TC1 ศร.ก
1
0.60
1

การพัฒนาเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

Improvement of Productivity in Raw Dried Oyster Crackers by Hot air oven

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล[1], กุลพร พุทธมี[2]

[1]สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มผลผลิต ต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งระหว่างเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนกับการทำแห้งด้วยแสงแดด และการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนชนิดถาดขนาด 80 x 85 x 190 เซนติเมตร จำนวน 12 ถาด ใช้พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงแก๊สอบด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ผลการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 11.37 ค่า a_w เท่ากับ 0.68 เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิต ข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง กับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า การทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีผลผลิตมากกว่าการทำแห้งด้วยแสงแดด คิดเป็นร้อยละ 16.67 โดยการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีกำลังการผลิต 45 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยแสงแดดมีกำลังการผลิต 37.50 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนกับการทำแห้งด้วยแสงแดดต่อครั้ง พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีต้นทุน 1,467.66 บาท ส่วนข้าวเกรียบหอยนางรมทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุน 1,543.81 บาท และต้นทุนเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเท่ากับ 159,000 บาท สามารถคืนทุนได้ในเวลา 6 เดือน 7 วัน

คำสำคัญ : หอยนางรม ข้าวเกรียบหอยนางรม เครื่องอบลมร้อน

Abstract

The objective of this research was to study and develop oyster crackers. The production cost and increasing of productivity were evaluated. The dimension of hot air oven was 80 x 85 x 190 cms, width x length x height with 12 drying trays. The combined energy of electric power and LPG gas were used to develop a hot air dryer. Experiments were conducted at inlet air temperatures of 50, 60 and 70 °C for 6 hours. The experiments were carried out using hot air drying method and sun drying method. The results showed that the optimal conditions was obtained by the hot air drying method at 70 °C for 3 hours with 11.37 % moisture content, 0.68 of a_w and highest expansion. The comparison of effectiveness cracker production, showed that the effectiveness of conventional drying method at 70 °C for 3 hours was higher than sun drying method at 16.67 % with 45 kilograms/day of production capacity, and 37.50 kilograms/day of production capacity for sun drying method. For the comparison of cost, it was found that the cost of cracker production with hot air drying method was 1,467.66 baht while the cost of sun drying method was 1,543.81 baht and the cost of hot air dryer fabrication was 159,000 baht, which could pay back within 6 months and 7 days.

Keywords : Oyster, Oyster crispy, Hot air oven

บทนำ

กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน เป็นหนึ่งในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริอ่าวคุ้งกระเบน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ได้ทำการแปรรูปหอยนางรมเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ข้าวเกรียบหอยนางรม น้ำพริกเผาหอยนางรม คุกกี้หอยนางรม ซอสหอยนางรม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์แปรรูปของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบนที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอันดับหนึ่ง คือ ข้าวเกรียบหอยนางรม โดยพบว่า ทางกลุ่มฯ มีความต้องการที่จะพัฒนาเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนให้สามารถผลิตได้ปริมาณ และคุณภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการทำแห้งข้าวเกรียบดิบในปัจจุบันเป็นการทำแห้งโดยการใช้แสงแดดจากธรรมชาติ ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ปริมาณแสงแดดในแต่ละวันที่ไม่เท่ากันทำให้ไม่เพียงพอต่อการทำแห้ง ลมที่พัดมาจากทะเลนำเอาฝุ่นละอองมาเกาะติดกับข้าวเกรียบ และมูลนกที่มากวนในเวลาทำแห้ง โดยปัจจัยดังกล่าวจะไม่สามารถผลิตข้าวเกรียบดิบแห้งให้ทัน และเพียงพอกับความต้องการของตลาด ซึ่งทำให้ทางกลุ่ม ฯ เสียโอกาส และรายได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยเทคโนโลยีในการทำแห้งโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งมีปริมาณเพิ่มขึ้นปลอดภัยจากสิ่งปนเปื้อน และมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการพัฒนาเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งจะทำการศึกษาการนำเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมาทำการเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณ และรักษาคุณภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด ด้วยกรรมวิธีหลักการจัดการทางวิศวกรรม เพื่อจะนำพาให้กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้สัมฤทธิ์ผลในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ หอยนางรม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด
2. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด
3. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมาทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบเพื่อเพิ่มผลผลิต แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตกับการทำแห้งด้วยแสงแดด โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

1.1 ทำการศึกษาคุณลักษณะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่นำมาเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยการทดสอบสภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ทำการทดสอบอุณหภูมิลมร้อน การกระจายความร้อน ความชื้น สัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนด้วยเครื่องมือวัด

1.2 ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการนำพาลมร้อนด้วยวัตต์มิเตอร์ เวลา และปริมาณแก๊สที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ

ส่วนที่ 2 ศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดด

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเกรียบดิบก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด และข้าวเกรียบดิบหลังทำแห้งด้วยแสงแดด เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้น (AOAC, 1995) ค่า Water activity (a_w) และค่าสี ในรูปของค่า L* (ความสว่าง) a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) และ b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง)

ส่วนที่ 3 ศึกษาสภาวะในการอบแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

3.1 กระบวนการและขั้นตอนในการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

นำตัวอย่างข้าวเกรียบหอยนางรมมาหั่นสไลด์ตามแนวขวางขนาดความกว้าง 2 cm ความยาว 2 cm และความหนาโดยเฉลี่ย 0.12 ถึง 0.15 cm ชั่งน้ำหนักข้าวเกรียบ 2 กิโลกรัมต่อถาด วางเรียงลงบนภาชนะทั้งหมด 12 ถาด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเกรียบจากภาชนะที่ 16 และ 12 ทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ด้วยค่าเฉลี่ยการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995) ค่า Water activity (a_w) และค่าสี ในรูปของค่า L* (ความสว่าง) a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) และ b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง)

3.2 ศึกษาอัตราการทำแห้ง

อัตราการแห้ง (Drying rate) คือ มวลของเหลวที่ระเหยต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อเวลา สมการของอัตราการแห้ง (Geankoplis, 2003) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$R = -\frac{1}{A}\frac{dm}{dt} \qquad (1)$$

เมื่อ

R = อัตราการแห้งหรืออัตราการระเหย ($kg/m^2.hr$)

A = พื้นที่ที่เกิดการระเหย (m^2)

$\frac{dm}{dt}$ = มวลของน้ำที่ระเหยต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/hr)

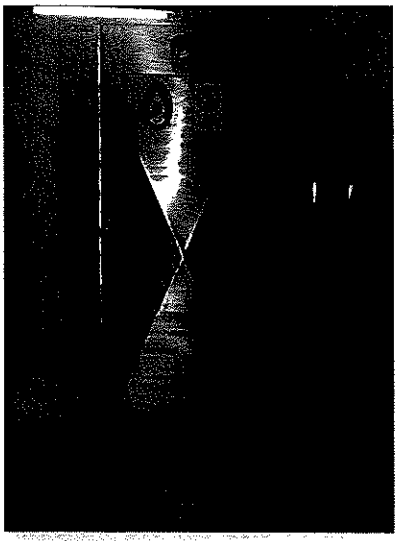
ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยวิธีการทำแห้งโดยแสงแดดกับการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยทำการเปรียบเทียบระยะเวลา และค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม และทำการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

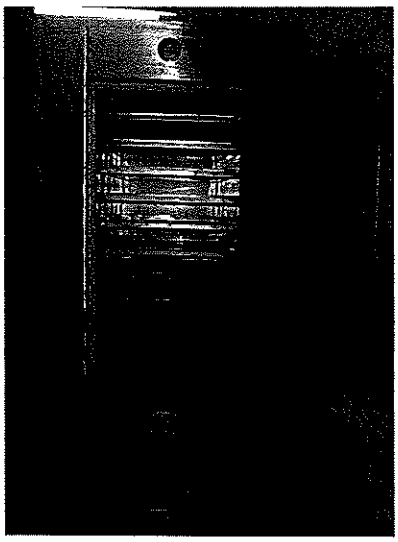
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

จากการศึกษาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่นำมาพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน พบว่า ขนาดภายนอกกว้าง 80 cm ลึก 85 cm สูง 190 cm ดังภาพที่ 1 ทำงานโดยใช้ลมร้อนเป่าหมุนเวียนอากาศด้วยมอเตอร์ขนาด 329 วัตต์ ใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิงหัวเตาอินฟาเรดขนาดรวม 16,000 บีทียู/ชั่วโมง มีส่วนควบคุมการทำงานเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกันทั้งเครื่อง ด้านบนของเครื่องมีช่องระบายความชื้นออกไปยังด้านนอก ทำด้วยสแตนเลสเกรด AISI 304 หนา 1.2 mm บุด้วยฉนวนกันความร้อน "ใยหิน" ทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 800 °C ผนังเครื่องบุด้วยใยหิน 2 นิ้ว ประตูบุใยหินหนา 2 นิ้ว สามารถตั้งอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 0 ถึง 250 °C และภายในห้องอบมีขนาดภายใน กว้าง 55 cm ลึก 73 cm สูง 130 cm ดังภาพที่ 2 จำนวนชั้นสำหรับวางภาชนะอบได้ 12 ชั้น โดยแต่ละชั้นสูงห่างกัน 10 cm สำหรับวางภาชนะอบขนาดกว้าง 53 cm ยาว 72 cm สูง 3 cm



ภาพที่ 1 ภายนอกเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน



ภาพที่ 2 ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

1.1 การทดสอบสภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ขณะไม่มีข้าวเกรียบมีผลดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบอุณหภูมิลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 16 และ 12 พบว่า อุณหภูมิลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทำให้ผลการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบมีการกระจายลมร้อนที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนจะนำพาลมร้อนจากด้านล่างแล้วกระจายลมร้อนออกทางด้านข้างของเครื่องอบทั้ง 2 ข้าง ส่วนลมร้อนและความชื้นจะถูกระบายออกสู่ด้านบนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 16 และ 12 พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิลมร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Doymaz et al. (2006) ศึกษาการอบแห้ง Dill และ Parsley leaves โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ความเร็วลม

1.1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง และในระหว่างกระบวนการอบแห้งพบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง Dill และ Parsley leaves คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบความเร็วลมด้วยเครื่องวัดค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า ค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 และ 70 °C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง เท่ากับ 60 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละอุณหภูมิภายในเครื่องอบเท่ากับ 0.28 m/s สอดคล้องกับคุณสมบัติเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers) ซึ่งอากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5 ถึง 5 เมตรต่อวินาที (วิไล, 2543)

1.2 ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการนำพาลมร้อนโดยวัดด้วยวัตต์มิเตอร์ มีค่าเท่ากับ 329 วัตต์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ 50 °C ใช้เวลา 4 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 150 กรัม ที่ 60 °C ใช้เวลา 9 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 250 กรัม และที่ 70 °C ใช้เวลา 13 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 350 กรัม

2. ผลศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมโดยการทำแห้งด้วยแสงแดด

เมื่อนำข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด และข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมาวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ค่า Water activity (a_w) และค่าสี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

ข้าวเกรียบหอยนางรม	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	a_w	ค่าสี		
			L*	a*	b*
ก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด	73.64	0.96	57.41^{ns} ±4.16	4.71^{ns} ±0.79	25.67^{ns} ±1.36
หลังทำแห้งด้วยแสงแดด	7.74	0.66	50.52^{ns} ±3.84	5.80^{ns} ±1.21	25.80^{ns} ±2.38

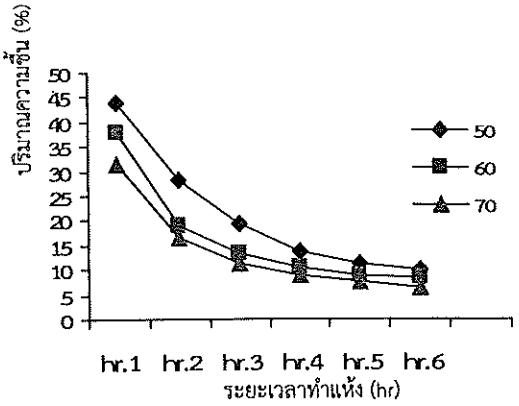
หมายเหตุ : ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดดมีความชื้นร้อยละ 73.64 เมื่อผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่า ความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 7.74 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ ซึ่งกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ค่า Water activity (a_w) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.66 ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญที่ Water activity (a_w) ต่ำกว่า 0.7 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (วิไล, 2543) ค่าสีของข้าวเกรียบ พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) และ b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง) ของข้าวเกรียบ หอยนางรมก่อน และหลังทำแห้งด้วยแสงแดดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

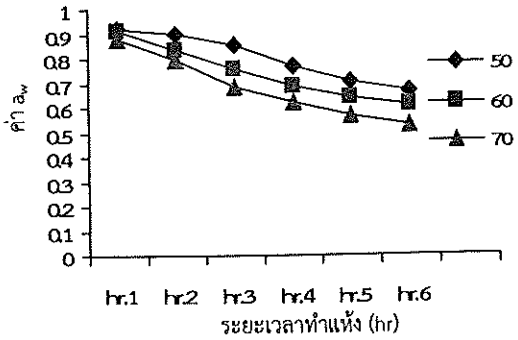
3. ผลการศึกษาสภาวะในการอบแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า Water activity (a_w) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 °C เป็นระยะเวลา 1 ถึง 6 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรม แห้งด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C



ภาพที่ 4 ค่า Water activity (a_w) ของข้าวเกรียบหอย ที่ทำนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่า ปริมาณความชื้น (ภาพที่ 3) ที่อุณหภูมิ 50 °C ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 5 และ 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 4 5 และ 6 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และมีค่า Water activity (a_w) ≤ 0.70 (ภาพที่ 4) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากเชื้อรา ส่วนใหญ่จะถูกยังยั้งการเจริญเติบโตที่ Water activity (a_w) ต่ำกว่า 0.7 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* (ความสว่าง) a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) และ b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 °C เป็นระยะเวลา 1 ถึง 6 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีสีเข้มขึ้น ส่วนค่าสี a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) พบว่าข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 °C มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ตลอดระยะเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าสี a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับค่าสี a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับค่าสี a* (-a* หมายถึง สีเขียว, +a* หมายถึง สีแดง) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ส่วนค่าสี b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 °C มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b* (-b* หมายถึง สีน้ำเงิน, +b* หมายถึง สีเหลือง) ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 และ 70 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ตลอดระยะเวลา 6 ชั่วโมง

3.2 ผลการศึกษาอัตราการทำแห้ง

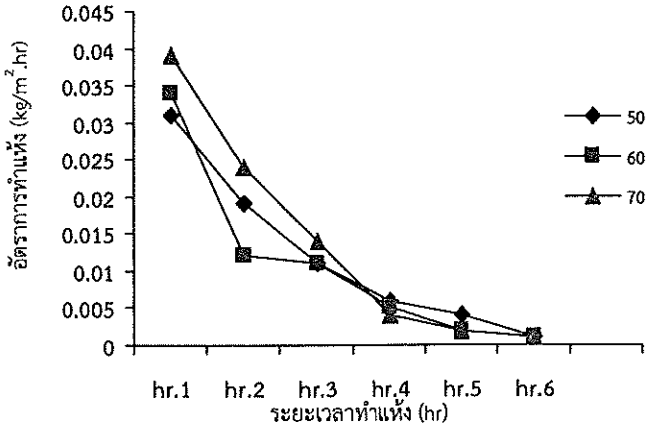
ผลอัตราการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 60 และ70 °C แสดงดังภาพที่ 5 พบว่า อัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมในช่วงระยะเวลาชั่วโมงที่ 1 ถึง 3 จะมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าชั่วโมงที่ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวเกรียบหอยนางรมที่ยังไม่ผ่านการทำแห้งยังมีปริมาณน้ำอิสระมาก จึงทำให้ในช่วงแรกของการทำแห้งเกิดการระเหยของน้ำอิสระอย่างรวดเร็ว โดยอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบขึ้นกับระยะเวลา พบว่าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C มีอัตราการทำแห้งเท่ากันคือ 0.001 kg/m^2.hr ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกอบพัชรกุล (2550) ซึ่งทำการศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ พบว่า อัตราการอบแห้งในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูง ทำให้บริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการ

ระเหยจึงเร่งให้อัตราการอบแห้งเกิดเร็วขึ้น หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) เนื่องจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่ออัตราการระเหย จึงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 °C

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
1. ตั้งค่าอุณหภูมิ 50 °C			
1	58.80^{a}±3.20	4.04^{ns}±1.24	23.78^{ab}±1.62
2	56.82^{ab}±0.82	4.07^{ns}±0.24	24.36^{a}±2.03
3	55.50^{ab}±0.24	4.29^{ns}±0.55	24.11^{ab}±0.27
4	54.75^{abc}±2.90	3.74^{ns}±0.06	23.41^{ab}±1.34
5	50.66^{bc}±4.36	3.84^{ns}±0.03	20.66^{bc}±1.69
6	48.51^{c}±1.02	3.21^{ns}±0.12	19.61^{c}±0.36
2. ตั้งค่าอุณหภูมิ 60 °C			
1	55.30^{a}±0.20	5.34^{a}±0.05	25.72^{ns}±0.48
2	55.35^{a}±2.63	5.27^{ab}±0.18	25.72^{ns}±1.32
3	54.17^{ab}±0.11	4.91^{ab}±0.49	26.07^{ns}±2.87
4	53.24^{ab}±2.64	4.60^{b}±0.21	24.81^{ns}±3.08
5	50.33^{ab}±0.25	5.59^{a}±0.30	25.30^{ns}±2.22
6	52.00^{b}±1.46	4.59^{b}±0.12	24.98^{ns}±0.75
3. ตั้งค่าอุณหภูมิ 70 °C			
1	56.31^{ns}±1.27	5.26^{a}±0.83	25.68^{ns}±0.69
2	58.57^{ns}±5.06	4.24^{ab}±0.11	27.20^{ns}±2.64
3	53.53^{ns}±0.30	3.68^{b}±0.14	23.23^{ns}±2.83
4	54.07^{ns}±2.62	5.09^{ab}±0.36	26.03^{ns}±2.80
5	51.23^{ns}±1.90	5.13^{a}±0.66	25.06^{ns}±3.58
6	52.62^{ns}±4.03	4.22^{ab}±0.75	24.09^{ns}±4.81

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.0!
: ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 °C

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า Water activity (a_w) ของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นและค่า Water activity (a_w) ที่เหมาะสมเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และมีค่า Water activity (a_w) ≤ 0.70 ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโต ที่ Water activity (a_w) ต่ำกว่า 0.7 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตและการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดดเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมระหว่างการทำแห้งด้วยแสงแดดกับการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดดกับการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	การทำแห้งด้วยแสงแดด	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
1. ด้านพลังงาน		
1.1 จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำแห้ง	1 ถึง 2 คน	1 คน
1.2 พลังงานไฟฟ้า	64.35 บาท	69.35 บาท
1.3 พลังงานแก๊ส	31.50 บาท	65.10 บาท
1.4 ปริมาณน้ำประปา	0.14 บาท	0.14 บาท
2. ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม		
2.1 สิ่งสกปรก	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
2.2 กระแสลมจากธรรมชาติ	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
2.3 อายุการเก็บรักษา	เท่ากัน	เท่ากัน
2.4 ความสม่ำเสมอทางกายภาพ	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
2.5 สีของข้าวเกรียบหลังทอด	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
3. ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง		
3.1 ปริมาณที่ผลิตได้ในแต่ละครั้ง	เท่ากัน	เท่ากัน
3.2 ความรวดเร็วในการทำแห้งทั้ง 2 แบบ	ต่ำ	สูง
4. การสูญเสียในการทำแห้ง	ลม การแตกหัก เชื้อรา	ไม่พบการสูญเสีย
5. ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง		
5.1 ต้นทุน (บาท)	1,543.81	1,467.66
5.2 ระยะเวลา	(45 ชั่วโมง 16 นาที)	(30 ชั่วโมง 16 นาที)
5.3 แรงงาน (บาท)	160	40
5.4 วัตถุดิบ (บาท)	1,287.82	1,287.82
6. การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง		
6.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
6.2 เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
7. อัตราการผลิต	37.50 กิโลกรัมต่อวัน	45 กิโลกรัมต่อวัน
8. ต้นทุนในการทำแห้ง	160 บาท	83.85 บาท
9. ต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม	102.92 บาท	97.84 บาท

หมายเหตุ : ปัจจัยที่ใช้เปรียบเทียบด้านพลังงานเริ่มจากกระบวนการเริ่มต้นจนถึงกระบวนการทำแห้ง

จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดด อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำงานยังต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปทุมพร (2550) ได้ทำการดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดลดความชื้นแทนการตากแดดที่อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 °C โดยพบว่าที่อุณหภูมิการทำแห้ง 65 °C สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบที่อุณหภูมิ 55 และ 60 °C ส่วนที่อุณหภูมิ 70 °C ข้าวเกรียบว่าวจะมีลักษณะแห้งจนเกินไป จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เปราะแตกได้ง่าย จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่าเครื่องอบแห้งแบบถาดใช้เวลาในการอบน้อยกว่า ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

4.2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม แบ่งองค์ประกอบในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมด ด้านจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้านระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอบแห้ง (บาทต่อปี) โดยกำหนดให้ราคาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีเท่ากับ 159,000 บาท มูลค่าซากเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือร้อยละ 10 ของราคาเครื่อง (การตีราคาทรัพย์สิน, 2544) และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557) อัตราค่าแรงวันละ 300 บาท จำนวนคนทำงาน 2 คน ทำงานปีละ 244 วัน อัตราการใช้กำลังงานไฟฟ้า 329 วัตต์ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.33 หน่วยต่อชั่วโมง อัตราการใช้แก๊ส (LPG) ถังละ 315 บาท ค่าแก๊สหน่วยละ 21 บาท สิ้นเปลืองค่าแก๊ส (LPG) เฉลี่ย 0.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาทต่อวัน จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 190,402.88 บาทต่อปี

จุดคุ้มทุน (Break even point) ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยกำหนดให้ราคาขายหลังหักต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อกิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเดินเครื่องทำงาน 244 วัน เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับเดินเครื่องทำงานเท่ากับ 1,464 ชั่วโมงต่อปี สมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบหอยนางรมได้ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใน 1 ปีสามารถอบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปี ดังนั้นจุดคุ้มทุนจะอยู่ที่ 546.45 กิโลกรัมต่อปี

ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยรายได้จากการขายข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปีทำให้มีรายได้เท่ากับ 475,800 บาทต่อปี ทำให้มีระยะเวลาในการคืนทุน 0.56 ปี หรือประมาณ 6 เดือน 7 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรพจน์ (2554) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเร็วลมและอัตราการหมุนถังอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งพริก พบว่าที่อุณหภูมิ 120 °C ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อัตราการหมุนถัง 6 รอบต่อนาที จะสามารถอบแห้งพริกได้จำนวน 9 กิโลกรัม ภายใน 3 ชั่วโมง และพบระยะเวลาในการคืนทุน 4 เดือน

สรุปและอภิปรายผล

1. เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่นำมาพัฒนาเพิ่มผลผลิต พบว่า ขนาดภายนอกกว้าง 80 เซนติเมตร ลึก 85 เซนติเมตร สูง 190 เซนติเมตร ทำงานโดยใช้ลมร้อนเป่าหมุนเวียนอากาศด้วยมอเตอร์ขนาด 329 วัตต์ ใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง หัวเตาอินฟาเรดขนาดรวม 16,000 บีทียู/ชั่วโมง ทำด้วยสแตนเลสเกรด AISI 304 หนา 1.2 มิลลิเมตร บุด้วยฉนวนกันความร้อนใยหินหินหนา 2 นิ้ว ภายในห้องอบมีขนาดภายในกว้าง 55 เซนติเมตร ลึก 73 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร และจำนวนชั้นสำหรับวางภาชนะอบได้ 12 ชั้น โดยแต่ละชั้น สูงห่างกัน 10 เซนติเมตร สำหรับวางภาชนะอบขนาดกว้าง 53 เซนติเมตร ยาว 72 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร

2. อุณหภูมิลมร้อน และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า อุณหภูมิลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทำให้ผลการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบมีการกระจายลมร้อนที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิลมร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น และค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิเท่ากับ 50 และ 70 °C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิเท่ากับ 60 °C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละอุณหภูมิภายในเครื่องอบเท่ากับ 0.28 m/s

3. ข้าวเกรียบที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.74 มีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.66 เมื่อศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.37 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ คือ ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และมีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.68

4. ผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า การใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีผลผลิตมากกว่าการทำแห้งด้วยแสงแดด อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำงานยังต่ำกว่า และยังมีข้อเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง การสูญเสียในการทำแห้ง ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง สมรรถนะในการทำแห้ง ต้นทุนในการทำแห้ง และต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม

5. ต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีต้นทุนทั้งกระบวนการ 1,467.66 บาท และต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยการทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุนทั้งกระบวนการ 1,543.81 บาท โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีต้นทุน 159,000 บาท จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 546.45 กิโลกรัมต่อปี และสามารถ คืนทุนได้ภายในระยะเวลา 6 เดือน 7 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการนำเอาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไปใช้ทำแห้งข้าวเกรียบชนิดอื่นๆ ของกลุ่ม ฯเพิ่มเติม เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลากระเบน ข้าวเกรียบเห็ดหอม ข้าวเกรียบงาดำ ข้าวเกรียบผักโขม ข้าวเกรียบแครอท ข้าวเกรียบฟักทอง เป็นต้น

2. ควรมีการนำเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนชนิดอื่นๆ มาทดลอง เช่น เครื่องทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แบบอุโมงค์ แบบถัง และแบบสายพานมาทำการทดลองหาประสิทธิภาพการเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน. 2544. **การตีราคาทรัพย์สิน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/interestrate/_layouts/application/interest_rate/IN_Rate.aspx : 15 พฤศจิกายน 2557.

กอบพัชรกุล เป็นบุญ. 2550. **การอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2557. **อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/interestrate/_layouts/application/interest_rate/IN_Rate.aspx : 15 พฤศจิกายน 2557.

ธีรพจน์ แนบเนียน. 2554. **การพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน.** รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

ปทุมพร โสตถิรัตนพันธุ์. 2551. **การดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค.** รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

วิไล รังสาดทอง. 2543. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** เท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น. กรุงเทพ ฯ. 401 น.

AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis.** 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington. D.C.

Doymaz, I., Tugrul, N., and Pala, M. 2006. **"Drying characteristics of dill and parsley leaves,"** Journal of Food Engineering, **77(3) : 559-565.**

Geankoplis, C.J. 2003. **Transport process and separation process principles.** 4th ed. Prentice Hall Professional Technical Reference, New Jersey.

วารสารวิจัยรำไพพรรณี

Rajabhat Rambhai Barni Research Journal

ISSN 1906-327X ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2558 - มกราคม 2559

การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา 5

*ศิริพล กำแพงทอง, **บุญจง ขาวสิทธิวงษ์***

การพัฒนาเพิ่มผลผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน 17

*ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล, **กุลพร พุทธมี***

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทำสวนยางพารา กรณีศึกษา เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ตำบลเขาพระ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 27

*กาสูหรี สาอีซา, **วิสาขา ภู่จินดา***

การศึกษาประสิทธิภาพโลจิสติกส์ผลไม้ภาคตะวันออกเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) 38

*ทรงศักดิ์ มิ่มกระโทก, **สำราญ ช่าโสม, ดวงมณี ทองคำ, ดวงรัตน์ สวัสดิ์มงคล, กชกร มิ่มกระโทก***

บทบาท ผลกระทบ และมาตรการแก้ไขเกี่ยวกับแรงงานข้ามชาติในเขตชุมชนชาวประมง ของจังหวัดชายแดนไทย-กัมพูชา : กรณีศึกษา อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี 49

อัศวิน แก้วพิทักษ์

แนวทางการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในจังหวัดจันทบุรี 61

*พัชรินทร์ รุจิรานุกูล, **ธันวดี ดอนวิเศษ***

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีจิตสาธารณะของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาในจังหวัดระยอง 71

*ปรีชา คำมาดี, **ประสพชัย พสุนนท์***

การบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงของผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้าปลีกขนาดเล็กในเขตอำเภอเมือง จังหวัดตราด 81

สัมฤทธิ์ สกุลปกรณ์

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยความเข้าใจในการอ่านภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 1 89

ธีรา ชุณสนิท

แนวทางการพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากรหน่วยงานอาชีวศึกษาจังหวัดระยอง กรณีศึกษาวิทยาลัยเทคนิคระยอง จังหวัดระยอง 99

ปริยาภัทร ศรีเพชร

การพัฒนารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะผู้นำเชิงวิสัยทัศน์ ของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 106

*สมัชชา จันทร์แสง, **พรสวัสดิ์ ศิรศาตนันท์, ธีรศักดิ์ อินทรมาตย์***

การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมสมรรถนะครูผู้สอนตามจุดเน้นการพัฒนาผู้เรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานภาคตะวันออก 116

สุกัลญา พรมจันทร์

กระบวนการพัฒนาตนเองสู่การเป็นครูคุณภาพในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน 125

*เสาวนีย์ เจียมจักร, **สมโภชน์ อเนกสุข, สวัสดิ์ชัย ศรีพนมธนากร***

คุณลักษณะที่เป็นจริงของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สาขาวิชาพลศึกษา หลักสูตร 5 ปี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตามความคิดเห็นของผู้บริหารและครูพี่เลี้ยงปีการศึกษา 2557 134

ดารณี นาพันธุ์

55	0859-9807	วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
56	0858-7418	วารสารมหาวิทยาลัยแรศวร	มหาวิทยาลัยแรศวร
57	0125-2038	วารสารโรคมะเร็ง	มูลนิธิสถาบันมะเร็งแห่งชาติ
58	1686-8579	วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์	ศูนย์ส่งเสริมการวิจัย โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์
59	0125-6882	วารสารโรงพยาบาลชลบุรี	โรงพยาบาลชลบุรี
60	0858-6101	วารสารโรงพยาบาลศรีธัญญา	โรงพยาบาลศรีธัญญา
61	0859-7251	วารสารโรงพยาบาลสกลนคร	โรงพยาบาลสกลนคร
62	1906-3334	วารสารวิจัย มสด. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
63	1906-6627	วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
64	1905-7393	วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง	คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
65	1686-3437	วารสารวิจัยพลังงาน	สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
66	1686-9974	วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
67	1905-4963	วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
68	1906-1722	วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
69	1906-327X	วารสารวิจัยร่ำไพพรรณี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร่ำไพพรรณี
70	1906-2605	วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์
71	1906-1137	วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ฝ่ายวิจัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
72	1686-4409	วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
73	1906-392X	วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
74	2228-8120	วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแรศวร	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแรศวร
75	1905-291X	วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา	สถาบันการพลศึกษา
76	0125-5134	วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
77	1905-3819	วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
78	1906-7186	วารสารวิชาการนายเรืออากาศ	โรงเรียนนายเรืออากาศ
79	2286-6175	วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย
80	2350-9600	วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
81	0858-4923	วารสารวิชาการสาธารณสุข	สำนักวิชาการสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข
82	0859-1083	วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา
83	1905-9450	วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา	สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
84	0859-4562	วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา
85	0859-6808	วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์
86	0858-110X	วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี	วิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี
87	1686-4522	วารสารวิทยาศาสตร์ ศรีสะเกษ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
88	0859-6633	วารสารวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและกีฬา	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา