

แบบสรุปผู้บริหาร  
[Executive Summary]

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โภชนาเภสัชจากข้าว  
Development of Nutraceutical Products from Rice

1.2 ชื่อผู้วิจัย

นางอนุชิตา มุ่งงาม หัวหน้าโครงการวิจัย  
นางสาวกิตติพร สุพรรณผิว  
นางสาววิภาวดี พันธุ์หนองหว่า  
นางสาวศรินทร สุวรรณรงค์  
นางสาวจินตนา สังโสภา  
นางสาวสุภาพ นนทสันต์  
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์  
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
โทรศัพท์ 043-754086 โทรสาร 043-754086

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำการวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 งบประมาณที่ได้รับ  
876,000 บาท  
ระยะเวลาทำการวิจัย ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2552

2. สรุปโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารสุขภาพ จากส่วนต่างๆของข้าวโดยเรียก  
ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ว่า ผลิตภัณฑ์โภชนาเภสัชจากข้าว ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ  
และโภชนาเภสัชภัณฑ์ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคค่อนข้างมาก การแปรรูปข้าวให้เป็น  
ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง และใช้ประโยชน์จากทุกส่วนของข้าวให้มากที่สุด เป็นการสร้าง

มูลค่าเพิ่มให้กับข้าวและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะรำข้าว และ จมูกข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว รำข้าวและจมูกข้าวนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ช่วยลดความเสี่ยงโรคหลายชนิด นอกจากข้าวสีขาวแล้ว ประเทศไทยยังมีข้าวชนิดอื่นๆอีก เช่น ข้าวเหนียวดำ และข้าวที่มีสีอื่นๆ ซึ่งนอกจากมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่เหมือนข้าวขาวแล้วยังมีสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญ

การพัฒนากรรมการผลิต เพื่อเพิ่มความเข้มข้นและความคงตัวของสารออกฤทธิ์ชีวภาพ รวมถึงการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ เป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนา ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเกิดขึ้น เพื่อผลิตอาหารสุขภาพ ผลิตภัณฑ์โภชนาเภสัช ที่ได้จากโครงการนี้ทั้งหมดมี 4 ชนิด คือ (1) รำข้าวสกัด (จากทั้งรำข้าวธรรมดาและรำข้าวหอม) (2) สารกลุ่มไม่เกิดปฏิกิริยาสบู่จากรำข้าว (unsaponifiable matters: USM) (3) จมูกข้าว (4) สีผสมอาหารสุขภาพ (functional colorant) จากรำข้าวเหนียวดำสกัด ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดนำมาประเมินศักยภาพการเป็นอาหารสุขภาพ ทดสอบความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสภาวะต่างๆ และทดสอบการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสุขภาพ ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติ จุดเด่น การนำไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะ ดังนี้

## 2.1 รำข้าวสกัด

รำข้าวสกัดโดยเอนไซม์ที่ได้ มีปริมาณผลผลิตสูง (71-73 % ของรำข้าว) รำข้าวสกัดทั้งที่ได้จากรำข้าวธรรมดาและรำข้าวหอมมีปริมาณสารอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพ คือ สารประกอบฟีนอลิก  $\gamma$ -oryzanol และ  $\alpha$ -tocopherol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่กรดไขมันมีปริมาณลดลง ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวนวล มีความชื้นต่ำจึงสามารถเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง ข้อเสนอแนะ อาจจะต้องมีการปรับกระบวนการผลิตเล็กน้อยเพื่อความเหมาะสม เมื่อขยายกำลังการผลิตเป็นระดับอุตสาหกรรม และอาจใช้รำธรรมดาในการผลิตเพราะมีปริมาณมากและผลิตได้ง่ายกว่ารำข้าวหอม ในการสกัดหากมีการใช้ปริมาณของเอนไซม์ที่มากขึ้นและย่นนานขึ้นผลิตภัณฑ์ ที่ได้ อาจจะมีลักษณะเป็นของเหลว ซึ่งเป็นอาหารสุขภาพได้เช่นกัน แต่ผลิตภัณฑ์ ดังกล่าวไม่ใช่จุดประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ การประยุกต์ใช้ ในงานวิจัยนี้ใช้รำสกัดเป็นส่วนผสมเครื่องคัมพง ซึ่งได้ผลดีอย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์รำข้าวสกัด ยังสามารถใช้ผสมกับอาหารอื่นๆ ได้อีก มากมาย โดยเฉพาะอาหารที่มีแป้งหรือธัญพืช เป็นส่วนผสมหลัก

## 2.2 สารกลุ่มไม่เกิดปฏิกิริยาสบู่จากรำข้าว (Unsaponifiable matters: USM)

จากการศึกษาการสกัดสาร USM จากน้ำมันรำข้าว พบว่าปริมาณน้ำมันและสาร USM ที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 8% ของรำข้าว และ 3.47 -3.73 % ของน้ำมันรำข้าว ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง เหมาะกับการเป็นผลิตภัณฑ์โภชนาเภสัช สาร USM ที่ได้มีลักษณะ เป็นผลึกของน้ำมัน สีน้ำตาลอ่อน การเก็บรักษา ต้องระมัดระวังการเกิดออกซิเดชัน ควรเก็บในภาชนะที่เป็นขวดแก้วป้องกันแสง ออกซิเจน และ ควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำ การประยุกต์ใช้สามารถทำได้ในอาหารที่มีน้ำมันเป็นส่วนผสม ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้เพื่อเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันใน ครีมเหลวเทียม และ น้ำสลัด ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้อาจประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม และเครื่องสำอาง เป็นต้น หรืออาจจะใช้บีโกลได้โดยตรง แต่การผลิตจะต้องตรวจสอบความปลอดภัยอย่างเข้มงวด เพราะในกระบวนการผลิต มีการใช้เฮกเซน และ เอทานอล จึงจำเป็นต้องตรวจปริมาณตกค้างของสารนี้ รวมถึงโลหะหนักที่อาจจะปนเปื้อนมากับสารเคมี หรือรำข้าวด้วย

## 2.3 จมูกข้าว

จากการประเมินศักยภาพการเป็นอาหารสุขภาพพบว่าจมูกข้าวมีศักยภาพสูง ไม่จำเป็นต้องนำไปสกัด เพียงแต่ทำการบดให้เป็นผงละเอียด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์เป็นอาหารสุขภาพ อย่างไรก็ตามจมูกข้าวมีปริมาณผลผลิตค่อนข้างต่ำ (2.9%) และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันสูง จำเป็นต้องคงสภาพ (ให้ความร้อน) กับจมูกข้าวทันทีหลังการผลิตและเก็บในสภาพคล้ายกับสาร USM ข้อเสนอแนะ ปริมาณของจมูกข้าวที่แยกได้ในครั้งนี้แยกโดยใช้มือ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในการผลิตระดับอุตสาหกรรม การใช้วิธีการขัดสีโดยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก พบว่าสามารถทำได้ แต่ความบริสุทธิ์ของจมูกข้าวยังต่ำ เนื่องจากมีรำและกลบปนมาก่อนข้างสูง ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมอาจต้องใช้เครื่องสีข้าวแบบพิเศษที่มีประสิทธิภาพแยกจมูกข้าวให้บริสุทธิ์ได้สูง

## 2.4 สีสผสมอาหารจากรำข้าวเหนียวดำสกัด

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพ เนื่องจากมีปริมาณการผลิตสูง และผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นได้ทั้ง โภชนาเภสัชภัณฑ์และสีผสมอาหาร มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพในปริมาณที่ใกล้เคียงกับรำข้าวสกัด และมีสาร แอนโทไซยานินในปริมาณสูง ซึ่งสารนี้เป็นสารแอนติออกซิแดนท์และให้สีม่วงเข้มกับผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถเก็บรักษาได้นานเนื่องจากมีความชื้นต่ำ แต่เพื่อให้สีมีความคงตัวนานขึ้น อาจจะต้องเก็บรักษาในสภาวะเดียวกับสาร USM การนำไปประยุกต์ใช้จะต้องพิจารณาค่าความเป็นกรดและค่า

ของอาหาร เนื่องจากแอนโทไซยานิน เป็นสารที่ให้สีแดงและคงตัวในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดสูง (pH ต่ำ) เช่น ในการศึกษาครั้งนี้เลือกประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสีผสมโยเกิร์ต และเพิ่มสารออกฤทธิ์ชีวภาพให้กับโยเกิร์ต

### 3. บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

โครงการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตอาหารสุขภาพและผลิตภัณฑ์โภชนาเภสัชจากรำข้าว จมูกข้าว และ ข้าวเหนียวดำ โดยนำส่วนต่างๆของข้าวมาผ่านการสกัด และผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมาะสมกับการเป็นอาหารสุขภาพและการประยุกต์ใช้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาประเมินศักยภาพการเป็นอาหารสุขภาพ ทดสอบความคงตัวของสารออกฤทธิ์ชีวภาพในสภาวะต่างๆ และทดสอบการประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารสุขภาพ ผลการวิจัยเรียบเรียงตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

#### 3.1 การผลิตรำข้าวสกัด

ผลการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดรำข้าวโดยใช้เอนไซม์และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ความคงตัวของสารออกฤทธิ์ชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวสกัด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือ การย่อยรำข้าวด้วยเอนไซม์โปรติเอส ตามด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส แล้วนำสารที่ย่อยได้ไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenize) และกรอง ก่อนแช่เยือกแข็งแห้ง (freeze dry) รำข้าวสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีขาวนวล จากสภาวะที่ได้นำไปใช้ในการสกัดรำข้าวและรำข้าวงอกเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยน้ำ พบว่ารำข้าวงอกและรำข้าวธรรมชาติที่สกัดโดยใช้เอนไซม์มีปริมาณสารอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพเพิ่มขึ้น ( $P < 0.05$ ) เมื่อนำรำข้าวสกัดไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระก็ให้ผลทำนองเดียวกัน คือรำข้าวงอกสกัดด้วยเอนไซม์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธีต่างๆ ดีที่สุด และการศึกษาความคงตัวของ  $\gamma$ -oryzanol และ  $\alpha$ -tocopherol ต่อความร้อน และ pH พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ  $180^{\circ}\text{C}$  นาน 60 นาที และ pH 4 ทำให้ปริมาณ  $\gamma$ -oryzanol และ  $\alpha$ -tocopherol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### การประยุกต์ใช้รำข้าวสกัดในการผลิตเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป

เครื่องดื่มผสมรำสกัดสำเร็จรูป ทำการผลิตโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือส่วนผสมพื้นฐานที่มีรำสกัด 30-37% แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ  $130^{\circ}\text{C}$  ระยะห่างลูกกลิ้ง 100 ไมโครเมตร และความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที เครื่องดื่มผสมรำสกัด ที่ได้ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหนืด เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด โดยมีองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มสำเร็จรูปที่เพิ่มจากสูตรพื้นฐานคือมี  $\gamma$ -oryzanol และ  $\alpha$ -tocopherol สูงขึ้น

### 3.2 การผลิตสารออกฤทธิ์ชีวภาพกลุ่มไม่เกิดปฏิกิริยาสบู่จากรำข้าว (Unsaponifiable matters: USM)

วิธีการสกัดสาร USM ทำโดยสกัดน้ำมันจากรำข้าว (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105) ด้วยเฮกเซน แล้วนำน้ำมันไปสกัดสาร USM พบว่าปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับ 8% ของรำ และเมื่อนำน้ำมันมาสกัดสาร USM พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100°C ให้ปริมาณ USM สูงสุด เท่ากับ 3.47 -3.73 % เมื่อนำ USM มาวิเคราะห์ปริมาณของ total phenolic compound,  $\alpha$ -tocopherol, และ  $\gamma$ -oryzanol พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 0.00183 , 13.82 และ 16.17 g/100 g ตามลำดับ

จากการศึกษาความคงตัวของสารออกฤทธิ์ชีวภาพใน USM ที่ pH ระดับต่างๆ คือ pH 4, pH 7 และ pH 10 ปรากฏว่า pH 4 เท่านั้นที่ทำให้สารออกฤทธิ์ชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ USM ลดลง ( $p < 0.05$ ) การศึกษาความคงตัวต่อความร้อน ปรากฏว่าการให้ความร้อนที่ 180°C นาน 60 นาที ทำให้  $\alpha$ -tocopherol ลดลงถึง 58.23% ( $p < 0.05$ ) ในทำนองเดียวกันเมื่อศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ  $\gamma$ -oryzanol พบว่า  $\gamma$ -oryzanol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการให้ความร้อนตั้งแต่ 140°C และการศึกษาผลของความร้อนต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระใน USM พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 60°C และเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

การศึกษาความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของ USM เมื่อทำการเก็บ USM ไว้ในสภาวะกระตุ่น คือที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 วัน ปรากฏว่าปริมาณของ  $\alpha$ -tocopherol และ  $\gamma$ -oryzanol และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ USM ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการวิเคราะห์ค่าการเหม็นหืนของ USM ที่ระยะเวลาเก็บต่างๆ กัน พบว่า ค่า peroxide และ thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บไว้ตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บเป็นต้นไป

#### การประยุกต์ใช้สาร USM ในการผลิตครีมเทียมเหลวสุขภาพ และน้ำสลัด

การศึกษาเริ่มจากการพัฒนาคุณลักษณะของครีมเหลวเทียมก่อนที่จะทำการเติม USM โดยแปรระดับของแป้งข้าวโพด และเติม hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) 0.1% เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่าการสูตรที่เติมแป้งข้าวโพด 1.5% และเติม HPMC ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อนำมาเติมสาร USM ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% 0.3% 0.5% แล้วเก็บไว้เป็นเวลา 10 วันเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของครีม พบว่า ค่า peroxide value และ ค่า TBARS ของครีมเหลวที่เติม USM ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% มีค่าต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญ

การประยุกต์ใช้สาร USM ในการป้องกันการเหม็นหืนในน้ำสลัดก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกับในครีมเทียม คือ เมื่อ ผสมสาร USM ในน้ำสลัด แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการ

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำสลัด กับน้ำสลัดสูตรที่เติม วิตามินอี และ ไม่เติมสารกันหืน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBARS, peroxide value, และ free fatty acid มีปริมาณเพิ่มขึ้น ในทุกตัวอย่าง แต่น้ำสลัดที่เติม วิตามินอี และสาร USM มีอัตราการเพิ่ม น้อยกว่า

### 3.3 การผลิตจมูกข้าว

การศึกษาพบว่าปริมาณของจมูกข้าวที่ผลิตได้คือ 2.9 % ของน้ำหนักข้าวทั้งเมล็ด องค์ประกอบทางเคมีของจมูกข้าวเปรียบเทียบกับรำข้าวและรำแยกจมูกข้าว ของข้าวพันธุ์ กข 6 และพันธุ์หอมมะลิ 105 พบว่าจมูกข้าวเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีนดิบ ไบมัน และ เส้นใยอาหาร ในขณะที่รำข้าวที่แยกจมูกข้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และเถ้าสูงกว่า จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพ พบว่าในรำแยกจมูกข้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกรดไฟติกสูงที่สุด รำแยกจมูกข้าวพันธุ์ข้าวเหนียว กข 6 มีปริมาณ  $\gamma$ -oryzanol สูงถึง 15,073 mg/100g ขณะที่จมูกข้าวเป็นแหล่งที่ดีของ  $\alpha$ -tocopherol การศึกษา กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าจมูกข้าวมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

### 3.4 การผลิตสีผสมอาหารจากรำข้าวเหนียวดำและการประยุกต์ใช้

การศึกษาการผลิตรำข้าวเหนียวดำสกัดโดยใช้เอนไซม์เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสีปรุงแต่งอาหาร โดยทำการสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวเหนียวดำด้วยตัวทำละลายเอทานอล เปรียบเทียบกับการสกัดด้วยเอนไซม์ แล้วเติมสารมอลโตเดกซ์ตรินที่ระดับต่างๆก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้เป็นผง พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเดกซ์ตริน 2-4% ให้ปริมาณผลผลิตของสารสกัดสูงที่สุดคือ 38.78-39.47% และการสกัดรำข้าว ปริมาณ 60 กรัมด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเดกซ์ตริน 3-4% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด เท่ากับ 332.18 mg/100g และมีค่าความเป็นสีแดง (a) มากที่สุด การเติมสารให้ความคงตัวคือมอลโตเดกซ์ตรินในสารสกัดข้าวเหนียวดำก่อนการทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดได้ รำข้าวเหนียวดำสกัดสารสามารถประยุกต์ใช้ เป็นสีผสมโยเกิร์ตได้ โดยสารสกัดไม่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตและสียังมี ความคงตัว เมื่อเก็บโยเกิร์ตไว้นาน 21 วัน

**คำสำคัญ:** ข้าว; รำข้าว; รำข้าวสกัด; จมูกข้าว; คริมเทียมจากข้าว; ข้าวเหนียวดำ; ข้าวดำ;  
ข้าวมีสี; แอนโทไซยานิน; สารออกฤทธิ์ชีวภาพ, กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

## **Abstract**

The present research project aimed to produce the functional food and nutraceutical products from all parts of rice kernel through the extraction process and several techniques to increase the concentration and stability of the bioactive compounds and to modify its texture suitable for applications. The products obtained were determined for chemical compositions, stability of bioactive compounds, antioxidants activity as well as the application of each product. The abstract of the study is indicated according to the products obtained as follows:

### **1. Production of rice bran extracts (RBE)**

The optimum conditions for preparing RBE were extraction rice bran with neutral protease then followed by alpha amylase prior to homogenizing, filtering, and drying (freeze dryer) to obtain rice bran extract powder. These extraction conditions were applied to extract rice bran and germinated rice bran. The chemical compositions and bioactive compounds of RBE and germinated rice bran extract using enzyme (GRBE) were investigated compared with those of rice bran extracted using water. The results showed that the levels of protein, ash, reducing sugar and total amino acid of GRBE were significantly increased. The concentrations of total phenolic compounds,  $\gamma$ -oryzanol and  $\alpha$ -tocopherol were also indicated significantly highest. The similar results were observed in the antioxidants activity of the germinated rice bran extract using enzyme. For the study on thermal and pH stability of the major bioactive compounds in GRBE ( $\gamma$ -oryzanol and alpha tocopherol), the results showed that the temperature at 180°C for 60 minutes significantly ( $P < 0.05$ ) decreased the levels of  $\gamma$ -oryzanol and alpha tocopherol, whereas only pH4 decrease the concentration of  $\gamma$ -oryzanol and alpha tocopherol.

### **The application of rice bran extract to prepare instant beverage powder**

The preparation method of the product was optimized and achieved by mixing the rice bran extract (30-37%) and other ingredients with water, and then drying by drum dryer (130°C, 10 rpm, 100  $\mu$ m). These conditions of the preparation yielded the most acceptable by panellists.

### **2. The preparation of unsaponifiable matters (USM)**

USM was prepared from rice bran oil extracted using *n*-hexane followed by a saponification process and using ethanol. The results indicated that saponification at

temperature from 80 to 100°C gave the highest yield of USM with the amount of 3.47 - 3.73 % of rice bran oil. The concentration of total phenolic compounds,  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -oryzanol in the USM was 0.00183, 13.82 and 16.17 g/100 g, respectively. The stability of bioactive compounds and antioxidant activity of USM in different conditions (pH stability, thermal stability, and oxidative stability) was evaluated as follows: (1) pH stability: the pH of USM was adjusted to different levels. The results showed that only pH 4 affected the stability of  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -oryzanol, and the reducing of antioxidant activity. (2) Thermal stability: the USM was subjected to four different levels of temperatures. The temperature at 180°C for 60 min could reduce  $\alpha$ -tocopherol by 58.23%. Similar results were observed in the effect of high temperature on  $\gamma$ -oryzanol. The temperature from 140°C was significantly decreased the concentration of  $\gamma$ -oryzanol. The effect of heating on antioxidant activity indicated the same trends; the higher the temperature, the lower the antioxidant activity of USM. (3) Oxidative stability: the USM was activated to undergo oxidation at 60°C for 12 days. The results showed that the oxidation of USM decrease the concentration of  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -oryzanol, and reduce the activity of antioxidants. The peroxide value and TBARS value were increased with the increasing of the storage times.

#### **The application of USM to produce healthy artificial cream and salad dressing**

A mixture of healthy artificial cream was developed by varying the combinations of stabilizer ingredients, corn flour and HPMC. The acceptance of product was evaluated by panellists. The most acceptable formula contained corn flour (1.5%), HPMC (0.1%). The different levels of USM were added to cream to investigate its influence on retarding oxidation. The results showed that adding cream with 0.5% of USM could protect it from undergoing rancidity expressed by the lowest level of peroxide value and TBARS. Similar results were obtained when the USM was added to salad dressing to prevent oxidation. The lower concentrations of free fatty acids, peroxide value, and TBARS were observed in the salad dressing added with vitamin E and USM.

### **3. The production of rice germ**

A rice germ was prepared from two different varieties (RD6 and Khao Dawk Mali 105). The germ yield was 2.9% of the whole kernel. The chemical compositions of

rice germ were investigated compared with those of rice bran layer and rice bran combined with germ (as regular rice bran obtained from milling industry). The results illustrated that rice germ fraction was high in protein, lipid, and fiber; whilst rice bran layer fraction was good source of carbohydrate and ash, and rice bran and germ combined fraction contained highest level of reducing sugar. For bioactive compound compositions and antioxidant activity study, rice germ contained highest amount of  $\alpha$ -tocopherol and indicated the strongest antioxidant activity. The bran layer and germ combined showed highest level of  $\gamma$ -oryzanol with the amount of 15073 mg/100g observed in RD 6.

#### **4. Production of nutraceutical food colorant from black waxy rice**

This study was carried out to prepare the black rice bran extract and to apply as a functional colorant. Black rice bran was extracted using ethanol compared with that obtained by enzymatic treatment. The extract was mixed with different levels of maltodextrin prior to freeze drying to obtain black rice bran extract powder. The results showed that rice bran extracted using enzymes and mixed with maltodextrin of 2-4% gave the highest yield with the ranges of 38.78-39.47%. The bran of 60g extracted using enzymes and mixed with 3-4% maltodextrin yield the significant highest concentration of anthocyanin (332.18 mg/100g) and strongest redness ( $a=21.08$ ). The black rice bran extract could be applied to yogurt as functional colorant and stable for 21 days.

**Key words:** rice; rice bran; rice bran extract; rice germ; rice cream; black rice; purple rice; colored rice; anthocyanin; bioactive compound, antioxidant activity.