วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560 : 35 (1) : 44-50

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุในรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน

Factors Affecting Mineral Content of Defatted Rice Bran

สืบตระกูล วานิชศรี[1] และ ประมวล ศรีกาหลง[2]
Subtrakul Vanichsri [1] and Pramoun Srikalong[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุในรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว โดยการนำรำข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน 4 รูปแบบ ไปวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุเบื้องต้นด้วยเทคนิค EDS (energy-dispersive x-ray spectroscopy) พบว่ามีแร่ธาตุหลัก 7 ชนิด ประกอบไปด้วย โซเดียม (Na), โพแทสซียม (K), แคลเซียม (Ca), ฟอสฟอรัส (P), แมกนีเซียม (Mg), ซัลเฟอร์ (S), คลอรีน (Cl) และ แร่ธาตุรอง 1 ชนิดคือ เหล็ก (Fe) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าสภาวะในการเก็บรักษารำข้าวในกลุ่มของ รำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB1) มีปริมาณแร่ธาตุมากที่สุด รองลงมาคือ รำข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB3), รำข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB2) และรำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมันและโปรตีน (RB4) ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์จึงเลือก RB1 มาวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยวิธีมาตรฐาน ICP-OES เพื่อยืนยันว่า RB1 มีปริมาณ P, Ca, Fe และ Zn ในปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปผลิตเป็นอาหารเสริมได้ต่อไป โดยผลที่ได้พบว่า RB1 มีปริมาณแร่ธาตุ P, Ca, Fe และ Zn เท่ากับ 6,300 mg/kg , 322.391 mg/kg , 126.876 mg/kg และ 38.199 mg/kg ตามลำดับ

คำสำคัญ : รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน ปริมาณแร่ธาตุ สังกะสี

Abstract

Factors affecting mineral content in defatted rice bran. Four rice bran types with different stored conditions were selected to determine major elements and trace elements including seven kinds of major elements, sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), sulphur (S), chlorine (Cl). The trace iron(Fe) content was also determined when the EDS method used. Maximum amount of mineral was found from defatted rice bran after milling within 24 hours(RB1), rice bran stored at temperatures 5 ^{O}C 2 days prior to extraction fat(RB3), rice bran storage at room temperature for 2 days before being taken to extract fat (RB2), Rice bran through the extraction of fat and protein(RB4), respectively. The selected RB1 was determine mineral contents by standard methods ICP-OES to confirm that the RB1 found Ca, Fe, P and Zn in amounts sufficient to bring into production a mineral supplement. The result showed that, RB1 had P (6,300 mg/kg), Ca (322.391 mg/kg), Fe (126.876 mg/kg) and Zn (38.199 mg/kg).

Keywords: defatted rice bran, mineral content, zinc

[1]สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[2]สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยในปี 1990 ในประเทศจีน, อินเดีย และอินโดนีเซีย ได้มีรำข้าวที่เหลือทิ้งจากกระบวนการขัดสีข้าวออกมามากกว่า 50 ล้านตัน สำหรับประเทศไทยมีรำข้าวเหลือทิ้งเป็นอันดับ 5 ของโลก และในปี 2009 ทั่วโลกมีรำข้าวเหลือทิ้งออกมามากถึง 60 ล้านตัน โดยทั่วไปในการสีข้าวจะได้รำข้าว 8-12% ขึ้นกับระดับคุณภาพการขัดสี รำข้าวมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างต่อเนื่อง คือใช้สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืช หรือใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ส่วนใหญ่โรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวจะแยกเฉพาะส่วนที่ต้องการไว้ โดยใช้กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายหลังจากนั้นจึงจำหน่ายให้กับโรงงานอาหารสัตว์ (Faccin *et al*., 2009) กากรำข้าวราคากิโลกรัมละ 6-8 บาท รำข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการสีข้าวกล้องให้เป็นข้าวขาวนั้น แท้จริงแล้วผลผลิตดังกล่าวยังมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์อีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ธาตุต่างๆ ที่พบในรำข้าว ถ้าสามารถแยกออกมาได้จะสามารถเพิ่มมูลค่าได้อีกมาก เช่น การนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับมนุษย์ มีประชากรมากกว่า 3 ล้านคนทั่วโลกยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนสารอาหารอย่างรุนแรง ซึ่งนำไปสู่อาการป่วยเช่น เป็นโรคโลหิตจาง และมีอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มแร่ธาตุที่ขาดแคลนมากที่สุดคือ Fe และ Zn โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมู่ สตรี และเด็กในประเทศที่กำลังพัฒนา (Wang *et al*., 2011)

ไม่นานมานี้ได้มีการศึกษาปริมาณเถ้า และแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว พบว่าในรำข้าวมีปริมาณแร่ธาตุมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นของข้าว และยังพบแร่ธาตุที่สำคัญในปริมาณมาก เช่น เหล็ก, สังกะสี, แมงกานีส และทองแดง (Anjum *et al*., 2007)

Kennedy *et al*. (2002) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุของรำข้าว ได้แก่ การเก็บเกี่ยว, การเก็บรักษา, การแปรรูป, การล้าง และการให้ความร้อน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณของสารอาหารในรำข้าวลดลงได้ เช่น การสีข้าวจะทำให้ปริมาณวิตามิน และแร่ธาตุลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โพแทสเซียม, เหล็ก, แมกนีเซียม, แคลเซียม, แมงกานีส และสังกะสี ซึ่งปริมาณจะลดลงตามระดับคุณภาพการสีข้าวที่ใช้ในกระบวนการสี โดยพบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดสีมาก ปริมาณของไฟเตต ซึ่งเป็นสารคีเลต จะลดน้อยลงด้วย ทำให้ปริมาณแร่ธาตุที่ตรวจพบจะน้อยลงตามไปด้วย (Wang *et al*., 2011)

นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในรำข้าวที่จะเริ่มทำงานอย่างรวดเร็วภายหลังกระบวนการสีข้าว อาจมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในรำข้าว หรือองค์ประกอบของรำข้าว เช่น ปริมาณโปรตีนในรำข้าว เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษา ผลของเอนไซม์ไลเปสในรำข้าวที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาภายหลังการสีข้าว รวมถึงศึกษาผลของโปรตีน ที่มีต่อปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในรำข้าว เพื่อเพิ่มมูลค่ารำข้าวด้วยการผลิตเป็นอาหารเสริมแร่ธาตุจากธรรมชาติได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวสายพันธุ์พิษณุโลก 2 จากจังหวัดสุพรรณบุรีไปลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งมีความชื้นในระดับต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ขัดสีข้าวที่ผ่านการลดความชื้นแล้วโดยแยก แกลบ รำ จมูกข้าว และเมล็ดข้าวออกจากกัน (ปรับปุ่มควบคุมระดับการสีข้าวให้อยู่ในระดับขัดขาว) โดยใช้เครื่องสีข้าว รุ่น NW 1000 turbo จากนั้นนำส่วนของรำข้าวที่ปะปนกับจมูกข้าวไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 600 µm. เพื่อแยกรำข้าวออกมา Guohua *et al*. , (2009) นำรำข้าวไปเก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncans' New Multiple Range Test ทำการทดลอง 3 ซ้ำนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยมีตัวแปรอิสระคือ สภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน และตัวแปรตามคือปริมาณแร่ธาตุที่วิเคราะห์ได้ โดยแบ่งเป็น รำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB1) รำข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB2) รำข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB3) และรำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน และโปรตีน (RB4) นำ RB1, RB2, RB3 และ RB4 ไปสกัดไขมันโดยนำรำข้าวไปแช่ในเฮกเซนในอัตราส่วน 1 : 3 แล้วนำไปใส่ในเครื่องเขย่าด้วยเครื่องเขย่ายี่ห้อ Gerhart ที่ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์1 นำส่วนของของแข็งที่กรองได้ไปผ่านกระบวนการเดิมซ้ำอีก 3 ครั้ง และนำของแข็งที่กรองได้ในขั้นตอนสุดท้ายไปทำแห้งโดยนำไปอบในตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บรักษาในถุงฟอยด์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับ RB4 ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว จะต้องนำไปสกัดโปรตีนออกด้วยน้ำตามวิธีของ Fabian *et at*., (2010) โดยนำรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ผสมกับน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 6 ใส่ในเครื่องเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (30 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์1 นำส่วนของของแข็งที่กรองได้ไปผ่านกระบวนการเดิมซ้ำอีก 3 ครั้ง และนำของแข็งที่กรองได้ในขั้นตอนสุดท้ายไปทำแห้งโดยนำไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาในถุงฟอยด์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำ RB1, RB2, RB3 และ RB4 ไปวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยเครื่อง EDS (energy dipersire X-ray spectrometer) ยี่ห้อ Oxford รุ่น Isis 300 เพื่อศึกษาชนิด และสัดส่วนของแร่ธาตุที่เหมาะสมต่อการนำไปศึกษาปริมาณแร่ธาตุในขั้นตอนต่อไป นำตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDS แล้วพบว่ามีจำนวนชนิดแร่ธาตุสูงสุด ไปบดด้วยเครื่อง Hammer mill (Retsch รุ่น DR 1000) ให้มีขนาด 250 µm จากนั้นวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) ด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) ยี่ห้อ Varian รุ่น 810-MS เพื่อยืนยันว่าในตัวอย่างนั้นมีปริมาณ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และสังกะสี ในปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปผลิตเป็นอาหารเสริมให้แก่ผู้ที่ขาดแคลนแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายได้ต่อไป (Elless *et al*., 2000)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สเปคตรัมแสดงอิทธิพลของเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว ที่ทำงานในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแร่ธาตุในรำข้าวซึ่งถูกวัดโดยเครื่อง EDS แสดงดัง Figure 1 ซึ่ง (a) เป็นสเปคตรัมของรำข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB1), (b) เป็นสเปคตรัมของรำข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB2), (c) เป็นสเปคตรัมของรำข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB3) และ (d) เป็นสเปคตรัมของรำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน และโปรตีน (RB4) ตามลำดับ

จาก Figure 1 ซึ่งเป็นสเปคตรัมของรำข้าวที่ผ่านการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุด้วยเทคนิค EDS สามารถคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์แร่ธาตุ แสดงดัง Table 1 โดยผลจากการวิเคราะห์พบแร่ธาตุหลักที่ร่างกายต้องการ 7 ชนิดคือ โซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม, ฟอสฟอรัส, แมกนีเซียม, ซัลเฟอร์, คลอไรด์ และแร่ธาตุรอง 1 ชนิด คือ เหล็ก (Soetano *et al*., 2010) ผลจากการศึกษาพบว่า RB1 มีปริมาณของแร่ธาตุรวมสูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว และความชื้น ไปเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolytic rancidity) และเกิดออกซิเดชั่นของลิพิด (lipid oxidation) ด้วยเอนไซม์ลิพอกซีจีเนสที่พบมากในจมูกข้าว และรำข้าว โดยเอนไซม์ไลเปสที่เกิดขึ้นเองจากรำข้าวนั้นจะไปย่อยสลายไตรกลีเซอรอล และโครงสร้างปฐมภูมิของลิพิด (primary lipids) ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษารำข้าวมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส โดยที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการทำงานของเอนไซม์ไลเปส และลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการได้ (Fatemeh *et al*., 2000) จึงทำให้ตัวอย่าง RB3 ที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนั้นมีปริมาณแร่ธาตุรองลงมาจาก RB1 และ RB2 ที่มีปริมาณแร่ธาตุน้อยลงจาก RB1 และ RB3 เนื่องจากการเก็บรักษารำข้าวที่อุณหภูมิห้องมากกว่า 24 ชั่วโมงนั้นจะทำให้มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

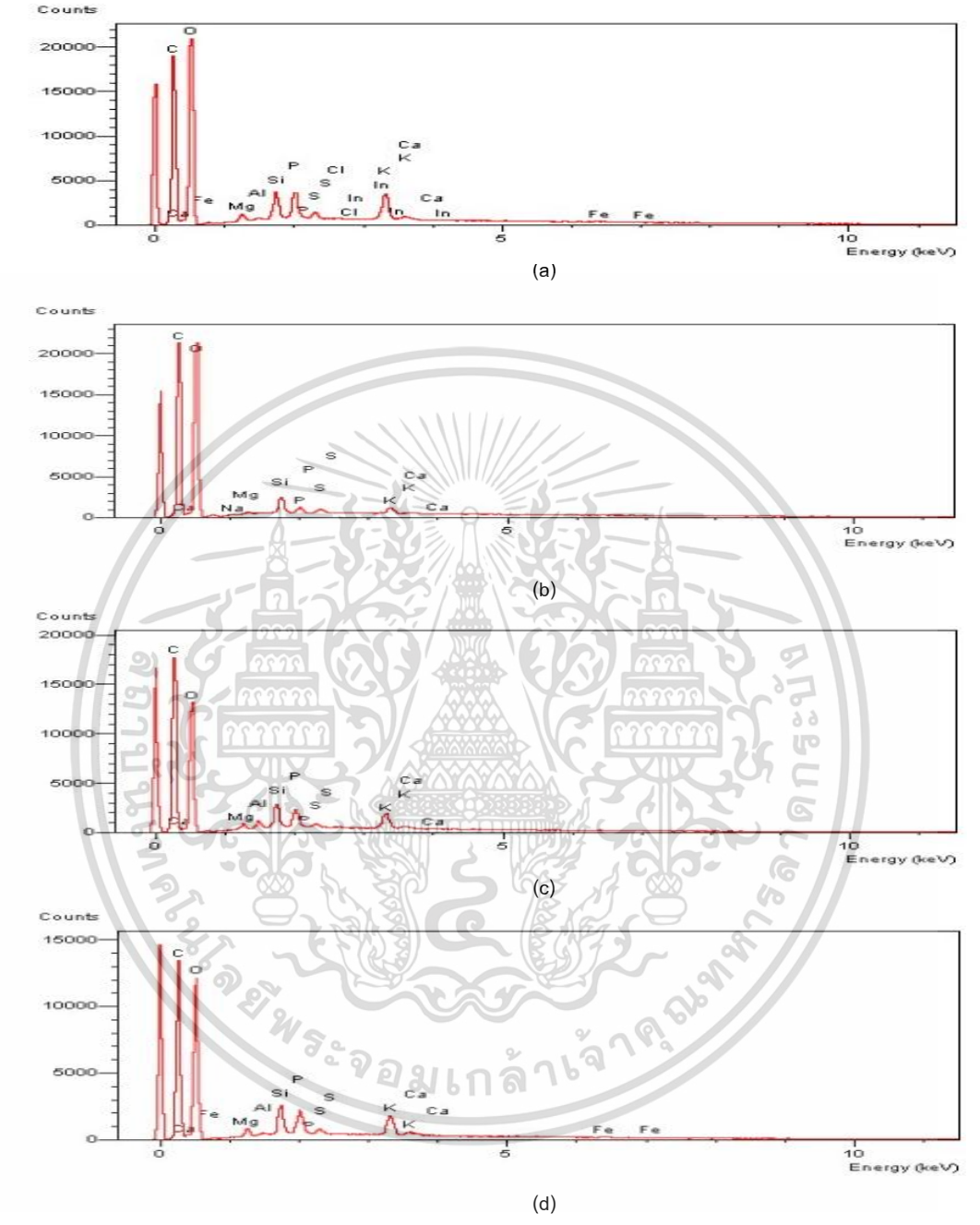

Figure1 EDS spectrum.

(a) EDS spectrum of rice bran through the extraction of fat after milling within 24 hours (RB1)

(b)EDS spectrum of rice bran stored at room temperature for 2 days prior to extraction fat (RB2)

(c) EDS spectrum of rice bran stored at temperatures 5 ^{O}C 2 days prior to extraction fat (RB3)

(d) EDS spectrum of rice bran through the extraction of fat and protein after milling within 24 hours (RB4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ไลเปสได้ง่ายขึ้น (Sulaiman *et al*., 2004) ผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับกระบวนการผลิตน้ำมันจากรำข้าวที่จะต้องควบคุมระยะเวลา ภายหลังการสีข้าวไม่ให้เกิน 24 ชั่วโมง ก่อนนำรำข้าวไปสกัดน้ำมัน ดังนั้นการนำรำข้าวเข้าสู่กระบวนการผลิตอย่างรวดเร็ว ภายหลังการสีข้าว หรือการชะลอการทำงานของเอนไซม์ ไลเปสด้วยการใช้อุณหภูมิต่ำในช่วงระหว่างการเก็บรักษารำข้าว จะสามารถทำให้แร่ธาตุที่ผลิตได้ มีคุณภาพตามที่ต้องการ ส่วน RB4 พบว่ามีจำนวนชนิดของแร่ธาตุน้อยที่สุด แสดงว่า การสกัดโปรตีนออกจากกากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว มีผลให้มีจำนวนชนิดของแร่ธาตุลดลงไป ทั้งนี้เนื่องมาจากแร่ธาตุสูญเสียไปกับโครงสร้างของโปรตีน (Sulaiman *et al*., 2004) ดังนั้นในการผลิตแร่ธาตุจากรำข้าวจึงไม่ควรกำจัดโปรตีนออกจากกากรำข้าว เพื่อให้ได้ปริมาณแร่ธาตุที่มากขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี EDS ไม่พบสังกะสีในทุกตัวอย่าง เพราะเครื่อง EDS มีข้อจำกัดโดยในพื้นที่ 1 ไมครอนต้องมีปริมาณแร่ธาตุมากกว่า 0.1% (w/w) จึงจะสามารถวัดค่าได้ ด้วยเหตุนี้จึงต้องนำตัวอย่างที่มีปริมาณแร่ธาตุที่มากที่สุดมาตรวจวัดปริมาณแร่ธาตุด้วยวิธี ICP-OES เพื่อทำการยืนยันว่าแร่ธาตุที่พบในรำข้าวสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารเสริมได้ จึงนำ RB1 ไปวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุด้วยวิธีมาตรฐาน ICP-OES เพื่อยืนยันว่า RB1 มี แคลเซียม, เหล็ก, ฟอสฟอรัส และสังกะสี ในปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปผลิตเป็นอาหารเสริมแร่ธาตุได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ แสดงดัง Table 2

Table 1 Major mineral and trace mineral contents of RB, RB2, RB3 and RB4 analyzed using EDS.

Elements	Content (%)			
	RB1	RB2	RB3	RB4
C	37.05±0.85^{c}	43.06±0.72^{a}	40.25±0.98^{b}	38.2±0.88^{c}
O	57.06±0.28^{b}	52.1±0.34^{d}	54.41±0.39^{c}	59.48±0.53^{a}
Na	-	-	-	0.12±0.01a
Mg	0.49±0.02^{a}	0.39±0.01^{b}	0.49±0.01^{a}	0.17±0.03^{c}
Al	0.09±0.01^{b}	0.42±0.02^{a}	0.08±0.01^{b}	-
Si	1.38±0.05^{a}	1.30±0.02^{b}	1.44±0.05^{a}	0.88±0.02^{c}
P	1.51±0.04^{a}	1.19±0.03^{c}	1.38±0.02^{b}	0.36±0.01^{b}
S	0.35±0.02^{a}	0.26±0.03^{b}	0.27±0.02^{b}	0.25±0.02^{b}
Cl	0.06±0.01^{a}	-	-	-
K	1.76±0.05^{a}	1.21±0.04^{c}	1.45±0.03^{b}	0.49±0.01^{d}
Ca	0.08±0.03^{a}	0.07±0.01^{a}	0.09±0.00^{a}	0.06±0.01^{a}
Fe	0.13±0.00^{a}	-	0.12±0.00^{b}	-
Zn	0.12±0.02^{a}	-	-	-

The data were expressed as means ± standard deviations of 3 replications. The same small letter in the same row was not significant different at 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Mineral contents of RB1 analyzed by using ICP-OES.

Minerals	Quantity (mg/kg)	LOD	RDI mg/day (M)	RDI mg/day (F)
Calcium(Ca)	322.39	-	1000	1300
Iron (Fe)	126.87	-	8	18
Phosphorus (P)	6,300.00	-	700	700
Zinc (Zn)	38.19	0.02	11	8

LOD : Limit of detection.

RDI : Recommended daily intake; M: male; F: female. (Abdul Malik *et al*., 2014)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าตัวอย่างที่มีจำนวนชนิดแร่ธาตุมากที่สุด ด้วยการวิเคราะห์จากเครื่อง EDS เรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้คือ รำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB1) มากกว่ารำข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB3) มากกว่ารำข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมัน (RB2) มากกว่ารำข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดไขมันและโปรตีน (RB4) ตามลำดับ

เมื่อนำ RB1 ไปวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุด้วยวิธีมาตรฐาน ICP-OES (AOAC 2005) พบว่ามีปริมาณแร่ธาตุหลัก ทั้ง 4 ชนิด ที่เหมาะสมในการนำไปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้แก่ แคลเซียม, เหล็ก, ฟอสฟอรัส และสังกะสี โดยมีปริมาณแร่ธาตุเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้คือ ฟอสฟอรัส (6,300.00 mg/kg) มากกว่าแคลเซียม (322.39 mg/kg) มากกว่าเหล็ก (126.87 mg/kg) มากกว่าสังกะสี (38.19 mg/kg) ผลการทดลองที่ได้มีโอกาสที่จะนำรำข้าวที่สกัดน้ำมันออกแล้วจากโรงงานผลิตน้ำมันพืช ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการใช้เป็นแหล่งแร่ธาตุอาหารหลัก และรองเหล่านี้ได้

เอกสารอ้างอิง

Abdul, M., F. Masood and S. Ahmad. 2014. Strategies for quality assessment. Springer Science. 56: 157-163

Anjum, F.M., I. Pasha, M. A. Bugti and M.S. Butt. 2007. Mineral composition of different rice varieties and their millin fractions. Pak. J. Agri. Sci. 44(2).

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Analysis Chemistry. Maryland.

Elless, M.P., M.J. Blaylock, J.W. Huang and C.D. Gussman. 2000. Plants as a natural source of concentrated mineral nutritional supplements. Food Chemistry. 71(2): 181-188.

Fabian, C.B., L. H. Huynh and Y.H. Ju. 2010. Precipitation of rice bran protein using carrageenan and alginate. Food Science and Technology. 43: 375-379.

Faccin, L.G., L.N. Vieira, L. A. Miotto, P.M. Barreto and E.R. Amante. 2009. Chemical sensorial and rheological properties of a new organic rice bran beverage. Rice Science. 16(3): 226-234.

Fatemeh, M., R.M. Rao, W. Prinyawiwakul, W.E. Marshall, M. Windhunser and M. Ahmedna. 2000. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. Louisiana State University Agricultural Center. 39 p.

Guohua, H., H. Shaohua, C. Shuwen and M. Zhengzhi. 2009. Effect of enrichment with hemicelluloses from rice bran on chemical and functional properties of bread. Food Chemistry. 115: 839-842.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kennedy, G., B. Burlinggame and N. Nguyyen. 2002. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. Agriculture and Consumer Protection. 51.

Soetan, K.O., C.O. Olaiya and O.E. Oyewole. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. African Journal of Food Science. 4(5): 200-222.

Sulaiman, A.Z., K.B. Ramachandran and M. Hasan. 2004. High enzyme concentration model for the kinetics of hydrolysis of oils by lipase. Chemical Engineering Journal. 102: 7-11.

Wang, K.M., J.G. Wu, G. Li, D.P. Zhang, Z.W. Yang and C.H. Shi. 2011. Distribution of phytic acid and mineral elements in three Indica rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Journal of Cereal Science . 54: 116-121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้