

กระบวนการรักษาสภาพรำข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ Stabilization process for rice bran for value added nutrition

วรณัฐ ศรีเจษฎารักษ์ (Voranuch Srijesdaruk)^{1*}

จันทน์ อิริยะพงศ์สรรค (Juntanee Uriyapongson)²

บทคัดย่อ

ศึกษากระบวนการสเตบิไรเซชันรำข้าว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 โดยใช้เครื่องเอ็กทราเดอร์ ซึ่งออกแบบการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) ที่มีปัจจัย 3 อย่างคือความเร็วการป้อน 30 – 50 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 150–180 รอบต่อนาที และอุณหภูมิหัวได 110–130 องศาเซลเซียส มี 17 การทดลอง พบว่ารำข้าว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 ที่ทำให้มีปริมาณไขมันอิสระน้อยที่สุด คือความเร็วการป้อน 40 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวได 120 องศาเซลเซียส เมื่อนำรำข้าวทั้ง 2 ชนิดมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่ารำข้าว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 จะมีเส้นใยละลายเพิ่มขึ้นและเส้นใยไม่ละลายน้ำลดลงเมื่อผ่านกระบวนการสเตบิไรเซชันด้วยเครื่องเอ็กทราเดอร์ รำข้าว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณโปรตีนและเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนของรำข้าวหอมมะลิ 105 มีน้อยกว่าแต่มีปริมาณเถ้ามากกว่ารำข้าว กข 6 นอกจากนี้พบว่าความสามารถต่อต้านอนุมูลอิสระของรำข้าว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 มีค่าสูงสุดแสดงว่ามีคุณสมบัติในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุด และความสามารถต่อต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวหอมมะลิ 105 มีมากกว่ารำข้าว กข 6 และเมื่อนำรำข้าว กข 6 หรือ รำข้าวหอมมะลิ 105 มาผสมในคุกกี้ที่ระดับ 10% 15% และ 20% พบว่าคุกกี้ผสมรำ กข 6 10 % มีค่าคะแนนความชอบรวม สี กลิ่นรส และความกรอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ไม่ผสมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ส่วนคุกกี้ผสมรำข้าวหอมมะลิ 105 10% โดยมีค่าสี ความกรอบ และรสตกค้าง หลังกลืนไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$)

Abstract

Stabilization of glutinous rice bran cv.RD 6 and Mali105 was studied by the extruder Central Composite Design, which had three factors (feed rate 30 – 50 rpm, speed of screw 150–180 rpm and temperature die 110–130 °C.) for 17 treatments. It was found that the optimized stabilization of glutinous rice bran cv.RD 6 and Mali105 having lowest free fatty acid was feed rate 40 rpm, speed of screw 158 rpm and temperature die 120 °C. From nutrition analysis of this optimized stabilization of glutinous rice bran, cv.RD 6 and Mali105 had increased soluble dietary fiber and decreased insoluble dietary fiber. Stabilized glutinous rice bran cv.RD 6 and Mali105 had significant difference in protein and ash content

¹รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*corresponding author, e-mail: vorsri@kku.ac.th

($p \leq 0.05$). The protein content of Mali105 had was less than and ash content more than glutinous rice bran cv.RD 6. The optimized stabilization of glutinous rice bran cv.RD 6 and Mali 105 had highest oxidation capacity. Therefore it had highest antioxidant agent property. Mali105 has higher antioxidant agent property than cv.RD 6. For usage of stabilized rice bran to mix as 10%, 15% and 20% of cookies, it was found that the mixture of 10% stabilized glutinous rice bran cv.RD 6 cookies and control (non rice bran) had non significant differences for total liking, color, flavor and crispiness. ($p > 0.05$) However, the mixture of 10% stabilized Mali 105 rice bran cookies and control had non significant difference of color, crispiness and after taste. ($p > 0.05$) .

คำสำคัญ: สเตบิไรเซชัน เอ็กทรูเดอร์ รำข้าว

Key word: Stabilization, extruder, rice bran

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำรำข้าวมาผลิตน้ำมันรำข้าวในเชิงอุตสาหกรรม ส่วนรำที่ได้สกัดเอาน้ำมันออกไปแล้วจะนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ และเกือบ 90% ของรำนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์โดยตรง เมื่อพิจารณาด้านโภชนาการของรำข้าวจะพบว่ารำข้าวเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกล่าวคือรำข้าวมีส่วนประกอบของสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อันได้แก่ เส้นใยอาหาร กลีโธแร วิตามิน และกรดไขมัน (Hamada, 1997) ในรำข้าวมีปริมาณน้ำมัน 18-23% ที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวประเภท polyunsaturates and monounsaturates ที่มีความคงตัวต่อความร้อน น้ำมันที่สกัดได้จากรำข้าว (rice bran oil) มีกรดไขมันที่จำเป็น ได้แก่ กรดลิโนเลอิก และลิโนเลนิกที่จำเป็นสำหรับสุขภาพ ยังมีรายงานจากงานวิจัยที่พบว่าในรำข้าวประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่ได้รับความสนใจในการศึกษาอย่างมากซึ่งได้แก่วิตามิน E (tocopherols) tocotrienols และ oryzanol มีรายงานเกี่ยวกับประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ว่ามีส่วนช่วยในการลดการดูดซับโคเลสเตอรอล และมีส่วนช่วยในการป้องกันมะเร็ง (Lloyd et al., 2000) และมี The Ricex Company (El Dorado Hills, Calif) ได้ใช้กระบวนการ Stabilization กับรำข้าวโดยใช้ความดันอุณหภูมิสูงเพื่อยับยั้ง lipase enzyme ทำให้สามารถ

ป้องกันการเกิด oxidation และ rancidity ได้ตลอดทั้งปี โดยสามารถรักษาสาร antioxidant มากกว่า 70 ชนิด รักษาวิตามินบี และคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคให้ความสนใจคือ tocopherols tocotrienols carotenoids phytosterols fiber และกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด (Howsam and Buhler, 2003)

Ricex ได้ผลิตรำข้าวที่ผ่านกระบวนการ Stabilization มี 4 แบบคือ

1. Ricex Stabilized Rice Bran (SRB) ใช้มาในอุตสาหกรรมขนมอบ Snack Extruded bar Cracker breads และใส่ในธัญพืช เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพิ่มอายุการเก็บรักษาธัญพืช
2. Rice Bran-Fine (SRB-fine) มีลักษณะขนาดเล็กกว่าและการใช้ประโยชน์เหมือน SRB
3. Ricex Soluble มีลักษณะเป็นผงที่มีคุณสมบัติเป็น emulsion ของ SRB และ Germ dietary fiber Natural food drinks)
4. RicexTM fiber Complex เกือบ 50 % ใช้เป็น dietary fiber ใน Ready to Eat กลุ่ม Cereal bar และเครื่องดื่ม

Claye et.al (1996) พบว่ารำมี soluble-insoluble fiber total dietary fiber มี 4.7% 46.7% และ 51.4% ตามลำดับ ซึ่งตลาดมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเส้นใยสูงเพราะมีความสามารถป้องกันโรค

ต่างๆ ได้เช่นการลดระดับcholesterolในเลือดซึ่งเป็นผลจากเส้นใยสามารถลดอัตราการดูดซึมcholesterolของร่างกาย

Emperatriz (2005) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้รำข้าวเป็นส่วนผสมในโตพืชชา และเก็บรักษาไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น Emperatriz ได้ทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ ค่าความชื้น, crude protein, crude fat, เถ้า, แป้ง และเส้นใยอาหาร ทุก 0, 30, 60 วัน พบว่าแผ่นแป้งพืชชาที่เติมรำข้าว 5% และ 10% มีค่าเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น 3.8% และ 5.3% จากแผ่นแป้งพืชชาสูตรไม่ผสมรำข้าวตามลำดับ มีค่าการสูญเสียความชื้นที่วัดได้จากแผ่นแป้งพืชชาสูตรเพิ่มรำ 5%, 10% จะน้อยกว่าสูตรไม่ผสมรำข้าว และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมยอมรับแผ่นแป้งพืชชาสูตรที่เติมรำข้าว 5% ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน

Azizah (2000) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเติมรำข้าว ในอัตราส่วน 5%, 10% ในขนมปังพบว่าทำให้ปริมาณขนมปังลดลง และความแข็งของขนมปังเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างขนมปังผสมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันกับขนมปังที่มีเส้นใยอาหารสูงตามท้องตลาดพบว่าขนมปังผสมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมีสารอาหารมากกว่าขนมปังตามท้องตลาด

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมคุณสมบัติและคุณภาพทางโภชนาการของกระบวนการ stabilization รำข้าว

เพื่อประยุกต์ใช้รำข้าวที่ผ่าน stabilization ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาสภาวะกระบวนการ Stabilization รำข้าว

การเตรียมรำข้าว โดยนำข้าวพันธุ์ข6 และข้าวหอมมะลิ 105 ที่มีการผลิตมากในประเทศไทย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกที่จังหวัดขอนแก่น ปลูกและเก็บเกี่ยวปี 2547/2548 เป็นระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงมีนาคม 2548 โดยบรรจุข้าวเปลือกในกระสอบป่าน เก็บไว้ในที่อุณหภูมิ 22-37 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีพื้นที่โล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก โดยใช้เครื่องสีขนาดเล็กของ บ.นวิเทคโนโลยีจำกัด สีข้าวเปลือกแล้วนำรำข้าวละเอียดของแต่ละพันธุ์มาร่อนด้วยตระแกรงเบอร์ 140 เมช (mesh) เพื่อขจัดกลีบหยาบที่ปนมาด้วย บรรจุรำที่ผ่านตระแกรงในถุงครีโวแวก (Cryovac) ขนาด 6x11 นิ้ว ถุงละประมาณ 400-500 มิลลิกรัม ในสภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศ เก็บรักษาโดยวิธีการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30±1 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาผ่านเครื่อง Extruder ยี่ห้อ Brabender รุ่น 680156 แบบสกรูเดี่ยว มีหัวตายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร

สภาวะที่ศึกษากระบวนการ Stabilization รำข้าว โดยใช้รำข้าว ข 6 และ รำข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ของพันธุ์ข้าวที่มีการผลิตมากในประเทศไทย กระบวนการจะใช้เครื่อง Extruder ที่มีปัจจัย 3 อย่าง คือ ความเร็วการป้อน (feed rate) 30 -50 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู (speed screw) 150-180 รอบต่อนาที และอุณหภูมิหัวตาย (die temperature) 110-130 องศาเซลเซียส โดยออกแบบการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) ทำการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 3 จุด จะได้การทดลอง 17 ทดลองและเพิ่มการทดลองอ้างอิงทดลองอีก 1 ตัวอย่าง (Howsam and Buhler. 2003) จะได้การทดลองทั้งหมด 18 ทดลองโดยกำหนดปัจจัย 3 ปัจจัย ดังนี้

การทดลอง (treatment)	พันธุ์ข้าว	ความเร็วการป้อน (รอบ/นาที)	ความเร็วสกรู (รอบ/นาที)	อุณหภูมิหัวตาย (องศาเซลเซียส)
Trt 1	กข. 6 / มะลิ105	40	165	103
Trt 2	กข. 6 / มะลิ105	30	150	110
Trt 3	กข. 6 / มะลิ105	50	150	110
Trt 4	กข. 6 / มะลิ105	30	180	110
Trt 5	กข. 6 / มะลิ105	50	180	110
Trt 6	กข. 6 / มะลิ105 (อ้าอิง)	42	172	115
Trt 7	กข. 6 / มะลิ105	40	140	120
Trt 8	กข. 6 / มะลิ105	23	165	120
Trt 9	กข. 6 / มะลิ105	40	165	120
Trt 10	กข. 6 / มะลิ105	40	165	120
Trt 11	กข. 6 / มะลิ105	40	165	120
Trt 12	กข. 6 / มะลิ105	57	165	120
Trt 13	กข. 6 / มะลิ105	40	190	120
Trt 14	กข. 6 / มะลิ105	30	150	130
Trt 15	กข. 6 / มะลิ105	50	150	130
Trt 16	กข. 6 / มะลิ105	30	180	130
Trt 17	กข. 6 / มะลิ105	50	180	130
Trt 18	กข. 6 / มะลิ105	40	165	137

ศึกษาคุณสมบัติของรำข้าวของหอมมะลิ 105 และกข 6 ที่ผ่านกระบวนการ Stabilization เปรียบเทียบกับรำข้าวหอมมะลิ 105 และกข 6 ที่ไม่ผ่านกระบวนการ Stabilization

1.1 วัดปริมาณผลผลิต(yield) การสกัดน้ำมัน โดยใช้ Hexane ตามวิธี Hu et al.(1996)

1.2 ตรวจสอบปริมาณ ไขมันอิสระ โดยมีตรวจสอบ ไขมันอิสระจากรำข้าวที่ผ่าน stabilization ทุกๆ 2อาทิตย์เป็นเวลา 6 อาทิตย์

คัดเลือกสภาวะที่ให้คุณสมบัติผลผลิตสูง(1.1)และโดยจากการวิเคราะห์ออกแบบการทดลองแบบ CCD โดยใช้การตอบสนองโครงสร้างพื้นผิว(Response Surface Methodology;RSM)พิจารณาโมเดลการเปลี่ยนแปลงไขมันอิสระน้อยที่สุดหลังการเก็บ

รักษา 6 อาทิตย์ แสดงว่าสามารถยับยั้งการทำงานของ lipolytic enzymes (Stuart and Buhler, 2003)

2. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ stablilized rice branของหอมมะลิ 105 และ กข 6

นำ stablilized rice branของรำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 6 ซึ่งมีสภาวะผ่าน stabilization 4 แบบ (รำข้าวที่ไม่ผ่าน stabilization และรำข้าวที่ผ่าน stabilization 3 แบบคือ สภาวะผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (วรณูช และคณะ, 2544) สภาวะที่คัดเลือกในข้อ 3.1 จำนวน 1 สภาวะ และสภาวะที่ได้จากการทดลองแบบ CCD) จากรำข้าว 2 ชนิด รวมมีการทดลอง 8 การทดลอง โดยมีการออกแบบ Factorial in CRD ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้

2.1 Soluble and insoluble fiber (AACC 32.07,1995)

2.2 ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl (AOAC 40.1.06, 1995)

2.3 ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction (AOAC 40.1.05, 1995)

2.4 ปริมาณความชื้น (AOAC 40.1.04, 1995)

2.5 ปริมาณเถ้า (AOAC 40.1.03, 1995)

2.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คำนวณจากผลต่างของ 100 และผลรวมทั้งหมด)

2.7 ตรวจสอบปริมาณแกรมมาโทโคเฟอร์รอล แอลฟาโทโคเฟอร์รอล สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ HPLC (High Performance Liquid Chromatography) และ ค่า total antioxidant capacity โดยทำปฏิกิริยากับDPPH วัดด้วยเทคนิค spectrophotometric แล้วคำนวณกลับอยู่ในรูปของ ascorbic equivalent (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)

3.ศึกษาการนำ stablilzed rice bran ของรำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 6 ที่มีเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสูงมาใช้ใน คุกกี้

คุกกี้ผสมรำข้าวกข 6 และ รำข้าวหอมมะลิ 105 ที่ผ่านstabilized ที่ระดับ10%, 15%และ20% ของน้ำหนักแป้งสาลี อีกสูตรหนึ่งคือ คุกกี้ควบคุม (ไม่ผสมรำ) รวม 7 ตัวอย่าง แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้รำข้าวเหนียว กข 6 และรำข้าวหอมมะลิ 105 โดยมีสูตรคุกกี้และวิธีการทำดังนี้

แป้งสาลีเนกประสงค์	1000 กรัม
น้ำตาลทราย	600 กรัม
เกลือ	600 กรัม
เนยสด	450 กรัม
นมข้นจืด	60 มิลลิลิตร
น้ำ	60 มิลลิลิตร
เบกกิ้งโซดา	7 กรัม
ไข่ไก่	3 ฟอง

รำข้าวชนิดต่างๆ (รำข้าวกข 6 และ รำข้าวหอมมะลิ 105)

วิธีการทำและการอบ

1. ร่อนแป้ง, รำข้าวและเบกกิ้งโซดาให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้สักครู่

2. ตีเนยสด, น้ำตาลและเกลือให้พอเข้ากัน ด้วยความเร็วระดับ 2 โดยใช้หัวตีรูปใบไม้

3. เมื่อเนยขึ้นฟูเติมไข่, น้ำและนมข้นจืด ตีผสมจนขึ้นฟูเป็น 3 ส่วน

4. ปรับความเร็วระดับ 1 เติมแป้งที่ร่อนไว้ลงไป ผสมพอให้เข้ากัน

5. นำมากดให้เป็นรูปที่ต้องการด้วยเครื่องกดคุกกี้

6. อบด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 172 องศาเซลเซียส นาน 15-17 นาที

7. ปลอยทิ้งไว้ให้เย็น เก็บใส่กล่อง

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภค ณ ห้องทดสอบชิม อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 41 คน แล้วเสนอตัวอย่าง 7 ชิ้น ไล่ตัวอย่างต่อ 1 คน ให้รหัสตัวอย่างไม่ซ้ำกัน (มีตัวอย่างคุกกี้สูตรควบคุมหนึ่งตัวอย่าง) แล้วให้ค่าคะแนนความชอบแบบ 9 point hedonic-scales (9 = ชอบอย่างยิ่ง, 8=ชอบมาก, 7=ชอบ, 6=ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 3=ไม่ชอบ, 2=ไม่ชอบมากและ 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง)

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาสภาวะกระบวนการ Stabilization รำข้าว

วัดปริมาณผลผลิตของการสกัดน้ำมันของสภาวะกระบวนการ Stabilization รำข้าวดังตารางที่1 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้ได้ผลผลิตน้ำมันดิบสูง โดยใช้โปรแกรม Expert 5.0 คือสภาวะความเร็วการป้อน 40 ความเร็วสกรู 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 120 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์หาสภาวะของรำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข6 ที่ผ่าน Stabilization ที่ทำให้มี

ปริมาณไขมันอิสระน้อยที่สุด (น้ำมันจากรำข้าวถูกออกซิเดชันได้ไขมันอิสระ) เมื่อเก็บที่ 0, 2, 4 และ 6 อาทิตย์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าสภาวะอัตราการป้อน 42 ความเร็วสกรู 172 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 115 องศาเซลเซียส มีปริมาณไขมันอิสระน้อยที่สุดของรำข้าวซึ่งเป็นผลจากความร้อนและความดันไปยับยั้งการทำงานของ lipase enzyme ทั้งในข้าวหอมมะลิ 105 และ กข6

2. ผลศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ stabilized rice bran ของหอมมะลิ 105 และ กข 6

ผลคุณค่าทางโภชนาการของรำข้าวของหอมมะลิ 105 และ กข 6 พันธุ์ละ 4 ตัวอย่างคือตัวอย่างที่ไม่ผ่าน Stabilization (native) และที่ผ่าน Stabilization (ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (วรุษ และคณะ, 2544) ผ่านเครื่องเอ็กทราเดอร์ที่สภาวะความเร็วการป้อน 40 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 120 องศาเซลเซียส และผ่านเครื่องเอ็กทราเดอร์ที่สภาวะอัตราการป้อน 42 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 172 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 115 องศาเซลเซียส) โดยแสดงผลเป็นการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยละลายน้ำ (Soluble fiber) เส้นใยไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และปริมาณแกรมมาโทโคเฟอรอล แอลฟาโทโคเฟอรอล สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถป้องกันออกซิเดชัน (antioxidation capacity) ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยชนิดของรำและสภาวะกระบวนการ Stabilization ต่อค่าปริมาณเส้นใยไม่ละลายน้ำ ไขมัน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ส่วนปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลจากที่สภาวะกระบวนการ Stabilization เดียวกันแต่ชนิดรำข้าวต่างกัน โดยพบว่ารำข้าวหอมมะลิมีโปรตีนน้อยกว่าแต่มีปริมาณเถ้ามากกว่ารำข้าว กข6 ส่วนชนิดรำข้าวและสภาวะกระบวนการ Stabilization มีปริมาณเส้นใยละลายน้ำและความชื้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

95 ($p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่ารำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข6 ที่ผ่าน extruder อัตราการป้อน 42 ความเร็วสกรู 172 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 115 องศาเซลเซียส มีสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด สูงสุด แต่เมื่อพิจารณาค่า Antioxidation capacity พบว่าที่สภาวะผ่านความเร็วการป้อน 40 ความเร็วสกรู 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 120 องศาเซลเซียส มีค่า Antioxidation capacity มากกว่าสภาวะอื่นทั้งในรำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 6 ซึ่งทุกสภาวะที่ผ่าน Stabilization มีค่าสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด และ Antioxidation capacity มากกว่ารำข้าวที่ไม่ผ่าน Stabilization เนื่องจากความร้อนและความดันจากเครื่องเอ็กทราเดอร์สามารถยับยั้งเอ็นไซม์ไลเปสได้ แสดงว่าจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าสภาวะที่ไม่ผ่าน Stabilization

3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้รำข้าวหอมมะลิ 105 และ รำข้าว กข 6

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบรวม สี กลิ่นรส และความกรอบ ของคุกกี้ผสมรำข้าว กข6 ที่ระดับผสม 10% ไม่แตกต่างกับคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ยกเว้นรสตกค้างหลังกลืนของคุกกี้ผสมรำข้าว กข6 มีค่าความชอบที่ต่ำคือ 5.83 (ชอบเล็กน้อย) เมื่อเปรียบกับสูตรควบคุม 6.44 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก) ส่วนคุกกี้ผสมรำข้าวหอมมะลิ 105 ที่ระดับ 10% ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบสี ความกรอบ และรสตกค้างหลังกลืนไม่แตกต่างกับคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่มีค่าคะแนนความชอบรวม 5.83 (เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย) และกลิ่นรส 5.68 (เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย) แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้ค่าคะแนนสูตรควบคุมความชอบรวม และกลิ่นรสในระดับความชอบเล็กน้อยคือมีค่าคะแนน 6.46 และ 6.12 ตามลำดับ

สรุป

สภาวะกระบวนการ Stabilization รำข้าวชนิดต่างๆ ที่สภาวะที่ความเร็วการป้อน 40 ความเร็วสุกร 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 120 องศาเซลเซียส ทำให้ทั้งรำข้าวข 6 และรำข้าวหอมมะลิ105จะมีเส้นใยละลายน้ำเพิ่มขึ้นและเส้นใยไม่ละลายน้ำลดลง และมีปริมาณโปรตีน และเถ้าของรำข้าว ข 6 และรำข้าวหอมมะลิ105 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนของรำข้าวหอมมะลิ105 มีน้อยกว่าแต่ปริมาณเถ้ามากกว่ารำข้าวข 6 นอกจากนี้พบว่า oxidation capacity ของรำข้าวข 6 และรำข้าวหอมมะลิ105ที่ผ่านความเร็วการป้อน 40 รอบต่อนาที ความเร็วสุกร 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตาย 120 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดแสดงมีคุณสมบัติในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดโดยoxidation capacity ในรำข้าวหอมมะลิมีมากกว่ารำข้าวข 6 และเมื่อนำรำข 6 10 % ที่ผ่านสภาวะดังกล่าวมาผสมในคุกกี้พบว่า มีค่าคะแนนความชอบรวม สี กลิ่นรส และความกรอบ ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม(ไม่ผสมรำข้าว)อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p > 0.05$) ส่วนคุกกี้ผสมรำข้าวหอมมะลิ105 10% โดยมีค่าสี กลิ่นรส ความกรอบและรสตกค้างหลังกลืนไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนอุดหนุนมหาวิทยาลัยขอนแก่นประจำปี 2548-2549 และได้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่จากภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

วรรณุช ศรีเจษฎารักษ์ เกษม นันทชัย และศรินทร์ สุวรรณรงค์ 2545. การศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารกันหืนของสารละลายโทโคเฟอรอลสกัดจากรำข้าว (*Oryza sativa*). วารสารวิจัย มข 6(2) : 34-44.

AOAC International.1995. Official Method of Analysis of the AOAC International, 16th ed. Association of Official Analysis Chemists. Arlington,VA,USA.

AOAC Method 991.43 Total Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Food (First Action 1991)

Azizah, A. H., Yu, S. L. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry** 68 : 15-19.

Claye,S.S., Iodouraine, A., and Weber, C. W. 1996.Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. **Food Chemistry** 57(2)305-310.

Emperatriz, P. D., Paula J. and Elevina, P. 2005. Effect of enrichment with high content dietary fiber

Food and Food Products” (Final Approval 10-16-91). AACC Method 58-15, 1995.

Hamada, J. S. 1997. Characterization of protien fraction of rice bran to devise effective methods of protien solubilization. **Cereal Chemiistry** 74: 662-668.

Howsam, S. and Buhler, AG. 2003. Food Ingredient Processing Using Extrusion. Smart Extrusion Conference Bangkok. 2 December 2003.

Hu, W., Wells JH., Shin, TS. and Godber, JS. 1996.Comparison of Isopropanol and Hexane for Extraction of Vitamin E and Oryzanols from stabilized Rice Bran. **J. Am. Oil Chem. Soc** 73(12) :1653-1656.

Lloyd,B.J., Siebenmorgen,T.J.and Beers,K.W. 2000. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. **Cereal Chem** 77 (5) :551-555.

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตการสกัดน้ำมันดิบ(crude oil)จากรำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่านการ Stabilization

การทดลอง	crude oil 0 อาทิตย์ (กรัม/100กรัมรำแห้ง)		crude oil 2 อาทิตย์ (กรัม/100กรัมรำแห้ง)		crude oil 4 อาทิตย์ (กรัม/100กรัมรำแห้ง)		crude oil 6 อาทิตย์ (กรัม/100กรัมรำแห้ง)	
	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105
native	28.95	34.89	31.09	36.69	31.98	36.69	31.14	34.84
Trt1	29.59	27.11	31.78	34.83	30.36	34.83	32.22	36.02
Trt2	29.49	26.82	26.01	27.74	33.25	27.74	28.84	34.46
Trt3	28.58	27.42	23.92	26.89	30.11	26.89	27.92	30.92
Trt4	29.53	32.54	24.11	26.99	37.84	26.99	24.05	36.35
Trt5	31.40	35.23	23.99	26.72	33.23	26.72	33.52	35.61
Trt6	29.50	33.22	27.80	26.92	32.08	26.92	31.09	30.67
Trt7	29.32	26.87	23.69	31.44	29.48	31.44	29.03	33.56
Trt8	29.11	26.76	31.31	35.64	30.30	35.64	31.03	32.75
Trt9	29.34	27.01	30.90	32.59	27.96	32.59	27.43	36.64
Trt10	29.78	31.53	24.31	26.84	29.13	26.84	30.28	35.61
Trt11	29.60	32.31	24.16	32.43	25.23	32.43	27.52	32.58
Trt12	30.65	31.64	24.19	28.28	32.64	28.28	28.77	33.54
Trt13	32.29	31.09	24.58	33.77	26.45	33.77	29.58	34.04
Trt14	30.34	27.79	24.07	27.10	24.66	27.10	25.97	31.72
Trt15	24.77	30.11	29.64	27.05	31.19	27.05	27.89	33.81
Trt16	24.92	32.47	29.03	26.78	31.37	26.78	32.93	34.30
Trt17	23.70	33.33	30.94	26.48	35.81	26.48	31.45	33.82
Trt18	30.49	33.39	23.79	27.05	36.82	27.05	30.77	32.69

หมายเหตุ native: รำข้าวชนิดต่างๆที่ไม่ผ่านกระบวนการ stabilization

Trt 1-18 :รำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่านกระบวนการ stabilization ด้วยเครื่อง Extruder

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณไขมันอิสระในรำของชนิดต่างๆที่ผ่านการ Stabilization

การทดลอง	ไขมันอิสระ 0 อาทิตย์ (กรัม/100 กรัมรำ)		ไขมันอิสระ 2 อาทิตย์ (กรัม/100 กรัมรำ)		ไขมันอิสระ 4 อาทิตย์ (กรัม/100 กรัมรำ)		ไขมันอิสระ 6 อาทิตย์ (กรัม/100 กรัมรำ)	
	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105	กข6	มะลิ105
native	2.80	2.34	13.36	16.66	21.12	26.76	25.85	32.92
Trt1	2.09	2.77	7.55	3.32	31.19	4.25	3.70	4.34
Trt2	2.39	2.47	3.16	3.77	3.18	3.94	42.40	4.04
Trt3	2.51	2.62	3.79	3.95	12.40	4.02	39.30	4.77
Trt4	2.50	2.39	3.44	3.76	2.89	4.35	4.80	4.05
Trt5	2.42	2.39	3.61	3.79	3.23	4.21	3.57	4.20
Trt6	2.49	2.54	2.92	3.81	3.32	4.40	3.63	4.21
Trt7	2.66	3.02	3.68	3.42	3.55	4.68	3.99	3.94
Trt8	2.72	2.95	2.87	2.96	3.32	4.39	3.46	4.10
Trt9	2.48	3.10	2.80	3.32	3.53	3.86	3.75	3.48
Trt10	2.52	2.59	3.72	3.79	3.38	3.74	3.62	4.31
Trt11	2.54	2.76	3.61	3.17	3.85	4.28	3.84	3.55
Trt12	2.49	2.72	3.82	3.67	3.19	4.03	3.85	3.78
Trt13	2.54	2.82	3.51	3.13	3.67	3.63	3.60	3.86
Trt14	2.76	3.18	3.59	3.27	4.04	3.96	3.88	4.25
Trt15	2.99	3.00	3.32	3.86	3.41	3.39	10.31	3.59
Trt16	3.31	2.79	3.26	3.65	4.43	3.40	5.32	3.54
Trt17	3.33	2.77	3.29	3.94	3.17	3.76	3.65	3.81
Trt18	2.59	2.67	3.94	3.71	3.04	3.72	3.59	3.48

หมายเหตุ native:รำข้าวชนิดต่างๆที่ไม่ผ่านกระบวนการ stabilization

Trt 1-18 :รำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่านกระบวนการ stabilization ด้วยเครื่อง Extruder

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณ Soluble and insoluble fiber โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณแอมรมาโทโคเฟอรอล แอลฟาโทโคเฟอรอล สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความเสถียรป้องกันออกซิเดชั่น (antioxidation capacity) ; (ppm = มิลลิกรัม/1000 กรัมข้าวแห้ง)

พันธุ์ข้าว	สภาพที่	เส้นใยละลาย** (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	เส้นใยไม่ละลาย** (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	โปรตีน* (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	ไขมัน** (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	ความชื้น (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	เถ้า* (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	คาร์โบไฮเดรต** (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	แอมรมาโทโคเฟอรอล (ppm)	แอลฟาโทโคเฟอรอล (ppm)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ppm)	antioxidation capacity (ppm)
หอมมะลิ	รำดิบ	32.32±0.57	2.94±1.06	13.36±0.23A	26.26±0.06	9.07±0.31	11.15±0.01A	13.98±0.66	5.300E-02	.0000	2.21	26.5475
หอมมะลิ	1	31.39±0.47	2.79±0.01	13.54±0.10A	26.60±0.03	8.59±0.29	11.69±0.76A	13.96±1.09	5.100E-02	4.500E-02	2.16	24.9766
หอมมะลิ	2	25.95±0.38	3.34±0.12	13.58±0.15A	26.23±0.09	10.02±2.39	11.23±0.13A	19.70±0.15	.0000	.0000	5.17	35.6060
หอมมะลิ	3	26.97±0.21	3.26±0.53	13.49±0.05A	26.27±0.23	8.58±0.01	11.11±0.08A	18.91±0.99	4.750E-02	.0000	6.96	26.5882
กข 6	รำดิบ	29.42±0.81	3.45±0.33	14.37±0.29B	22.95±0.30	9.04±0.27	10.39±0.06B	19.43±0.48	4.975E-02	5.050E-02	3.26	23.3305
กข 6	1	25.68±0.43	2.81±0.12	14.17±0.14B	24.56±0.40	8.55±0.20	10.38±0.10B	22.42±0.91	5.175E-02	5.450E-02	15.34	26.3241
กข 6	2	25.36±0.05	3.32±0.08	14.14±0.26B	24.12±0.02	8.29±0.16	10.24±0.02B	22.87±0.37	4.975E-02	5.050E-02	3.26	27.2842
กข 6	3	25.66±0.28	3.07±0.03	13.97±0.13 B	22.99±0.69	9.15±0.37	10.19±0.00B	24.14±0.88	.0000	.0000	7.46	26.3433

หมายเหตุ: รำดิบ: รำที่ไม่ผ่าน Stabilization

สภาวะที่ 1 : รำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่าน stabilization ด้วยวิธีดั้งเดิมตามต้น 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว(ร่นูช ตรึเจษฎารักษ์ และคณะ, 2544)

สภาวะที่ 2 : รำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่าน stabilization ที่สภาวะอัตราการป้อน 40 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 158 รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตอย 120 รูช จาก CCD

สภาวะที่ 3 : รำข้าวชนิดต่างๆที่ผ่าน stabilization ที่สภาวะ อัตราการป้อน 42 รอบต่อนาที ความเร็วสกรู 172รอบต่อนาที อุณหภูมิหัวตอย 115 รูช จากอ้างอิง

** หมายถึง มีประสิทธิภาพของปัจจัยชนิดของรำข้าวและ สภาวะStabilization (p>0.05)

* หมายถึง มีความแตกต่างของปัจจัยหลัก(ชนิดของข้าวและสภาวะ)โดยใช้AB หมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณของชนิดของรำข้าวที่สภาวะ stabilization เหมือนกัน

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคูกี้ข้าวเหนียว กข 6

ตัวอย่าง	ลักษณะคูกี้				
	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	รสตกค้างหลังการกลืน
ตัวอย่างควบคุม	6.46a	6.39a	6.12a	6.63a	6.44b
คูกี้ข้าว 10%	6.27 a	6.32a	6.46a	6.05a	5.83a
คูกี้ข้าว 15%	6.17 b	6.07a	5.95b	6.19a	6.15ab
คูกี้ข้าว 20%	6.34a	6.29a	6.19a	6.39a	6.29ab

หมายเหตุ abc หมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะคุณภาพต่างๆระหว่างตัวอย่างคูกี้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคูกี้ข้าวหอมมะลิ 105

ตัวอย่าง	ลักษณะคูกี้				
	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	รสตกค้างหลังการกลืน
ตัวอย่างควบคุม	6.46a	6.39a	6.12a	6.63a	6.44a
คูกี้ข้าว 10%	5.83c	6.29a	5.68bc	6.05ab	5.88ab
คูกี้ข้าว 15%	5.39bc	5.90a	5.29c	5.85bc	5.34bc
คูกี้ข้าว 20%	5.22b	4.98b	5.66bc	5.32c	4.95c

หมายเหตุ abc หมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะคุณภาพต่างๆระหว่างตัวอย่างคูกี้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)