 8

8.3 ผลกระทบของความเร็วของลมร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริก

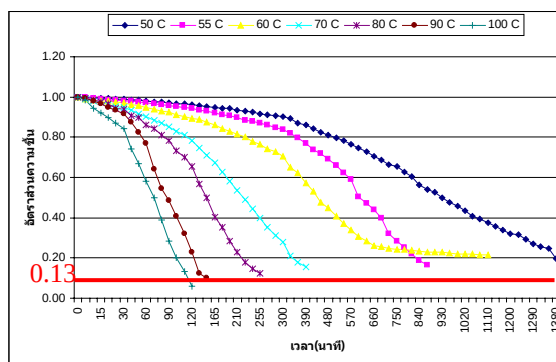


รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นในแต่ระดับความเร็วของลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C

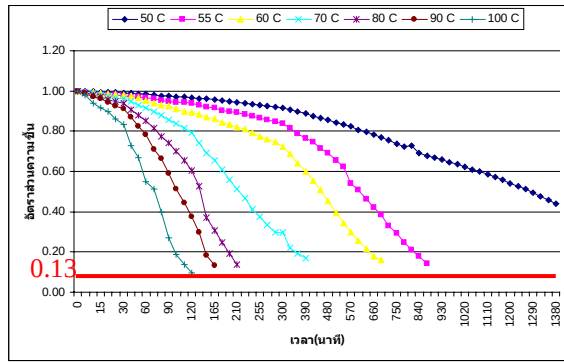
จากการทดลองอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้ง เพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วของลมร้อนขาเข้า ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นของพริกภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 9

8.4 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริก

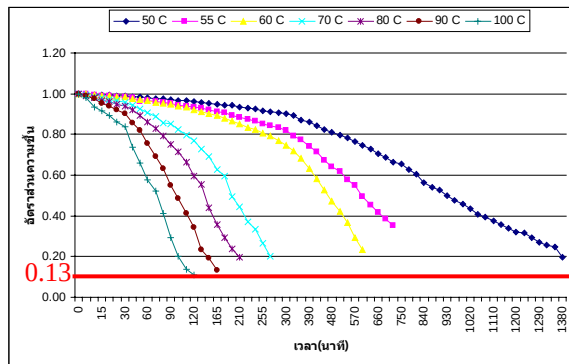
จากการทดลองอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้ง เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริกภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 10-12 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นกับเวลา



รูปที่ 10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นในแต่ละอุณหภูมิที่ระดับความเร็วลมร้อน 4 m/s



รูปที่ 11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นในแต่ละอุณหภูมิที่ระดับความเร็วลมร้อน 5 m/s



รูปที่12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้นในแต่ละอุณหภูมิที่ระดับความเร็วลมร้อน 6 m/s

จากรูปที่ 10-12 แสดงผลการทดลองในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริกในแต่ละอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ระดับความเร็วลมร้อน 4, 5, และ 6 เมตรต่อวินาทีตามลำดับโดยมีอัตราส่วนความชื้นสุดท้ายที่ 0.13 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า การเปลี่ยนอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ ทำให้การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริกมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันและอุณหภูมิก็มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของพริกที่อบแห้ง

8.5 ลักษณะของพริกหลังการอบแห้ง

8.5.1 ลักษณะของสีของพริกที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน



รูปที่ 13 ลักษณะของพริกหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C



รูปที่ 14 ลักษณะของพริกหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 °C



รูปที่ 15 ลักษณะของพริกหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C

จากรูปที่ 13 - 15 จะสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของพริกคือสีของเม็ดพริก ความชื้นในเม็ดพริกกว่าพริกจะแห้งเปราะหรือกรอบเกินไปหรือไม่ ถ้าอุณหภูมิในการอบต่ำจะเห็นได้ว่าเม็ดพริกจะสีแดงสดและไม่แข็งเปราะแต่จะใช้เวลาในการอบนาน และถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปสีของพริกจะแดงคล้ำ แข็งเปราะและมีกลิ่นไหม้อีกด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบพริกคือ 90 องศาเซลเซียส เพราะว่าสีของเม็ดพริกแดงสด ฝัวมันวาว ไม่แข็งเปราะและใช้เวลาในการอบน้อยอีกด้วย

8.6 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดพริกของความเร็วลมร้อนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่างกัน

สำหรับการอบที่อุณหภูมิต่างกัน จะมีเปรียบเทียบการเปลี่ยนความเร็วลมร้อนในระดับต่าง ๆ คือ 4 , 5 และ 6 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งจะเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของพริกที่ได้หลังจากการอบแห้งจะแสดงให้เห็นตามรูปที่ 16-18



รูปที่ 16 ลักษณะของพริกหลังการอบที่ความเร็วของลมร้อน 4 m/s



รูปที่ 17 ลักษณะของพริกหลังการอบที่ความเร็วของลมร้อน 5 m/s



รูปที่ 18 ลักษณะของพริกหลังการอบที่ความเร็วของลมร้อน 6 m/s

จากรูปที่ 16-18 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทางกายภาพของพริกอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และความเร็วลมร้อน 4, 5, และ 6 เมตรต่อวินาที พบว่าความเร็วลมร้อนจะมีผลคือถ้าความเร็วลมร้อนที่ต่ำผิวของพริกจะค่อนข้างเรียบ ตรงและมันวาว แต่ถ้าความเร็วลมร้อนต่ำเม็ดพริกจะไม่เคลื่อนที่ออกจากห้องอบเมื่อความชื้นของเม็ดพริกถึงจุดสมดุลแล้ว และถ้าความเร็วลมร้อนที่สูงเกินไปจะทำให้ผิวพริกจะย่นและเม็ดพริกไม่ค่อยตรงและความชื้นในเม็ดพริกก็เหลือมาก เพราะว่าความเร็วลมร้อนที่สูงเกินไปจะทำให้เม็ดเคลื่อนที่ออกจากห้องอบก่อนที่ความชื้นในเม็ดพริกจะถึงจุดสมดุล ดังนั้นจึงสรุปว่าที่ความ

เร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาทีที่มีลักษณะทางกายภาพของเม็ดพริกดีที่สุด เพราะผิวของพริกจะค่อนข้างเรียบ ตรงและมันวาว เมื่อความชื้นในเม็ดพริกถึงจุดสมดุลแล้วเม็ดพริกก็มีการเคลื่อนที่ออกจากห้องอบอีกด้วย

8.7 เกณฑ์ในการหาจุดที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

- ต้องมีค่าความชื้นในเม็ดพริกไม่เกิน 13 % มาตรฐานแห้ง
- ต้องมีลักษณะทางกายภาพที่ตลาดต้องการคือ สีแดงสด ผิวมันวาว เรียบตรง ไม่แข็งเปราะและไม่มีการลื่นไหม้
- ถ้าความชื้นในเม็ดพริกถึงจุดสมดุลแล้วเม็ดพริกจะต้องเคลื่อนที่ออกจากห้องอบ
- ใช้ระยะเวลาในการอบที่น้อย

9 สรุปผล

จากการทดลองอบแห้งพริกแบบต่อเนื่องโดยใช้กระบวนการอบแห้งตามเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดที่สภาวะการอบแห้งต่างๆกัน คือ ที่ระดับอุณหภูมิ 50 55 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส และระดับที่ความเร็วอากาศร้อน 4.0 5.0 และ 6.0 เมตรต่อวินาที เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและความชื้นภายในเม็ดพริก และระยะเวลาในการที่พริกจะออกจากเครื่องอบเมื่อความชื้นถึงค่า ๆ หนึ่ง โดยในการอบจะอบครั้งละ 0.5 กิโลกรัม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมี อุณหภูมิความเร็วของลมร้อนและเวลา ที่นำมาศึกษาและสามารถวิจารณ์ผลสรุปได้ดังนี้

9.1 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพริกพันธุ์จินดาพบว่าขนาดความยาวของเม็ดพริกที่มีมากที่สุดอยู่ในช่วง 5.3 – 6.8 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.65 – 1 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.11 กรัมต่อเม็ด แล้วนำไปตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ในระยะเวลาประมาณ 11 วัน พบว่าความชื้นของพริกลดลงเหลือ 10.06 % มาตรฐานแห้ง และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการตากพริกโดยธรรมชาติต่อไปอีกพบว่าค่าความชื้นของพริกไม่ลดลงต่อไปอีก ดังนั้นค่าความชื้น 10.06 % มาตรฐานแห้ง จึงจัดให้เป็นค่าความชื้นสมดุลของเม็ดพริก

9.2 จากการทดลองพบว่า พริกมีการเคลื่อนตัวแบบฟลูอิดไดซ์ เมื่อความชื้น (%MC) ของพริกเหลืออยู่ระหว่าง 45-60 % (มาตรฐานเปียก) ซึ่งจะไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาในระดับความเร็วลมร้อนเดียวกัน และมีความเร็วเริ่มต้นในการเกิดการเคลื่อนที่แบบฟลูอิดไดซ์เบดเท่ากับ 6.381 m/s คิดเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่หน้าตัดเบดขนาด 100x30 cm² เท่ากับ 1.91 m³/s (โดยมีการคิดความเร็วเริ่มต้นของการเกิดฟลูอิดไดซ์เบดที่พริกสถอยที่มีความชื้นในเม็ดพริกประมาณ 75% มาตรฐานเปียก ดังนั้นถ้าความชื้นในเม็ดพริกลดลงความเร็วเริ่มต้นของการเกิดฟลูอิดไดซ์เบดก็จะน้อยลงด้วย) พริกมีการเคลื่อนตัวออกจากห้องอบแบบต่อเนื่องเมื่อความชื้น (%MC) ของพริกเหลืออยู่ระหว่าง 10-45% (มาตรฐานเปียก)

9.3 ความเร็วลมร้อนไม่มีผลต่ออุณหภูมิ แต่ความเร็วของลมร้อนจะมีผลต่อการเคลื่อนตัวแบบฟลูอิดไดซ์เบดและการเคลื่อนตัวออกจากห้องอบแบบต่อเนื่อง ถ้าความเร็วลมร้อนต่ำเกินไปจะทำให้พริก

ไม่เกิดการเคลื่อนที่แบบฟลูอิดไดซ์เบด แต่ถ้าความเร็วร้อนสูงเกินไปก็จะทำให้พริกเคลื่อนที่ออกจากห้องอบก่อนที่ความชื้นจะถึงค่ามาตรฐาน (13% มาตรฐานแห้ง) และอุณหภูมิในห้องอบมีผลต่อน้ำหนักและความชื้นของพริกที่หายไป ถ้าอุณหภูมิต่ำเวลาในการนำความชื้นออกจากเม็ดพริกก็จะนานแต่ผิวของเม็ดพริกจะแบนเรียบและเม็ดพริกจะตรงและถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปเวลาในการอบพริกก็จะสั้นแต่จะทำให้พริกแห้งมีสีแดงคล้ำและมีกลิ่นไหม้ แข็ง กรอบและเปราะ

9.4 จากผลการทดลองจะได้จุดที่เหมาะสมที่ อุณหภูมิในห้องอบ 90 องศาเซลเซียส ความเร็วของลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที โดยมีน้ำหนักเริ่มต้น 501.21 กรัม และน้ำหนักสุดท้าย 140.96 กรัม มีความชื้น 12.16% มาตรฐานเปียก, 13.84% มาตรฐานแห้ง และมีอัตราส่วนความชื้นคงที่ (MR) เท่ากับ 0.14 โดยใช้เวลาในการอบ 2 ชั่วโมง 45 นาที และมีลักษณะทางกายภาพของพริกคือ สีของพริกมีสีแดงสด ผิวเรียบมันวาว ไม่แข็งเปราะและไม่มีกลิ่นไหม้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] มณีนันท์ นิกรัตน์, 2541, พริก, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [2] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2540, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] A.S. Mujumdar, 1987, Handbook of Industrial Drying. United State of America, MARCEL DEKKER, INC.
- [4] ASAE (2002), Thin-Layer Drying of Agricultural Crop, ASAE Standard 2002, ANSI/ASAE S448.1 jul01, 592-595.
- [5] Henderson, S.M., and Pabis, S. (1969). Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. Journal of Agriculture Engineering Research, 6(3), 169-174
- [6] S. Syahrul, Exergy analysis of fluidized bed drying process, M.Sc. thesis, Dalhousie University, Halifax, Canada, 2000
- [7] D. Kunii, O. Levenspiel, Fluidization Engineering, Butterworth-Heinemann, Boston, 1991