เตาอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

Drying Oven for Cayenne Pepper Using Electric Energy Coupled with Solar Energy

สุห์ดี นิเซ็ง ภาณุมาศ สุยบางดำ*

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
zuhmech@gmail.com panumas.suybangdum@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเตาอบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบพาความร้อน โดยสามารถใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าหรือแผงรับแสงอาทิตย์ โดยตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ ความชื้นที่เหลือหลังจากการอบแห้ง และอัตราเร็วของการอบแห้ง จากการทดลองพบว่าการอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว ควบคุมอุณหภูมิที่ 70±2 ^{0}C สามารถลดความชื้นลงเหลือ 8.83% (มาตรฐานเปียก) และอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.22 %ความชื้นที่ระเหย/นาที ใช้เวลาเพียง 5 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งพริกชี้ฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ซึ่งมีอุณหภูมิในเตาอบเฉลี่ย 40 ^{0}C ต้องใช้เวลามากถึง 28 ชั่วโมง ด้วยอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.04 % ความชื้นที่ระเหย/นาที จึงสามารถลดความชื้นในพริกเหลือ10.30% (มาตรฐานเปียก)

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้า

Abstract

This research is designed oven dried of cayenne pepper by conductive drying. It can use heat energy from electric or solar panel and the variables studied are residual moisture after drying and the drying rate. From the result showed that the dried of cayenne pepper by use only electric energy and control the temperature that 70±2 ^{0}C and can reduce moisture down is 8.83 % (wet dry) and the drying rate is 0.22 %Moisture removal/min that it use time only take 5 hours. While drying of cayenne pepper from only solar energy that has temperature in the oven at 40 ^{0}C must be take time to 28 hours by the drying rate of 0.04 %Moisture removal/min. It can reduce moisture of cayenne pepper down to 10.30 % (wet dry).

Keyword: oven heat energy, electric energy, solar energy

1.บทนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งมีปริมาณการบริโภคภายในประเทศค่อนข้างสูง หรือส่งออกไปยังต่างประเทศเป็นพริกแห้งหรือพริกสดบรรจุกระป๋อง ในปี 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 348,453 ไร่ ผลผลิต 332,888 ตัน พื้นที่ปลูกมากที่สุดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 128,932 ไร่ ในบางฤดูที่ผลผลิตพริกออกสู่ตลาดมาก ทำให้พริกมีราคาต่ำเนื่องจากผลผลิตมีจำนวนมาก ทำให้สินค้าล้นตลาด [1] การถนอมพริกด้วยวิธีการอบแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรส่วนใหญ่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาสินค้าราคาตกต่ำและป้องกันการเน่าเสียของผลผลิต เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและสามารถเก็บไว้ได้นานสามารถจำหน่ายช่วงสินค้าขาดตลาดได้ การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการลดความชื้นให้แก่วัสดุโดยการให้ความร้อนแก่วัสดุเพื่อไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการระเหย เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่มีความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้นการอบแห้งเพื่อลดความชื้นจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้นและลดน้ำหนักในการขนส่ง [2]

จากสาเหตุที่ได้กล่าวมาข้างต้นการทำแห้งพริกมีความสำคัญในแง่ของการถนอมอาหารเพื่อนำไปใช้สำหรับบริโภคหรือนำไปแปรรูป ทางผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและออกแบบเตาอบแห้งพริกชี้ฟ้า ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะมีความแตกต่างในการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่เหมาะสมมาใช้ในกระบวนการอบแห้งเพื่อลดต้นทุน ลดเวลา และผลิตได้ปริมาณมาก โดยยังรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน [3] สำหรับเทคนิคการอบและการเลือกแหล่งกำเนิดพลังงานมีหลายอย่าง อาทิเช่น การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [4] การอบแห้งจากความร้อนชีวมวล [5] การอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชัน [6] เป็นต้น โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นออกแบบเตาอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ หรือเลือกใช้แหล่งพลังงานจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งก็ได้ ซึ่งตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ ความชื้นที่เหลือในวัสดุและอัตราเร็วของการอบแห้ง ซึ่งจะมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งและลักษณะทางกายภาพของพริก โดยเตาอบแห้งพริกที่ออกแบบเป็นลักษณะการพาความร้อนด้วยวิธีการบังคับอากาศซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลผลิตที่ต้องการอบแห้ง อีกทั้งมีการนำลมร้อนที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด

2. ทฤษฎีและวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการแยกน้ำออกจากวัสดุที่มีความชื้นสูง ด้วยวิธีการให้ความร้อนแก่วัสดุซึ่งจะทำให้น้ำในวัสดุระเหยกลายเป็นไอ [4] เป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุช่วยให้เก็บวัสดุได้นาน [7] แต่ข้อเสียของการอบแห้ง เนื่องจากพริกมีคุณค่าทางอาหารเป็นแหล่งที่ให้วิตามิน C และ A การอบแห้งเป็นเวลานานนำไปสู่การสูญเสียวิตามิน C เป็นปริมาณมาก [8] การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรจากการศึกษางานวิจัยพบว่า ส่วนใหญ่เป็นการอบแห้งแบบพาความร้อน (conductive drying) โดยใช้พัดลมหรือโบลเวอร์เป่าอากาศร้อนโดยการบังคับอากาศผ่านผลผลิตที่มีความชื้นสูง เมื่ออากาศร้อนผ่านวัสดุที่มีความชื้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนน้ำในวัสดุกลายเป็นไอและระเหยออกมาจากวัสดุ [3, 5, 9] สำหรับปริมาณความชื้นในวัสดุ (Moisture) เป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลือในวัสดุจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ [5]

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คำนวณได้จากสมการที่ (1)

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

2. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คำนวณได้จากสมการที่ (2)

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

เมื่อ M_w คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชื้น (kg)

d คือน้ำหนักวัสดุแห้ง (kg)

2.2 อัตราเร็วของการอบแห้ง

ความเร็วของการลดค่าความชื้นในวัสดุเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งถ้าค่าอัตราความเร็วของการอบแห้งมีค่าสูง แสดงว่าปริมาณความชื้นที่แพร่กระจายออกจากวัสดุต่อเวลามีปริมาณสูงมาก ดังสมการที่ (3) [7]

$$Drying\ rate = \frac{dX}{dt} = \frac{x_0 - x}{t - t_0} \quad (3)$$

เมื่อ $x_0 - x$ คือค่าความเปลี่ยนแปลงของความชื้น

$t - t_0$ คือค่าความเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลา

2.3 วัสดุ

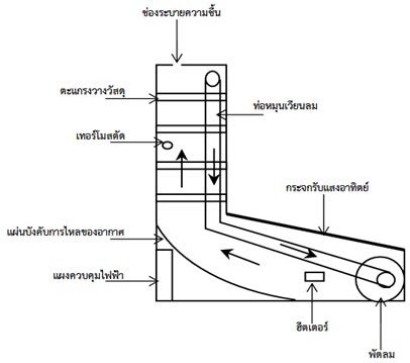
พริกชี้ฟ้าเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เลือกใช้ในการทดลอง โดยทั่วไปนิยมนำไปทำซอสพริกสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหรือทำพริกแห้ง การเลือกพริกสำหรับอบแห้งนั้น ควรเลือกเฉพาะผลที่มีสีแดงเรื่อๆจนถึงแดงจัดทั้งผล ไม่ควรเก็บพริกที่ยังไม่แก่จัด หรือยังไม่สุกแดง เพราะเมื่อนำมาอบแห้งพริกจะมีสีด่างขาว เป็นพริกคุณภาพต่ำ ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด จำหน่ายไม่ได้ราคา [10] ซึ่งพริกชี้ฟ้าที่ใช้ทดลองซื้อมาจากตลาดสดในอำเภอเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2.4 เตาอบแห้งพลังงานความร้อนร่วม

การออกแบบเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการอบแห้งแบบพาความร้อน (conductive drying) โดยใช้พัดลมเป่าอากาศร้อนแบบบังคับทิศทาง ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถเลือกใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานแสงอาทิตย์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือจะใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ก็ได้ ทำให้สามารถใช้งานเตาอบได้ตลอดทั้งปี โดยส่วนประกอบของเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย ฮีตเตอร์ขนาด 4000 วัตต์ถูกติดตั้งด้านหน้าพัดลมเป่าอากาศสำหรับให้ความร้อนแก่อากาศภายในเครื่องอบ โดยอากาศร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกเป่าด้วยพัดลมขนาด 30 วัตต์ ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที และมีแผงช่วยบังคับทิศทางการไหลของอากาศติดตั้งภายในเครื่อง ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ด้วยจกหนา 5 มิลลิเมตร ถาดตะแกรงสำหรับอบแห้งพริกมีทั้งหมด 4 ชั้น อุณหภูมิภายในเตาอบแห้งถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัดยี่ห้อ E.G.O Germany และช่องอากาศทางด้านบนเพื่อระบายความชื้นติดพัดลมขนาด 12 โวลต์ สำหรับลมร้อนที่ถูกเป่าผ่านผลผลิตจะถูกดูดผ่านท่อที่ได้ออกแบบไว้เพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 50 Hz เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องและระบบไฟฟ้าทั้งหมดของเตาอบแห้งจะถูกควบคุมโดยตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

2.5 วิธีการทดลอง

การทดสอบอบแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยเตาอบโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ หรือใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ ขั้นตอนแรก เปิดประตูเตาอบเพื่อใส่พริกลงในถาดตะแกรงทั้ง 4 ชั้น เกลี่ยให้ทั่วถาดแล้วจึงปิดประตู ขั้นตอนที่สอง เริ่มเดินเครื่องด้วยการเปิดสวิทซ์พัดลมเพื่อบังคับการไหลของอากาศ ตามด้วยการเปิดสวิทซ์ฮีตเตอร์เพื่ออุ่นอากาศในเตาอบให้มีอุณหภูมิ 70±2 ^{0}C อุณหภูมิในเตาอบถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัด สำหรับเวลาในการอบแห้งจะเริ่มจับเวลาทันทีที่อุณหภูมิภายในเตาอบแห้งมีอุณหภูมิ 70±2 ^{0}C เก็บตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง ในส่วนของการทดลองอบพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว มีขั้นตอนการทำงานคล้ายกับการอบแห้งพริกด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ เพียงแต่อุณหภูมิในเตาอบไม่สามารถควบคุมให้คงที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละวัน ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาอบอยู่ที่ 40 ^{0}C เริ่มทดลองในช่วงเวลา 9.00 - 16.00 น. โดยการทดลองแต่ละเงื่อนไขจะทำซ้ำกัน 3 รอบ และกำหนดความชื้นที่เหลือในพริกไม่เกิน 13 % (มาตรฐานเปียก)



ภาพที่ 1 แสดงเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

3. อภิปรายผลการทดลอง

3.1 อุณหภูมิภายในเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรพลังงานร่วม

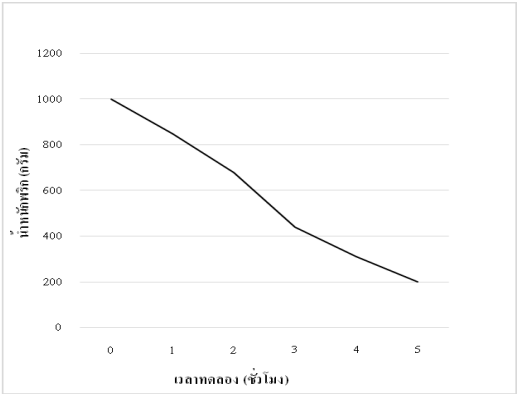
ในการทดลองการอบแห้งอุณหภูมิที่เหมาะในการอบแห้งจะช่วงให้วัสดุคายความชื้นได้เร็ว มีสีผิวที่สดไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมมาก ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องทำให้อุณหภูมิภายในเตาอบแห้งต้องเท่ากันทั่วบริเวณที่มีการให้ความร้อนแก่วัสดุ จากการทดลองวัดอุณหภูมิระหว่างถาดวางพริกทั้ง 4 ชั้น พบว่ามีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 70.25 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 1 แสดงว่าพัดลมเป่าอากาศและแผ่นบังคับการไหลของอากาศสามารถทำให้อากาศไหลไปในทิศทางที่กำหนดและความร้อนกระจายทั่วถึงบริเวณที่มีการระเหยของไอน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรพลังงานร่วม

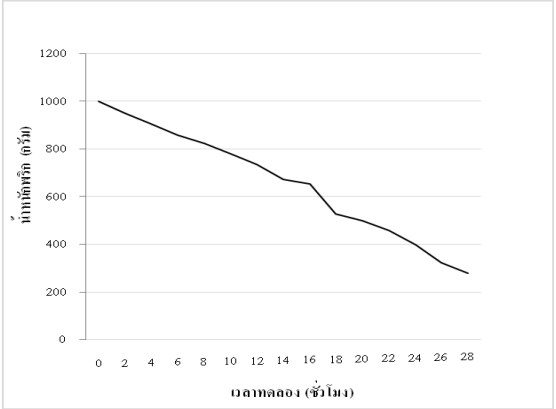
ชั้นวางพริก	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	72.5
2	70
3	69.5
4	69
เฉลี่ย	70.25

3.2 ผลของการอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานจากไฟฟ้าและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ในการทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้า ตัวแปรที่ต้องศึกษาคือความชื้นที่เหลืออยู่ในพริก และอัตราการเร็วของการอบแห้งสำหรับความชื้นเริ่มต้นของพริกที่นำมาทดลองอยู่ที่ 74 % (มาตรฐานเปียก) ตามมาตรฐาน AOAC โดยใช้ตู้อบลมร้อนอบที่ 103 ^{0}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง [11] จากการทดลองอบแห้งพริกด้วยพลังงานจากไฟฟ้าจากภาพที่ 2 พบว่าใช้เวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง น้ำหนักในพริกลดลงเหลือเฉลี่ย 20% เมื่อนำไปหาความชื้นตามมาตรฐานเปียกจะได้ 8.83% คิดเป็นอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.22 %ความชื้นที่ระเหยออก/นาที ในขณะที่การทดลองอบแห้งพริกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากภาพที่ 3 ปรากฏว่าสามารถลดน้ำหนักในพริกลงเหลือเฉลี่ย 28% คิดเป็นความชื้นมาตรฐานเปียก 10.30% และอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.04 %ความชื้นที่ระเหยออก/นาที แต่ใช้เวลาในการอบแห้งนานถึง 28 ชั่วโมง ส่วนลักษณะของสีพริกหลังผ่านการอบพบว่าสีพริกที่อบด้วยแดดมีสีสดกว่า เนื่องจากเป็นการอบที่อุณหภูมิต่ำกว่าทำให้สีผิวของพริกไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 2 แสดงน้ำหนักพริกที่ลดลงหลังผ่านการอบด้วยเตาอบแห้งจากพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 3 แสดงน้ำหนักพริกที่ลดลงหลังผ่านการอบด้วยเตาอบแห้งจากพลังแสงอาทิตย์

ภาพที่ 4 แสดงพริกที่ผ่านการอบโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (ภาพด้านบน) และพลังงานจากไฟฟ้า (ภาพด้านล่าง)

4. สรุปผลการทดลอง

การอบแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยเตาอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในเตาอบอยู่ที่ 40 ^{0}C ต้องใช้เวลาอบแห้งนาน 28 ชั่วโมง จึงสามารถอบแห้งพริกชี้ฟ้าให้มีความชื้นตามมาตรฐานเปียกจาก 74% ลดลงเหลือ 10.30% และอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.04 %ความชื้นที่ระเหยออก/นาที สำหรับการทดลองอบแห้งโดยใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าจะใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 5 ชั่วโมง ความชื้นตามมาตรฐานเปียกเหลือเพียง 8.83% และอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.22 % ความชื้นที่ระเหยออก/นาที ใช้ไฟฟ้า 10.2 หน่วย คิดเป็นเงิน 28.09 บาท (อัตราค่าไฟฟ้า 2.7549 บาทต่อหน่วย) [12] หากเปรียบเทียบจากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าเตาอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานจากไฟฟ้าจะมีอัตราการอบแห้งที่ดีกว่าส่งผลให้ประหยัดเวลาในการอบแห้งได้มาก ถึงแม้จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มแต่ถือว่าคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป

5.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร. 2559. ยุทธศาสตร์การพัฒนางานวิจัยพริก พ.ศ. 2559-2563 ออนไลน์: www.doa.go.th/hort/images/stories/strategyplanthort/strategychili.doc. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559

[2] สุระ ตันดี, ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์, โชติชวาล ชัยธวัชวิบูลย์ และอนุชา สมพงษ์. 2553. คุณลักษณะของการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง. โครงการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม ครั้งที่ 1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.18 สิงหาคม 2553.

[3] อัจฉรา แซ่โค้ว, สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556. ปัจจัยของการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของพริกไทยดำ. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา 18: 166-180.

[4] ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งสมุนไพรและเครื่องเทศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[5] ธนะวิทย์ ทองวิเชียร และ กฤษณพงค์ สังขวาสี. 2558. เตาอบพลังงานความร้อนจากแกลบ. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8. 26 พฤศจิกายน 2558.

[6] Tirawanichakul, S. 2004. Influence of fluidized-bed drying temperature on chemical and physical properties of paddy, PhD. Dissertation, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand, 127.

[7] อำนาจ บุญลอย, ดาวรัตน์ ปัญญากาญจน์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. การเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างฟลูอิดไดซ์เบดกับฟลูอิดไดซ์เบดแบบผิวคลื่น. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ,15-17 ตุลาคม 2551

[8] มณีฉัตร นิกรพันธุ์ . พริก. ภาควิชาพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[9] กิตติ สิทธิประภาพร และกิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย. 2547. คุณลักษณะการอบแห้งพริกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18. จังหวัดขอนแก่น 18-20 ตุลาคม 2547.

[10] กรมวิชาการเกษตร. 2559. การปลูกพริกชี้ฟ้าเพื่อบริโภคสดและการแปรรูป.ออนไลน์: http://www.doa.go.th/oard2/images/stories/aa_3.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2559.

[11] AOAC. The Association of Official Analytical Chemists. 1995. Inc. Arington, Verginia, USA.

[12] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2559. อัตราค่าไฟฟ้า. ออนไลน์: https://www.pea.co.th/peawiki/Documents/Rate2012.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2559.