

การศึกษาผลของขนาดช่องระบายความชื้นสำหรับการอบแห้งพริก ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน

A Study on Size of Moisture Ventilation for Chili Drying by Hybrid Energy Dryer

สุหดี นิเซ็น^{1*}, ภาณุมาศ สุขบางดุม¹, กฤษณพงศ์ สังขวาสิ¹ และ สุพัตรา เพ็งเกลี้ยง²

Suhdee Niseng^{1*}, Panumas Suybangdum¹, Krisanapong Sangkhavasi¹ and Supattra Pangkleang²

Received: 16 July 2018, Revised: 22 October 2018, Accepted: 22 November 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดช่องระบายความชื้นที่เหมาะสมต่อการอบแห้งพริกด้วยพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะส่งผลต่อความชื้นที่เหลือและอัตราการเร็วในการอบแห้งจากการทดสอบ 2 เงื่อนไข ด้วยการปรับขนาดช่องระบายความชื้นที่แตกต่างกันคือ 32 64 96 และ 128 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้ง 70 ± 3 °C ใช้เวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง พบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้า ด้วยการเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร สามารถลดน้ำหนักพริกจาก 800 กรัม เหลือ 125 กรัม ความชื้นในพริกเหลือ 10.63 % มาตรฐานความชื้นแห้ง อัตราการเร็วการอบแห้ง 1.04 % ความชื้นที่ออก/นาที่ ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 10.8 หน่วย ในขณะที่เงื่อนไขที่เหมาะสมของการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยการเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร สามารถลดน้ำหนักพริกจาก 800 กรัม เหลือ 232.5 กรัม ความชื้นในพริกเหลือ 13.10 % มาตรฐานความชื้นแห้ง อัตราการเร็วการอบแห้ง 1.05 % ความชื้นที่ออก/นาที่ ใช้พลังงานไฟฟ้า 20.8 หน่วย จึงสรุปได้ว่าการระบายความชื้นที่เหมาะสมทำให้ความชื้นภายในวัสดุและอัตราการอบแห้งลดลงได้เร็วขึ้น และการอบแห้งทั้ง 2 เงื่อนไขเหมาะสำหรับการทำพริกแห้งเนื่องจากความชื้นที่เหลือในพริกแห้งมีค่าใกล้เคียงกันผ่านเกณฑ์มาตรฐานพริกแห้ง

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง, พลังงานผสมผสาน, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานไฟฟ้า

¹ สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

¹ Department of Industry, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414 Tachamuang, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand.

² สาขาศึกษาทั่วไป วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

² Department of General Education, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414 Tachamuang, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): zuhmech@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this research was to study the suitable size of moisture ventilation for chili drying by electric energy and electric energy combined with solar energy that would affect the remaining moisture and the drying rate. The experiment was tested for two conditions with different range of moisture ventilation at 32, 64, 96 and 128 cm², respectively, and the temperature was controlled at 70±3 °C for 5 hours of drying time. The result showed that the suitable condition of chili drying with electric energy by opening the ventilation at 96 cm² was able to reduce the chili weight from 800 gram to 125 gram with 10.63 % dry-basis (d.b.), 1.04 % moisture removal/min and 10.8 units of the electric consumption. Likewise, the suitable condition of the drying chili using electric energy combined with solar energy by opening the ventilation at 96 cm² was able to reduce the chili weight from 800 gram to 232.5 gram with 13.10 % dry-basis (d.b.), 1.05 % moisture removal/min and 20.8 units of the electric consumption. It can be concluded that the moisture and drying rate of the materials would be decreased faster if the moisture ventilation was suitable. Both drying conditions were suitable for chili drying due to the remaining moisture in dried chili was similar to the standard criteria of dried chili.

Key words: dryer, hybrid energy, solar energy, electric energy

บทนำ

กระบวนการอบแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารอย่างหนึ่งซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตที่มีความชื้นไว้ได้นาน โดยเฉพาะผลผลิตทางการเกษตรที่มีความชื้นมากเกิดการเน่าเสียได้ง่ายและบางฤดูสินค้าล้นตลาด ดังนั้นวิธีการอบแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรส่วนใหญ่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการเน่าเสียของผลผลิตและปัญหาสินค้าราคาตกต่ำ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานไม่ยุ่งยาก และขนส่งได้ในปริมาณมากขึ้น การอบแห้งเป็นกระบวนการแยกน้ำออกจากวัสดุที่มีความชื้นสูง ด้วยวิธีการให้ความร้อนแก่วัสดุซึ่งจะทำให้ให้น้ำในวัสดุระเหยกลายเป็นไอ เป็นการถ่ายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากปฏิกิริยาต่างๆ เช่น การเหม็นหืน การเกิดสีน้ำตาล (กัญญาณัฐ และคณะ, 2555) แต่ข้อเสียของการ

อบแห้ง เนื่องจากพริกมีคุณค่าทางอาหารเป็นแหล่งที่ให้วิตามินซี วิตามินเอ และวิตามินอื่นๆ การอบแห้งเป็นเวลานานนำไปสู่การสูญเสียวิตามินซีเป็นปริมาณมาก (มณีฉัตร, 2541)

เทคนิคการอบและการเลือกแหล่งกำเนิดพลังงานมีหลายอย่าง อาทิเช่น การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (ณัฐพล, 2548) การอบแห้งจากความร้อนชีวมวล (ชนะวิทย์ และ กฤษณพงศ์, 2558) การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล (สุรัชย์, 2560) และการอบแห้งด้วยรังสีไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรดหรือลมร้อน (อัจฉรา และคณะ, 2556) เป็นต้น ซึ่งการอบแห้งโดยการให้ความร้อนจากรังสีไมโครเวฟหรือรังสีอินฟราเรดช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งและลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์แต่ยังพบปัญหาความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดการไหม้เป็นจุดๆ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการลงทุนและการใช้งานเครื่องมือค่อนข้าง

สูงเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อน (ชาลีดา, 2555) อีกทั้งการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้จะเกิดความร้อนสูงทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้นจึงเหมาะสำหรับการอบวัสดุที่มีความชื้นสูง เช่น มะเขือเทศ (Kumari *et al.*, 2018) มันฝรั่ง (ปราโมทย์ และ อาทิตย์, 2560) ลำไย (Apinyavisit *et al.*, 2015; Jaturonglumlert *et al.*, 2015) เป็นต้น ส่วนการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีปัญหาวัสดุดิบที่เริ่มหายใจมีราคาแพงมากขึ้น และต้องเสียเวลาในการจัดเตรียมวัสดุเพื่อนำไปใช้ ดังนั้นใช้ฮีตเตอร์ให้ความร้อนในการอบแห้งจึงมีความสะดวกในการประยุกต์ใช้งานกับเครื่องอบแห้ง สามารถออกแบบเครื่องได้ง่ายกว่าไม่ต้องระวังปัญหากลิ่นรบกวนซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ สำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีความน่าสนใจเพราะเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่ไม่มีวันหมด แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพอากาศและฤดูกาลทำให้มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอซึ่งในปัจจุบันการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ แบบรับรังสีโดยตรง (Direct mode dryer) แบบรับรังสีโดยอ้อม (Indirect mode dryer) และแบบผสม (Mixed mode dryer) (ณัฐพล, 2548)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกกระบวนการอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน คือระบบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เครื่องอบแห้งที่ออกแบบเป็นลักษณะบังคับการไหลของอากาศร้อนด้วยพัดลม สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิในการอบแห้งได้ และมีการนำอากาศร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดระยะเวลาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง ซึ่งตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ ขนาดช่องระบายความชื้นที่เหมาะสมต่อการอบแห้งพริกด้วยพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ ด้วยการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งจะ

ส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือในวัสดุและอัตราการเร็วของการอบแห้ง และลักษณะทางกายภาพของพริก

ทฤษฎี

1. ปริมาณความชื้นในวัสดุ

กระบวนการอบแห้งวัสดุขึ้นใดๆ ตัวแปรหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของวัสดุที่ผ่านการอบแห้งว่ามีมาตรฐานตามที่กำหนดหรือไม่ นั่นคือ ปริมาณความชื้นที่เหลือในวัสดุ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลือในวัสดุจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นสามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกและปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ในการคำนวณความชื้นแบบมาตรฐานเปียกเป็นที่นิยมใช้เพราะเข้าใจง่าย แต่ไม่เหมาะที่จะใช้คำนวณในกระบวนการอบแห้ง เพราะมวลของวัสดุขึ้นจะเปลี่ยนค่าตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกกว่าที่จะใช้มวลของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณความชื้น นั่นคือ การคำนวณความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง (ณัฐธนนัน และ ประทีป, 2559)

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{(w - d)}{w} \times 100 \quad (1)$$

2. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{(w - d)}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุขึ้น (kg)

d คือน้ำหนักวัสดุแห้ง (kg)

2. อัตราความเร็วในการอบแห้ง

การอบแห้งวัสดุขึ้นใดๆ ระยะเวลาในการอบแห้งถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องศึกษา เนื่องจากการอบแห้งด้วยระยะเวลานานจะส่งผลต่อปริมาณ

ผลิตภัณฑ์และค่าใช้จ่าย ซึ่งระยะเวลาในการอบแห้ง จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของการลด ปริมาณความชื้นในวัสดุ ถ้าอัตราความเร็วของการ อบแห้งมีค่าสูง แสดงว่าปริมาณ ความชื้นที่ แพร่กระจายออกจากวัสดุต่อเวลาที่มีปริมาณสูงมาก ดัง สมการที่ (3) (อำนาจ และคณะ, 2551)

$$\text{Drying rate} = \frac{dX}{dt} = \frac{X_0 - X}{t - t_0} \quad (3)$$

เมื่อ $X_0 - X$ คือค่าความเปลี่ยนแปลงของความชื้น
 $t - t_0$ คือค่าความเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พริกจินดา

พริกจินดาเป็นพริกอีกชนิดหนึ่งที่ปลูกกัน มากในประเทศไทย นิยมนำไปทำซอสพริก และพริก แห้ง สำหรับการทดลองนี้ได้เลือกพริกจินดาเป็นวัสดุ ที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากผลที่ตากแห้งจะมีสีสวย ไม่หึงงอ กรอบ ต่ำให้แหลกง่าย เป็นที่ต้องการของ ตลาด และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2561)

2. เครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน

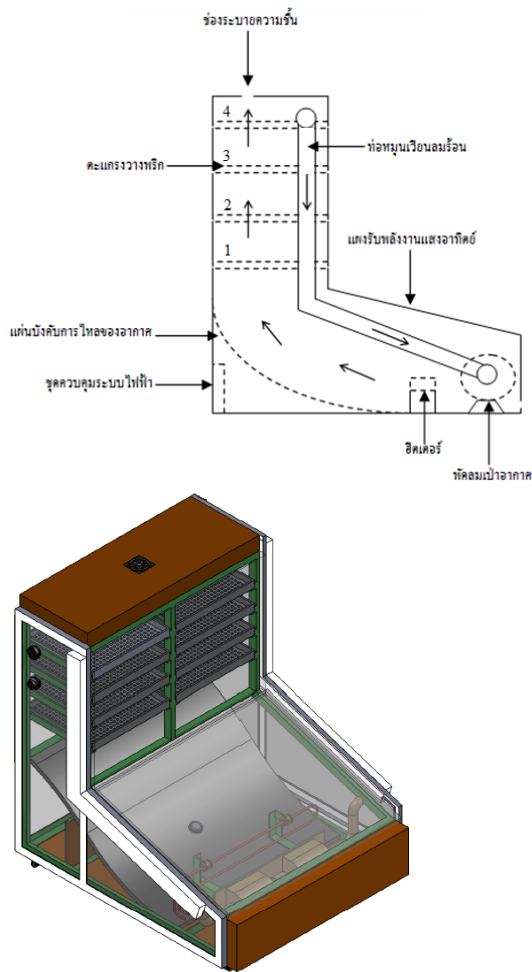
เครื่องอบแห้งสำหรับงานวิจัยนี้ได้รับการ ออกแบบเป็นระบบผสม (Mixed mode dryer) คือ ระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงาน จากไฟฟ้า เป็นการอบแห้งแบบพาความร้อน (conductive drying) โดยใช้พัดลมเป่าอากาศร้อน แบบบังคับทิศทาง ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถเลือกใช้ พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างใดอย่าง หนึ่ง หรือจะใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ก็ได้ โดยส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพริก ดังภาพที่ 1 กระจกหนา 5 มิลลิเมตร ที่ทำหน้าที่เป็นแผงรับ พลังงานแสงอาทิตย์ และฮีตเตอร์ให้ความร้อนขนาด 4000 วัตต์ ถูกติดตั้งด้านหน้าพัดลมเป่าอากาศ โดย อากาศร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกเป่าด้วยพัดลมขนาด

30 วัตต์ ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที และมีแผง ช่วยบังคับทิศทางการไหลของอากาศติดตั้งภายใน เครื่อง ถาดตะแกรงสำหรับอบแห้งพริกมีทั้งหมด 4 ชั้น ตะแกรงแต่ละชั้นมีขนาดเท่ากับ 100×40 เซนติเมตร อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งถูกควบคุมด้วย เทอร์โมสตัทยี่ห้อ E.G.O Germany และช่องระบาย ความชื้นทางด้านบนติดตั้งขนาด 12 โวลต์ สำหรับ อากาศร้อนที่ถูกเป่าผ่านพริกซึ่งจะถูกดูดผ่านท่อที่ได้ ออกแบบไว้เพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยติดตั้ง มิเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 50 Hz เพื่อวัดปริมาณการ ใช้พลังงานไฟฟ้า

3. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองอบแห้งพริกด้วยเครื่อง อบแห้งพริกแบบใช้พลังงานร่วมมีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรก เริ่มเดินเครื่องด้วยการเปิดสวิตช์พัดลม เพื่อบังคับการไหลของอากาศ ตามด้วยการเปิดสวิตช์ ฮีตเตอร์เพื่ออุ่นอากาศภายในเตาอบ กรณีที่ใช้ พลังงานร่วมให้เปิดแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์หัน ไปทิศทางเหนือได้ อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งถูก ควบคุมด้วยเทอร์โมสตัทเพื่อควบคุมการทำงานของ ฮีตเตอร์ให้มีอุณหภูมิ 70 ± 3 °C (ธราวุธ และคณะ; 2555; สุรชัย, 2560; Tasirin, 2007) เมื่ออุณหภูมิ ภายในเครื่องอบแห้งเริ่มสูงถึง 70 °C นำพริกที่ ต้องการทดลองซึ่งน้ำหนักแล้วใส่ลงตะแกรงเหล็ก ปริมาณ 200 กรัมต่อชั้น และเริ่มจับเวลาในการ ทดลองซึ่งจะใช้เวลานาน 5 ชั่วโมง (กุลยศ, 2549) และเก็บตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำมาชั่งน้ำหนัก และนำพริกเข้าสู่เครื่องอบแห้งอีกครั้ง

สำหรับเงื่อนไขในการทดลองจะทดลอง เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงาน ร่วม และปรับช่องระบายความชื้นที่แตกต่างกัน คือ 32 64 96 และ 128 ตารางเซนติเมตร การทดลองแต่ละเงื่อนไขจะทำซ้ำกัน 3 ครั้ง และกำหนดความชื้นที่ เหลือในพริกไม่เกิน 13.5 % (มาตรฐานความชื้นแห้ง)



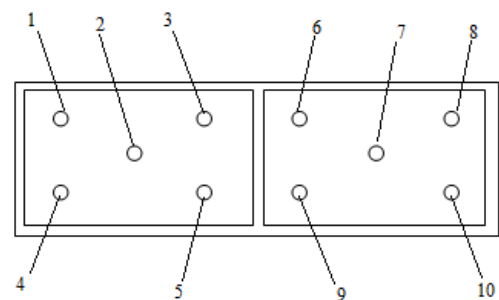
ภาพที่ 1 แสดงเครื่องอบแห้งพริกพลังงานผสมผสาน

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

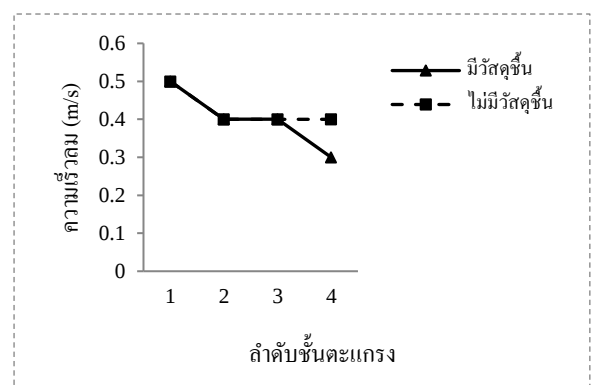
1. ความเร็วลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งพริก

เครื่องอบแห้งพริกที่ดีความเร็วลมร้อนที่ได้จากการเป่าหรือดูดด้วยพัดลมจะต้องมีความเร็วลมไม่แตกต่างกันมากจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ดังนั้นก่อนการทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้า จำเป็นต้องทำการทดสอบการกระจายตัวของความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งก่อน เพื่อให้แน่ใจว่ามีความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งมีค่าสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยให้อากาศร้อนกระจายทั่วเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมยี่ห้อ Testo, Germany รุ่น 410-1 วัดตามตำแหน่งที่กำหนดเหนือตะแกรง

แต่ละชั้นดังภาพที่ 2 จากการทดลองดังภาพที่ 3 เป็นค่าของความเร็วลมเหนือตะแกรงแต่ละชั้นเปรียบเทียบในขณะที่มีและไม่มีวัสดุขึ้นบนตะแกรงหลัก โดยมีความเร็วลมเริ่มต้นที่ออกจากพัดลมเป่าอากาศที่ 1.0 m/s จากการทดลองพบว่า ความเร็วลมในขณะใส่พริกในถาดตะแกรง เมื่อวัดความเร็วลมเหนือตะแกรงชั้นที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.50 m/s ซึ่งมีความเร็วมากที่สุดเนื่องจากอยู่ใกล้กับพัดลมเป่าอากาศร้อนและความเร็วจะลดลงเล็กน้อย เมื่อผ่านตะแกรงชั้นที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.40 m/s และในกรณีที่ไม่มีพริกบนตะแกรงแต่ละชั้น เมื่อวัดความเร็วลมเหนือตะแกรงแต่ละชั้นมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.43 m/s จะเห็นได้ว่ามีความเร็วลมใกล้เคียงกัน เนื่องจากการอบแห้งแบบชั้นบางทำให้ความเร็วลมไม่แตกต่างกันมาก



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมและอุณหภูมิเหนือตะแกรงแต่ละชั้น



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความเร็วลมเหนือชั้นตะแกรงหลักในแต่ละชั้นภายในเครื่องอบแห้ง

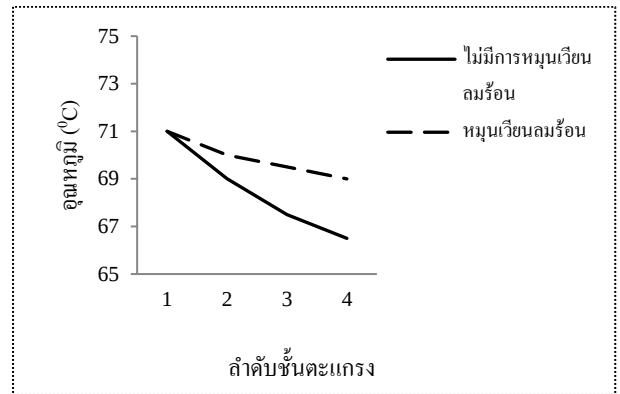
2. อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพริก

การอบแห้งพริกอุณหภูมิเหนือตะแกรงภายในเครื่องอบแห้งต้องใกล้เคียงกัน จึงจะทำให้สามารถอบแห้งพริกให้มีปริมาณความชื้นที่เหลือในพริกเท่ากันโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิยี่ห้อ UNION รุ่น UN-305A วัดตามตำแหน่งที่กำหนดเหนือตะแกรงแต่ละชั้นดังภาพที่ 2 จากการทดลองดังภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ไม่มีการนำอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเฉลี่ยที่ 68.45°C หลังจากนั้นได้ทำท่อหมุนเวียนอากาศเพื่อนำอากาศการร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ปรากฏว่าอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งสูงขึ้น มีค่าเฉลี่ยที่ 69.88°C และพบว่าในกรณีที่ไม่มีหมุนเวียนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่จะใช้พลังงานไฟฟ้า 18 หน่วย แต่เมื่อมีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ พบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิมถึง 8 หน่วย เนื่องจากการนำลมร้อนที่ระบายกลับมาใช้ใหม่ถึงแม้อุณหภูมิจะลดลงไปบ้างแต่อุณหภูมียังสูงกว่าอากาศจากภายนอกซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อนมากกว่า ดังนั้นการนำอากาศร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่จึงลดระยะเวลาการอุ่นอากาศทำให้อุณหภูมิภายในคงที่มากกว่าและลดการทำงานของฮีตเตอร์ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

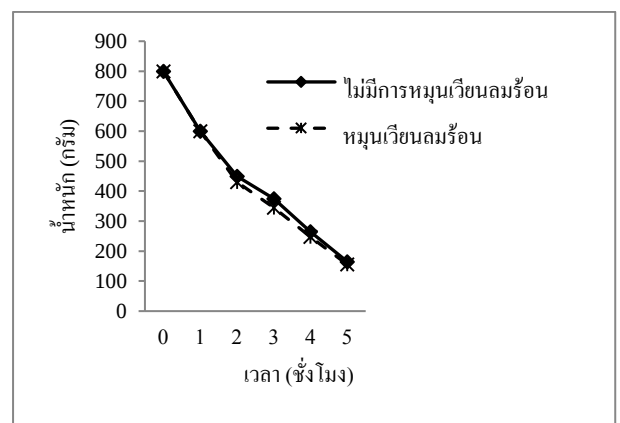
3. ผลการทดลองอบแห้งพริกจินดาที่มีการหมุนเวียนลมร้อนและไม่มีลมร้อนกลับมาใช้ใหม่

จากการทดลองโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบผลของการหมุนเวียนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่า การอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยไม่มีลมร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ใช้เวลาอบแห้งนาน 5 ชั่วโมง น้ำหนักพริกจาก 800 กรัม ลดเหลือ 172.1 กรัม แต่เมื่อมีการนำลมร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ พบว่า เมื่ออบพริก 5 ชั่วโมง น้ำหนักพริกจาก 800 กรัม ลดเหลือ 155.5 กรัม ซึ่งจะเห็นได้

ว่าการนำลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้การอบแห้งพริกมีประสิทธิภาพดีขึ้น และประหยัดค่าไฟฟ้า ดังนั้นจึงใช้ระบบการหมุนเวียนลมร้อนมาใช้ในการทดลองเงื่อนไขต่อไป



ภาพที่ 4 กราฟแสดงอุณหภูมิเหนือชั้นตะแกรงเหล็กในแต่ละชั้นภายในเครื่องอบแห้ง

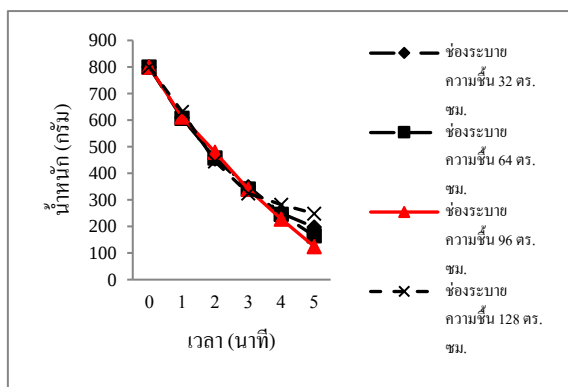


ภาพที่ 5 กราฟแสดงการลดลงของน้ำหนักพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งที่มีการหมุนเวียนและไม่มีลมร้อนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่

4. การทดลองอบพริกจินดาโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

การทดลองอบแห้งพริกจินดาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อน ควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งที่ $70 \pm 3^{\circ}\text{C}$ และใช้เวลาในการอบแห้ง 5 ชั่วโมง (โดยที่สภาพอากาศระหว่างวันที่ 15-17 มีนาคม มีความชื้นเฉลี่ย 60% และอุณหภูมิ

เฉลี่ย 31 °C) จากการทดลองดังภาพที่ 6 พบว่าในการทดลองทั้ง 4 เงื่อนไขที่มีการเปิดช่องระบายความชื้นที่ 32 64 96 และ 128 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับในช่วงการอบแห้ง 2 ชั่วโมงแรก น้ำหนักพริกจินดาจะลดลงอย่างรวดเร็ว เฉลี่ย 200 กรัมต่อชั่วโมง หลังจากนั้นในชั่วโมงที่ 3-5 น้ำหนักพริกชี้ฟ้าลดลงอย่างช้าๆ แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักสุดท้ายของพริกพบว่า การทดลองด้วยเงื่อนไขการเปิดช่องระบายความชื้นที่ 96 ตารางเซนติเมตร สามารถลดน้ำหนักพริกได้ดีที่สุดเหลือเพียง 125 กรัม ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 10.8 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.49 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561) สำหรับลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง พบว่า การเปิดช่องระบายความชื้นที่ 96 ตารางเซนติเมตร มีลักษณะพริกที่ดีที่สุด คือ พริกเปราะ มีสีแดงคล้ำเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นไหม้ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการลดลงของน้ำหนักพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้า



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 32 ตร.ซม.



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 64 ตร.ซม.



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 96 ตร.ซม.



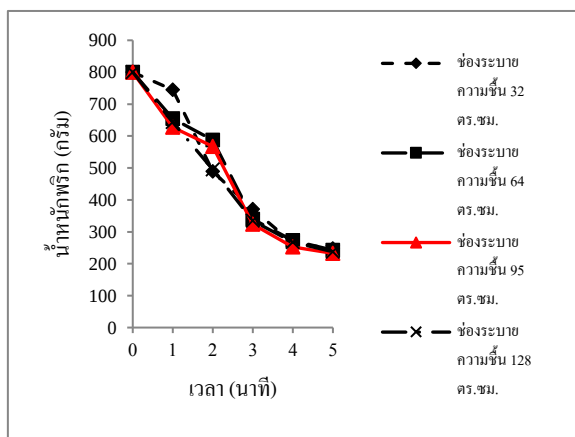
เปิดช่องระบายความชื้นที่ 128 ตร.ซม.

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะทางกายภาพของพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

5. การทดลองอบแห้งพริกจินดาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

การทดลองอบพริกจินดาโดยใช้พลังงานร่วม (ไฟฟ้าพลังงานกับแสงอาทิตย์) เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักที่ลดลงของพริกจินดาและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเงื่อนไขที่แตกต่างกัน (โดยที่สภาพอากาศ ระหว่างวันที่ 3-5 มีนาคม มีความชื้นเฉลี่ย 66% อุณหภูมิเฉลี่ย 30 °C) พบว่า เงื่อนไขที่ดีที่สุดของการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ คือ การเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร เช่นเดียวกับเงื่อนไขการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถลดน้ำหนักพริกชี้ฟ้าลงเหลือ 232.5 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 8 ใช้พลังงานไฟฟ้า 20.8 หน่วย คิดเป็นเงิน 37.54 บาท เนื่องจากการ

ทดลองที่สภาพแวดล้อมต่างกัน การทดลองโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจะทดลองในที่ร่ม มีกำแพงกันแสงลม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมน้อย ในขณะที่การทดลองโดยใช้พลังงานร่วมระหว่างไฟฟ้ากับแสงอาทิตย์จะต้องเดินเครื่องกลางแจ้งเพื่อให้ได้รับแสงแดดมากที่สุด ดังนั้นจะมีผลกระทบจากแรงลมที่พัดเข้าหาเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนได้มากกว่า ส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า และน้ำหนักสุดท้ายของพริกมากกว่า ในส่วนของลักษณะทางกายภาพของพริกแห้งที่ดีที่สุด คือการเปิดช่องระบายความชื้นที่ 96 ตารางเซนติเมตร เช่นกัน เนื่องจากพริกเปราะ มีสีแดงคล้ำเล็กน้อย และไม่มีกลิ่นไหม้ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการลดลงของน้ำหนักพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 32 ตร.ซม.



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 64 ตร.ซม.



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 96 ตร.ซม.



เปิดช่องระบายความชื้นที่ 128 ตร.ซม.

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะทางกายภาพของพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

6. ปริมาณความชื้นของพริกจินดาที่ผ่านการอบแห้งและอัตราความเร็วในการอบแห้ง

หลังจากได้ทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่เงื่อนไขต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เพื่อเป็นการยืนยันว่าพริกที่ผ่านการอบแห้งมีตามมาตรฐานความชื้นตามที่กำหนด คือ 13.5% ปริมาณชื้นแห้ง จึงได้นำพริกที่ผ่านการทดลองจากเงื่อนไขที่ดีที่สุด คือการอบแห้งพริกโดยใช้พลังงานไฟฟ้า และการอบแห้งพริกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ที่มีการเปิดช่องระบายอากาศที่ 96 ตารางเซนติเมตร โดยการนำพริกชี้ฟ้าสดและหลังผ่านการอบแห้งไปอบด้วยเตาอบแห้ง ชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม นำเข้าไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 °C นาน

72 ชั่วโมง (AOAC, 1995) จากนั้นชั่งน้ำหนักที่ผ่านการอบแล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในพริกแห้ง พบว่าความชื้นของพริกสดก่อนนำไปอบแห้งเฉลี่ย 300.00% มาตรฐานความชื้นแห้ง และหลังจากการอบแห้งพริกมีความชื้นเหลือ 10.63 % มาตรฐานความชื้นแห้ง สำหรับการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้า และความชื้นเหลือ 13.10 % มาตรฐานความชื้นแห้ง สำหรับการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านมาตรฐานความชื้นของพริกแห้งทั้ง 2 เงื่อนไข

ในส่วนอัตราความเร็วในการอบแห้ง พบว่ามีความใกล้เคียงกัน คือ การอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้า และการอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ค่าเท่ากับ 1.04 และ 1.05 % ความชื้นที่ออก/นาที่ ตามลำดับ

สรุป

การทดสอบเครื่องอบแห้งพริกแบบสองพลังงาน ด้วยวิธีการบังคับการไหลเวียนของอากาศร้อน และนำลมร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง 70 ± 3 °C ความชื้นพริกเริ่มต้นเฉลี่ย 300% มาตรฐานความชื้นแห้ง โดยทดลอง 2 เงื่อนไข คือ การอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้า และการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การปรับช่องระบายความชื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อการอบแห้งพริก จากการทดลองทั้ง 2 เงื่อนไขพบว่า การเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร ทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งดีที่สุด

2. การอบแห้งพริกด้วยพลังงานไฟฟ้าสามารถลดความชื้นในพริกได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ เนื่องจากติดตั้ง

เครื่องอบแห้งกลางแจ้งส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนส่งผลต่อประสิทธิภาพการอบแห้ง

3. การอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า 18.05 บาท

4. เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการวิจัยนี้ คือ การอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้า ที่มีการเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตรใช้เวลานาน 5 ชั่วโมง สามารถลดน้ำหนักพริกเหลือเพียง 125 กรัม ความชื้นในพริกเหลือ 10.63 % มาตรฐานความชื้นแห้ง ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 10.8 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.49 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้อาณัติสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร ได้แก่ นายปริชา สุวรรณโชติ นายพรพิพัฒน์ วัฒนกิจไพศาล และนายกิตตินันท์ พันธน์นิต ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัญญาณัฐ อุดรชน, กานต์พิชชา ชื้อหมื่อ, นุชบา มะโนแสน, สุภาวดี ศรีแย้ม และ จิรัชต์ กันทะขู. 2555. การศึกษาการแปรรูปน้ำพริกมะกอกป่าอบแห้ง. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ฉบับพิเศษ 35(1): 65-73.

กุลยศ สุวันทโรจน์. 2549. คู่มือพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน, น. 897-901. ใน รายงานการประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล

- แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2561. อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. แหล่งที่มา: <http://www2.egpo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html>, 20 มีนาคม 2561.
- ชาลีดา บรรณพิชัยชาติกุล. 2555. เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน: การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2: 269-283.
- ณัฐธนนันท์ กิริติญาธารนภัทร และ ประทีป ตุ่มทอง. 2559. การอบแห้งไข่น้ำด้วยเทคนิคฟลูอิดไช้เบด. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น 38(2): 12-21.
- ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งสมุนไพรและเครื่องเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธราวุธ บุญน้อม, ณัฐพงษ์ ประภากร, สาวิตร์ คำหอม และ วีรชัย อาจหาญ. 2555. การศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในกระบวนการผลิตพริกแห้ง, น 640-647. ใน รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธนะวิทย์ ทองวิเชียร และ กฤษณพงศ์ สังขวาสิ. 2558. เตาอบพลังงานความร้อนจากแกลบ, น 89-94. ใน รายงานการประชุมวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปราโมทย์ กุศล และ อาทิตย์ พวงสมบัติ. 2560. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดสำหรับปอกเปลือกมันฝรั่ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่ง
- ประเทศไทย 23(1): 16-22.
- มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. พริก. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรัชย์ ณัฐ จันทร์ศรี. 2560. การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 12(1): 1-10.
- อัจฉรา แซ่ไคว้, สุภวรรณ ฐิระวนิชย์กุล และ ยุทธนา ฐิระวนิชย์กุล. 2556. ปัจจัยของการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสี ความร้อน ที่มีต่ออุณหภูมิและคุณภาพของพริกไทยดำ. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 18(1): 166-180.
- อำนาจ บุญลอย, ดาวรัตน์ ปัญญาภาณจน์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. 2551. การเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างฟลูอิดไช้เบดและฟลูอิดไช้เบดแบบผิวกลิ้น, น. 212-216. ใน รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. 2561. พริกจินดา. แหล่งที่มา: https://www.technologychaoban.com/what-news/article_29212, 24 มีนาคม 2561.
- AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis if AOAC International, 16th ed.** The Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Apinyavisit, K., Soponronnarit, S. and Nathakaranakule, A. 2015. Drying Kinetics and Quality of Dried Longan using Microwave-Vacuum Technique, pp. 245-249. In **Proceeding of The 16th TSAE National Conference and The 8th TSAE International Conference.** Bangkok, Thailand.

- Jaturonglumlert, S., Varith, J. and Kiatsiriroat, T. 2015. Influence of drying method on drying kinetics and qualities of longan fruit leather. **Maejo International Journal of Science and Technology** 9(01): 54-63.
- Kumari, N., Verma, S. and Sharma, V. 2018. Manipulating tomato plant electric signaling system by microwave irradiation to enhance crop productivity and nutritional value. **Computers and Electronics in Agriculture** 154: 330-340.
- Tasirin, S.M., Kamarudin, S.K., Ghani, J.A. and Lee, K.F. 2007. Optimization of drying parameter of bird's eye chilli in a fluidized bed dryer. **Journal of Food Engineering** 80: 695-700.