

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องงอก โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากฟลาวร์ข้าวกล้องงอกที่ผ่านระบบเอกซ์ทราซัน และผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากฟลาวร์ข้าวกล้องงอกโดยไม่ผ่านระบบเอกซ์ทราซัน เตรียมข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องสามสายพันธุ์ คือ ชัยนาท 1 กข23 และขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลส 20.90, 27.04 และ 14.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ  $35 \pm 0.5$  องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง นำเมล็ดข้าวมาพักและบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 5-6 ชั่วโมง อบเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิ  $45 \pm 0.5$  องศาเซลเซียส จนกระทั่งเมล็ดข้าวมีความชื้น  $11 \pm 1$  เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากระบบเอกซ์ทราซัน ได้แก่ขนมขบเคี้ยว และอาหารเข้าัญชาติ โดยขนมขบเคี้ยวจากฟลาวร์ข้าวกล้องงอกปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างเกาหลีและกลิ่นรสผัก มีส่วนผสมพื้นฐานประกอบด้วยฟลาวร์ข้าวกล้องงอกพันธุ์ ชัยนาท 1 เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน 13 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลี 10 เปอร์เซ็นต์ แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม 6 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้สภาวะการผลิตที่ต่างกัน คือ ความชื้นของส่วนผสมระหว่าง 14-16 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบสกรูของเครื่อง เอกซ์ทราซัน 350 และ 400 รอบต่อนาที อุณหภูมิของได (die) คงที่ที่ 120 องศาเซลเซียส เอกซ์ทราซันที่ได้จากสภาวะการผลิตที่ต่างกัน มีช่วงของอัตราการพองตัว 1.84 - 2.06 ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) 4.77 - 5.06 ดัชนีการละลายน้ำ (WSI) 20.55 - 21.13 ค่าความแข็ง 2.99 - 3.16 kg, ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด 62.10 - 73.43 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และ ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลดีฟิฟิเอช 59.79 - 71.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เอกซ์ทราซันที่ได้จากสภาวะการผลิตที่ความชื้นส่วนผสม  $14 \pm 0.5$  เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบสกรู 400 รอบต่อนาที มีปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลดีฟิฟิเอชสูงสุด ( $74.43 \pm 0.10$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และ  $71.57 \pm 0.06$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากฟลาวร์ข้าวกล้องงอกปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างเกาหลีและกลิ่นรสผักได้รับการยอมรับด้านประสาทสัมผัส ( $n=189$ ; 7-point Hedonic scale) และได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง ( $5.67 \pm 1.03$ ) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดในซองอะลูมิเนียมลามิเนตโพลีเอทิลีนร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน (Ageless oxygen absorber) พบว่าสารดูดซับออกซิเจนและส่วนผสมของสารปรุงแต่งรสของผลิตภัณฑ์มีผลต่ออัตราการออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิห้อง ( $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วัน

ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าัญชาติรสซ็อกโกแลต มีส่วนผสมพื้นฐานของฟลาวร์ข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1 เท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ แป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน และแป้งมันฝรั่งอย่างละ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ ผงโกโก้และโปรตีนเวย์อย่างละ 2 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมคาร์บอเนตและน้ำมันรำข้าวอย่างละ 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้สภาวะการผลิตที่ต่างกันของความชื้นส่วนผสม

ระหว่าง 16-20 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบสกรู 300 และ 400 รอบต่อนาที อุณหภูมิของได (die) คงที่ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบคุณสมบัติของเอกซ์ทรูเดตที่ผลิตได้พบว่า มีความหนาแน่น  $0.07 \pm 0.02$  ถึง  $0.16 \pm 0.01$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการพองตัว  $1.27 \pm 0.04$  ถึง  $1.76 \pm 0.13$  ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)  $3.65 \pm 0.06$  ถึง  $4.33 \pm 0.06$  ดัชนีการละลาย (WSI)  $15.34 \pm 0.17$  ถึง  $22.46 \pm 0.50$  และค่าความแข็ง  $1.11 \pm 0.24$  ถึง  $3.40 \pm 0.71$  kg, เอกซ์ทรูเดตที่ใช้ฟลาวร์ข้าวกล้องงอก : ฟลาวร์ข้าวกล้อง 80:20 มีความชื้นส่วนผสม  $16 \pm 0.5$  เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที ได้คะแนนความชอบด้านสี รูปร่าง กลิ่น-รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด ( $5.67 \pm 0.98$ ) ( $n=30$ ; 7-point Hedonic scale) เมื่อประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้ารัฐชาติรสช็อกโกแลต ( $n=200$ ; 7-point Hedonic scale) พบว่าอาหารเข้ารัฐชาติรสช็อกโกแลตเมื่อรับประทานร่วมกับน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ผู้ทดสอบ 52.5 เปอร์เซ็นต์ มีความชอบโดยรวมในระดับปานกลาง และผู้ทดสอบ 46.50 และ 41.50 เปอร์เซ็นต์ มีความชอบเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด  $82.17 \pm 0.58$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และความสามารถในการกำจัดอนุมูลคิพีพีเอชเท่ากับ  $81.71 \pm 0.53$  เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากฟลาวร์ข้าวกล้องงอกโดยไม่ผ่านระบบเอกซ์ทรูชัน ได้แก่นมจืดแปรงหมัก ขนมห้ว และขนมหองม้วน โดยการทำขนมจืดด้วยฟลาวร์ข้าวกล้องงอกพันธุ์กช23 ทดแทนฟลาวร์ข้าวขัดขาวในส่วนผสม 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มคุณค่าสำคัญทางโภชนาการให้กับขนมจืดได้โดยมีปริมาณโปรตีน  $16.49 \pm 0.40$  เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณแร่ธาตุ (เถ้า)  $1.57 \pm 0.05$  เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณเยื่อใยอาหาร (dietary fiber)  $921.44 \pm 48.50$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และสารโพลีฟีนอลทั้งหมด  $48.79 \pm 2.47$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ผู้ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ( $n=30$ ; 5-point Hedonic scale) ชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง

การทำขนมด้วยซึ่งตัวขนมประกอบด้วยแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 4.90 เปอร์เซ็นต์ แป้งท้าวยายม่อม 4.06 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายขาว 11.87 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 32.42 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหน้าขนมประกอบด้วยส่วนผสมของหัวกะทิ 30.44 เปอร์เซ็นต์ แป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ และเกลือป่น 13.15 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเมื่อเปรียบเทียบกับขนมด้วยที่ใช้แป้งข้าวเจ้าปกติ โดยมีโปรตีน  $4.89 \pm 0.03$  เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด และเยื่อใยอาหาร  $17.28 \pm 1.25$  และ  $1,162 \pm 165.10$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผู้ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ( $n=20$ ; 7-point Hedonic scale) มีแนวโน้มชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง

ขนมหองม้วนที่ทำจากด้วยฟลาวร์ข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1 เท่ากับ 25.50 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายขาว 51 เปอร์เซ็นต์ กะทิ 22.50 เปอร์เซ็นต์ และเกลือป่น 0.56 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขนมหองม้วนมีปริมาณเยื่อใยอาหาร  $779.45 \pm 5.87$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) สารโพลีฟีนอลทั้งหมด  $82.27 \pm 1.45$  มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีน  $1.74 \pm 0.03$  เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ทองม้วนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าปกติจะมีปริมาณเยื่อใยอาหารและโปรตีนเพียง 30.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผู้ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ( $n=20$ ; 7-point Hedonic scale) มีแนวโน้มชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง

The objective of this research was to develop healthy food products from germinated brown rice (GBR). Germinated brown rice based foods were processed with or without an extrusion system. Germinated brown rice was prepared by soaking brown rice at a temperature of  $35\pm0.5$  °C for 24 hours, and changing of new water was made in every six hours. Germinated brown rice grains were drained and incubated at a room temperature for 5-6 hours before drying at a temperature of  $45\pm0.5$  °C to obtain the grain moisture of  $11\pm1$  %. Three cultivars of brown rice were used in this study; Chainart 1, Kor-khor 23 and Khaw Dok mali 105, containing 20.90, 27.04 and 14.06 percents of amylose respectively.

Vegetable and Korean-BBQ flavored rice snacks were developed by a co-rotating twin-screw extruder. Blend of 70% germinated brown rice flour of Chainart 1, 13 % non- fat soy flour, 10 % wheat flour, 6 % full fat soy flour, and 1% calcium carbonate, was formulated for the snacks. Process variables for snacks were blend moisture (14-16 %), screw speed (350 or 400 rpm), and a fixed die temperature of 120°C. Different combinations for extrudates resulted in ranges of 1.84 - 2.06 expansion ratio, 4.77 - 5.06 water absorption index (WAI), 20.55 - 21.13 water solubility index (WSI), and 2.99 - 3.16 hardness value. Total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity of the extrudates ranged in 62.10 - 73.43 mg/100 g (db), and 59.79 - 71.57 %, respectively. The extrudate obtained from the process condition of  $14\pm0.5$  % feed moisture, and 400 rpm screw speed showed the highest total polyphenol content of  $74.43\pm0.10$  mg/100 g (db) and highest DPPH radical scavenging activity of  $71.57\pm0.06$  %. Results of sensory evaluation (n=189; 7-point Hedonic scale) showed that the panel liked both flavored snacks slightly to moderately, with the overall liking score of  $5.67\pm1.03$ . An oxygen absorber in aluminum foil/polyethylene laminated pouch for flavored rice snacks showed potential preventive action on lipid oxidation of the products during 90 day storage at room temperature ( $30\pm2$  °C).

Chocolate flavored breakfast cereal was developed by the co-rotating twin-screw extruder. Formulation for the blend included 83 % germinated brown rice flour of Chainart 1, 3% non- fat soy flour, 3% potatoe flour, 5% sugar, 2% whey powder, 2% cocoa powder, 1% calcium carbonate, and 1% rice bran oil. Process variables were blend moisture (16-20 %), screw speed (300 or 400 rpm), and a fixed die temperature of 120 °C. The process combinations resulted in extrudates with ranges of  $0.07\pm0.02$  to  $0.16\pm0.01$  g/cm<sup>3</sup> bulk density,  $1.27\pm0.04$  to  $1.76\pm0.13$  expansion ratio,  $3.65\pm0.06$  to

4.33±0.06 water absorption index (WAI), 15.34±0.17 to 22.46±0.50 water solubility index (WSI), and 1.11±0.24 to 3.40±0.71 hardness value. Sensory evaluation (n= 30; 7-point Hedonic scale) of the extrudate processed with 16±0.5 % moisture blend, 300 rpm screw speed, and GBR:BR flour ratio of 80:20, gained the highest scores for color, appearance, flavor, texture, and overall liking (5.67±0.98). Chocolate flavored cereal had total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity of 82.17±0.58 mg/100 g (db), and 81.71±0.53 %, respectively. Sensory evaluation (n=200; 7-point Hedonic scale) of the product indicated that 52.5% of the panel liked the product moderately. Texture and flavor of the product was found moderately liked by 46.50% and 41.50% of the panel.

Thai traditional products developed from germinated brown rice flour without an extrusion process were fermented rice noodle (Kha-nom-jeen), steamed rice coconut cake (Kha-nom-tuay), and crispy crape (Thong-muan). Germinated brown rice flour of Kor-Khor 23 was used to prepare fermented rice noodle in a traditional process. A 50 % substitution for GBR flour in the process increased nutritional values of the product. The fermented rice noodle containing GBR flour had 16.49±0.40 % protein and 1.57±0.05 % ash. The contents of dietary fiber and total polyphenol were 921.44±48.50 and 48.79±2.47 mg/ 100 gm (db), respectively. Sensory panel (n= 30; 5-point Hedonic scale) liked the fermented rice noodle with GBR flour.

Steamed rice coconut cake was processed in two layers of different mixtures. The mixture for the bottom layer included 4.90 % GBR flour of Khow Dok Mali 105, 4.06 % commercial Tow-yai-mom flour, 11.87% white crystal sugar, and 32.42 % water. The mixture for the top layer consisted of 30.44 % coconut cream, 3.15 % GBR flour of Khow Dok Mali 105, and 13.15 % salt. The steamed cake containing GBR flour had better nutritional values compared to the traditional control of white rice flour. Protein content of steamed GBR cake was increased to 4.89±0.03 %. Total polyphenol and dietary fiber contents of the product were 17.28±1.25 and 1,162.90±165.10 mg/ 100 gm (db), respectively. Sensory panel (n= 20; 7-point Hedonic scale) showed a tendency of liking of the product.

Crispy crape mixture was prepared from the slurry of 25.50 % GBR flour of Chainart 1, 51% white crystal sugar, 22.50% coconut milk, and 0.56 % salt. The crispy crape from GBR flour was enriched with high content of dietary fiber [779.45±5.87 mg/ 100 gm (db)], compared to that of the control [30.70 mg/ 100 gm (db)] with white rice flour. The GBR product showed 82.27±1.45 mg/ 100 gm (db) content of total polyphenol. Protein content of the product was 1.74±0.03 %, compared to 0.08 % of the control. Sensory panel (n= 20; 7-point Hedonic scale) shows a tendency of liking of the product.