

การทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องแห้งระหว่างการเก็บรักษา ด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง

Prediction of free fatty acid content of dried purple rice during storage by response surface methodology

นิตยา จันกา^{1,*} และชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ในการทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องแห้งด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนองภายหลังจากประยุกต์ใช้การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันอุณหภูมิสูง เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสไม่ให้ไฮโดรไลซิสมันในข้าวกล้องแห้งเกิดเป็นกรดไขมันอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นหืนที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้บริโภค ข้าวเปลือกภายหลังจากการเก็บเกี่ยวที่ความชื้น 33.3% (d.b.) ถูกอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 100, 130 และ 150°C จนกระทั่งความชื้นมีค่าลดลงเหลือ 22.0% (d.b.) ภายหลังจากการลดความชื้น ข้าวเปลือกถูกกะเทาะเปลือกให้อยู่ในรูปข้าวกล้องบรรจุในกระสอบพลาสติกสาน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิบรรยากาศประมาณ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ถึง 60% ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง โดยการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณลดลงตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้น การใช้สมการเพื่อทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องแห้งระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลองเป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง, กรดไขมันอิสระ, วิธีการพื้นผิวตอบสนอง, การเก็บรักษา

Abstract

This research was focused on developing the mathematical equation by response surface methodology for prediction free fatty acid (FFA) content of dried purple rice treated by fluidization technique. This drying technique was expected to reduce rancidity, caused from hydrolyzed lipid in bran layer by lipase to FFA, during purple rice storage. The test was initiated by drying purple rice paddy at harvested moisture of 33.3% (d.b.) with a hot air fluidized bed at different drying temperatures of 100, 130 and 150°C till its moisture was reduced to 22.0% (d.b.). The dried purple rice was packed with polypropylene woven bag. The husk was removed and FFA content analyzed during the period of storage time at ambient temperature and relative humidity of 30°C and 50 to 60%. It was found that dried rice sample had lower formation of FFA content than the reference sample, which was dried in shade, during the same period of storage. Moreover, the trends of FFA content were decreased with increasing of drying temperature. The equation to predict FFA contents during storage was fitted well with the experimental data during the 90 days of storage.

Keywords: purple rice, free fatty acid, response surface methodology, storage

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

*Corresponding author, E-mail: nittaya717@hotmail.com

บทนำ

กลิ่นเหม็นหืนในข้าวกล้องมีสาเหตุจากการที่ลิพิดในรำข้าวถูกไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ไลเปสเกิดเป็นกรดไขมันอิสระซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา [1] ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เพิ่มมากขึ้นจะชักนำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค [2, 3] ข้าวกล้องจึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงมีความเสี่ยงสูงในการที่ผลิตภัณฑ์จะเสื่อมคุณภาพก่อนที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อ ด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้ผู้ผลิตกำหนดราคาขายของข้าวกล้องสูงกว่าข้าวขาว [4] ทั้งที่มีขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่น้อยกว่า

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ศึกษาวิธีการต่าง ๆ ในการลดการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปสเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลิพิดเป็นส่วนประกอบมีคุณภาพที่ดีและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น [5, 6, 7, 8] หนึ่งในกระบวนการดังกล่าวคือ การใช้กระบวนการทางความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสก่อนการเก็บรักษา จากงานวิจัยของ Jaisut *et al.* [9] และ Kim *et al.* [10] พบว่า เมื่อนำตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่ 150°C นาน 3 นาที และ 100°C นาน 1 ชั่วโมงไปเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 6 เดือน ปริมาณกรดไขมันอิสระมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้นถึง 2-8 เท่า แสดงว่ากระบวนการทางความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสได้ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งจะขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคฟลูอิดซ์เซชันคิดค้นโดย Fritz Winkler นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1922 มาประยุกต์ใช้ในการอบแห้ง เทคนิคดังกล่าวนอกจากจะเป็นวิธีการลดความชื้นข้าวภายหลังจากการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพแล้ว ยังน่าจะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสของข้าวก่อนการเก็บรักษา เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่สามารถอบแห้งได้ที่อุณหภูมิสูง จากการที่เมล็ดข้าวภายในห้องอบแห้งจะลอยตัวคล้ายของไหล ทำให้ไม่เกิด hotspot ที่บริเวณผิวของเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นสาเหตุของรอยไหม้ในระหว่างการอบแห้งและเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดของงานวิจัย ภายหลังจากการทดลองงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนามาตรฐานทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวเก่า ทั้งข้าวเก่าที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งและข้าวเก่าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เซชันที่สภาวะต่าง ๆ ด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง สมการที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่น ๆ หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตและส่งออกข้าวในอนาคต เพื่อใช้ควบคุมสภาวะการอบแห้งให้เหมาะสมในการลดปัญหากลิ่นเหม็นหืนของข้าวเก่าที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

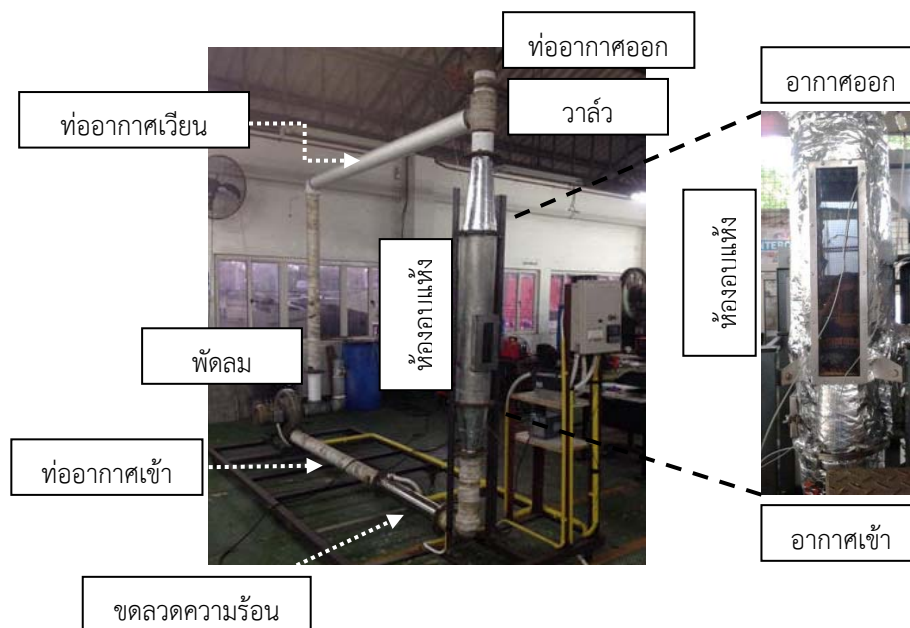
ข้าวเปลือกที่ทำการทดลองเป็นข้าวสายพันธุ์เก่าดอยสะเก็ดถูกเก็บเกี่ยวจากภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นของข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ 33.3% (d.b.) และมีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่า 5%

2. การอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เซชัน

การอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เซชันที่ใช้เป็นแบบ Batch ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยห้องอบแห้งรูปทรงกระบอกทำด้วยสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 cm สูง 100 cm ให้ความร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อน ขนาด 12 kW พัดลมที่ใช้เป็นแบบหมุนเหวี่ยง มีมอเตอร์ขนาด 1.5 kW เป็นตัวขับเคลื่อน นอกจากนี้ที่ท่ออากาศเวียนกลับและท่ออากาศออกมีวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศภายในระบบ

3. การอบแห้งข้าวเก่า

สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการของ Soponronnarit & Prachayawarakorn [11] การทดลองเริ่มจากการใช้ข้าวเปลือกภายหลังจากการเก็บเกี่ยวที่ความชื้น 33.3% (d.b.) ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อ Batch อบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 130 และ 150°C อัตราการไหล 0.08 kg/s เมื่อระยะเวลาการอบแห้งผ่านไป 0.5 นาที จะนำตัวอย่างข้าวออกจากห้องอบแห้งทั้งหมด เพื่อนำไปตรวจสอบอุณหภูมิเมล็ดโดยใช้โถปิดสนิทที่ติดฉนวนและ thermocouple type k ส่วนปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวใช้วิธีการของ Approved Method of the American Association of Cereal Chemists or



รูปภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

AACC [12] จากนั้นทำการอบแห้งข้าวเปลือก Batch ใหม่ โดยเพิ่มระยะเวลาในการอบแห้ง เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นในเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ ตามวิธีการดังที่ได้กล่าวมา จนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกลดลงเหลือ 22.0% (d.b.) จึงนำข้าวเปลือกออกมาจากห้องอบแห้ง จากนั้นกะเทาะเปลือกตัวอย่างข้าวเปลือกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง (control) และตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้เป็นข้าวกล้อง บรรจุในกระสอบพลาสติกสาน (polypropylene woven bag) ที่ถูกลดขนาดในอัตราส่วน 1:10 (6cm x 11cm) จำนวนกระสอบละ 50 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในช่วงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิบรรยากาศประมาณ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ถึง 60% เป็นระยะเวลา 90 วัน (นำแต่ละตัวอย่างออกมาวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำทุก ๆ 15 วัน)

การอบแห้งข้าวกล้าตามสภาวะที่เหมาะสมข้างต้นนั้นดำเนินการตามแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design (CRD) โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัยโดยปัจจัยแรกทำการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง 4 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิบรรยากาศที่ 30°C (control) อุณหภูมิอากาศร้อนที่ 100 130 และ 150°C และปัจจัยที่สองคือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา 7 ระดับคือ 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณกรดไขมันอิสระที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ข้าวกล้องจำนวน 10 กรัม ถูกใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นในตัวอย่างที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ใช้ตามวิธีการของ AACC [12] หลังจากการเตรียมตัวอย่างจะทำการไตเตรตด้วย 0.0178 N KOH จนกระทั่งสีของตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนนาน 1 นาที จึงทำการบันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต และนำมาคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ ดังสมการที่ (1)

$$\text{FFA (mg /100 g dry matter)} = ((10 \times \text{ml}_{\text{titrated}}) - (\text{ml}_{\text{blank}} \times 100)) / (100 - (\text{g water in 100 g sample})) \quad (1)$$

5. การสร้างสมการทำนายจลนศาสตร์ของกรดไขมันอิสระ

สมการในการทำนายจลนศาสตร์ของการก่อตัวของกรดไขมันอิสระในข้าวกล้าที่ไม่ผ่านการอบแห้งและข้าวกล้าที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคพลาสมาไดร์เบด ในช่วงอนคมหิมิที่ได้ทำการศึกษาถูกเสนอในสมการที่ (2) เทอมแรกของสมการฝั่งขวามือ

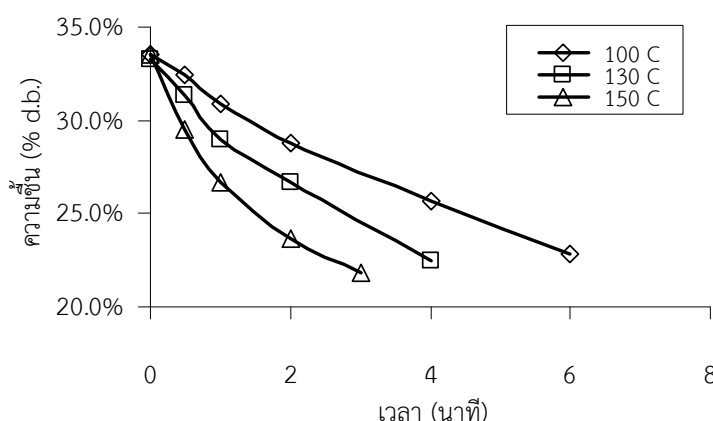
แสดงถึงปริมาณของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของตัวอย่าง (FFA_{int}) ขณะที่เทอมที่สองแสดงถึง rate constant (k) อันดับศูนย์ คำนวณได้จากการทำ empirical fitting กับข้อมูลที่ได้จากการทดลองในโปรแกรม STATISTICA release 7

$$FFA \text{ (mg /100 g dry matter)} = FFA_{int} + k \quad (2)$$

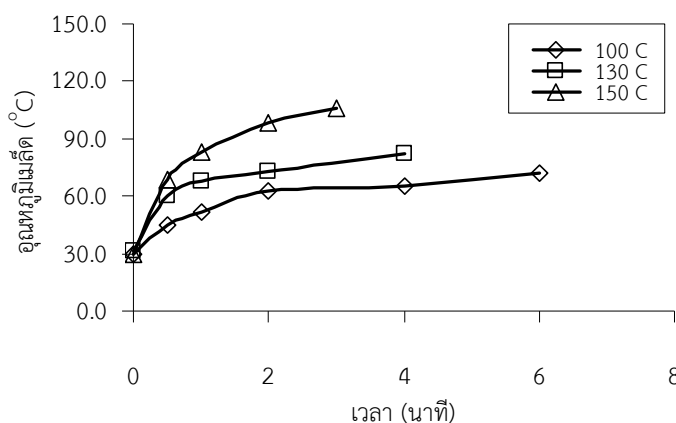
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. จลนศาสตร์การอบแห้ง

จากผลการทดลองการอบแห้งตัวอย่างด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เบดที่ความชื้นเริ่มต้น 33.3% (d.b.) ด้วยอุณหภูมิอากาศร้อน 100 130 และ 150°C พบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงแรกของการอบแห้งจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีลักษณะกราฟเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลดังแสดงในรูปภาพที่ (2) เวลาการอบแห้งที่ใช้ในการลดความชื้นข้าวจนถึงความชื้น 22.0% (d.b.) ที่อุณหภูมิอากาศร้อนต่าง ๆ ใช้เวลาที่แตกต่างกัน จากรูปเห็นได้ว่าความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ระยะเวลาการอบแห้งเมื่อใช้อุณหภูมิอากาศร้อน 100 130 และ 150°C คือ 6 4 และ 3 นาที ตามลำดับ รูปภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมล็ดระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า อุณหภูมิของเมล็ดข้าวมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 30°C เมื่ออากาศไหลเข้าสู่ห้องอบแห้งเพื่อลดความชื้น อากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนสู่เมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิเมล็ดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาอบแห้งซึ่งที่ระยะเวลาการอบแห้งเดียวกัน อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมล็ดด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีค่ามากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้น อุณหภูมิของเมล็ดข้าวก่อนออกจากห้องอบแห้งเมื่อใช้อุณหภูมิอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 150°C จึงมีอุณหภูมิเมล็ดสูงสุดที่ 106°C



รูปภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเมล็ดในระหว่างการอบแห้งด้วยอากาศร้อน

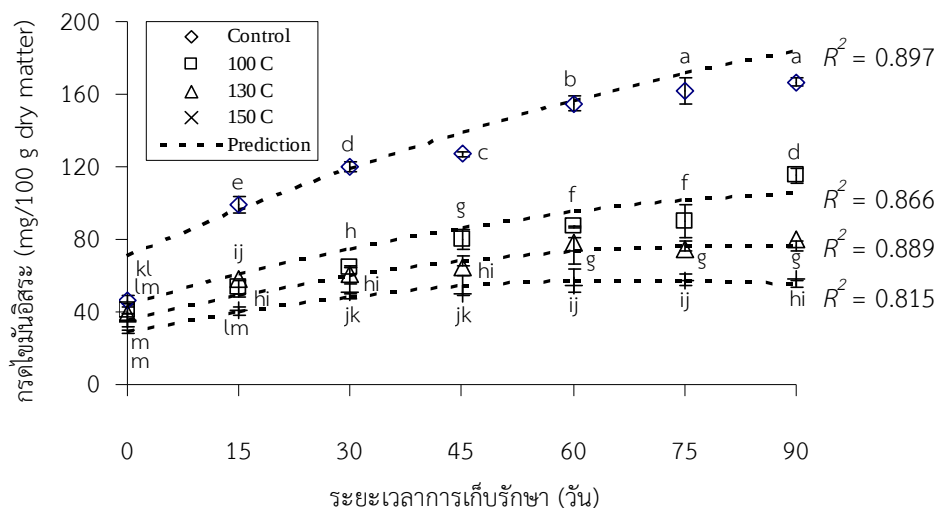


รูปภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดในระหว่างการอบแห้งด้วยอากาศร้อน

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วันแสดงในรูปภาพที่ 4 จากรูปภาพพบว่า ที่ระยะเวลา 15 วันของการเก็บรักษา ลิพิดในรำข้าวสามารถถูกไฮโดรไลซิสเป็นกรดไขมันอิสระได้ สังเกตจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นจาก 46.7 เป็น 99.4 mg/100g dry matter นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระกับตัวอย่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งยังพบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีค่ามากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการทางความร้อนที่ใช้สามารถยับยั้งการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันของข้าวได้ [10, 13] อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวทั้งทุกสภาวะการอบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดสามารถอบแห้งในช่วงอุณหภูมิสูงได้ โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่รวดเร็ว ดังนั้นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจึงทำได้แค่บางส่วน [9]

เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 90 วัน ปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นในช่วงสภาวะการอบแห้งที่ได้ทำการศึกษา ตัวอย่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C จึงมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุด



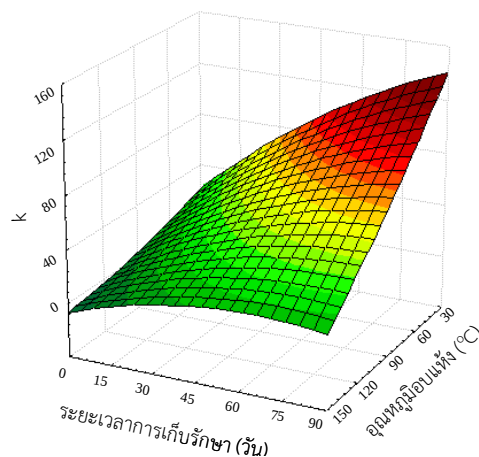
รูปภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระและการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายในระหว่างการเก็บรักษา

3. พื้นที่ผิวตอบสนองของ rate constant

Rate constant ของการก่อตัวของกรดไขมันอิสระที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ถูกคำนวณจากผลต่างของปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้จากการทดลองกับปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวทั้งในช่วงเริ่มต้น จากนั้นค่า k จะถูกนำมาสร้างกราฟร่วมกับอุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาซึ่งกราฟถูกแสดงด้วยพื้นผิวตอบสนอง 3 มิติ ดังรูปภาพที่ 5 พบว่า ที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน rate constant จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นนี้ยังเห็นได้อย่างชัดเจนว่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง อัตราการเพิ่มขึ้นของ rate constant จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อตัวอย่างข้าวทั้งถูกลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง rate constant ของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งที่ถูกลดความชื้นด้วยอุณหภูมิบรรยากาศ จากนั้นข้อมูล rate constant ที่ได้จากการทดลองจะถูกทำนายด้วยสมการควอดราติกด้วยฟังก์ชันของอุณหภูมิการอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสามารถเขียนได้เป็นสมการที่ (3) ซึ่งตัวแปร a คือ constant coefficient ตัวแปร b และ c คือ linear coefficients ตัวแปร d และ f คือ quadratic coefficients ตัวแปร e คือ interaction coefficient ของสมการ ค่าดังกล่าวได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1

$$k = (a - b*T + c*t + d*T^2 - e*T*t - f*t^2) \quad (3)$$

เมื่อ T คืออุณหภูมิอบแห้ง (°C) และ t คือระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)



รูปภาพที่ 5 พื้นที่ผิวตอบสนองของ rate constant ที่อุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร k

ตัวแปร	a	b	c	d	e	f
ค่าสัมประสิทธิ์	36.5214	0.4512	2.1746	0.0011	0.0086	0.0068

4. การทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระ

รูปภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายที่อุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการที่ได้เสนอไว้ (สมการที่ (2)) ของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งและตัวอย่างข้าวที่ถูกอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน ซึ่งสามารถยืนยันได้จากค่า R^2 ที่แต่ละสภาวะการอบแห้งที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.815 ถึง 0.897

บทสรุป

การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เซชันอุณหภูมิสูง นอกจากจะเป็นวิธีการลดความชื้นเมล็ดข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสได้บางส่วน ทำให้ลดการเกิดไขมันอิสระระหว่างการเก็บรักษาที่ลดลงซึ่งแนวโน้มที่ลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้นสำหรับการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ในการทำนายการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งและข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาพบว่า สมการที่ได้นำเสนอให้ผลของการทำนายสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากการทดลองเป็นอย่างดีในขอบเขตการทดลองที่ได้ทำการศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวภายหลังจากการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ การใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 150°C เป็นระยะเวลา 3 นาที เนื่องจากที่สภาวะดังกล่าวใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดและเมื่อนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งไปเก็บรักษาที่ระยะเวลา 90 วันจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับตัวอย่างข้าวพันธุ์เก่าดอยสะเก็ด และกลุ่มวิจัยการอบแห้งขั้นสูงสำหรับอาหารและวัสดุชีวภาพ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lui, L., Waters, D.L.E., Rose, T.J., Bao, J., & King, G.J. (2013). Phospholipids in rice: Significance in grain quality and health benefits. **Food Chem.**, 139, 1133-1145.
- [2] Crapiste, G.H., Brevedan, M.I.V., & Carelli, A.A. (1999). Oxidation of sunflower oil during storage. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, 76, 1437-1443.
- [3] Van Ruth, S., Roozen, J.P., & Jansen, F.J.H.M. (2000). Aroma profiles of vegetable oils varying in fatty acid composition vs. concentrations of primary and secondary lipid oxidation products. **Nahrung**, 5, 318-322.
- [4] Christian Community Network. (2009). **สารอาหารมหัศจรรย์จาก...ข้าวกล้อง**. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2557 จาก <http://www.gracezone.org/index.php/knowledge/699-camera-rice>
- [5] Tao, J., Rao, R.M., & Liuzzo, J.A. (1993). Thermal efficiencies of conventional and microwave heat stabilization of rice bran. **La. Agric.**, 36 (3), 15.
- [6] Sharma, H.R., Chauhan, G.S., & Agrawal, K. (2004). Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. **Int. J. Food Prop.**, 7, 603-614.
- [7] Mujahid, A., Haq, I., Asif, M., & Gilani, A.H. (2005). Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. **J. Sci. Food Agric.**, 85, 847-852.
- [8] Qian, J.Y., Gu, Y.P., Jiang, W., & Chen, W. (2014). Inactivating effect of pulsed electric field on lipase in brown rice. **Innov Food Sci. Emerg. J.**, 22, 89-94.
- [9] Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P., & Soponronnarit, S. (2009). Accelerated aging of jasmine brown rice by high-temperature fluidization technique, **Food Res. Int.**, 42, 674-681.
- [10] Kim, S.M., Chung, H.J., & Lim, S.T. (2014). Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. **J. Cereal Sci.**, 60, 243-248.
- [11] Soponromarit, S. & Prachayawarakorn, S. (1994). Optimum strategy for fluidized bed paddy drying. **Dry Technol.**, 12 (7), 1667-1686.
- [12] AACC. (1995). **Approved Method of the American Association of Cereal Chemists**. Ninth ed. Saint Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists Incorporation.
- [13] Ramezanzadeh, F.M., Rao, R.M., Windhauser, M., Prinyawiwatkul, W., Tulley, R., & Marshall, W.E. (1999). Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. **J. Agric. Food Chem.**, 47, 3050-3052.