

สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยทั้งหมดที่ผ่านมาสรุปได้ว่า

1. รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ค้าง (AHP-OERB) มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพ ต่างจากรำข้าวสกัดน้ำมัน (OERB) ดังนี้คือ

รำข้าว OERB มีปริมาณความชื้นร้อยละ 9.85 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 17.66 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.75 ปริมาณเถ้าร้อยละ 11.14 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 7.87 ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 14.58 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 55.87 (โดยน้ำหนักแห้ง) ส่วนรำข้าว AHP-OERB มีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.47 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.95 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.28 ปริมาณเถ้าร้อยละ 9.06 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 18.05 ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 58.74 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.97 (โดยน้ำหนักแห้ง)

รำข้าว OERB มีค่าพลังงาน 2.6 แคลอรีต่อกรัม มีค่า Water Holding Capacity 2.4 กรัม (น้ำ) ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีค่า Bulk Density 0.39 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเล็กกว่ารำข้าว AHP-OERB ส่วนรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงาน 1.2 แคลอรีต่อกรัม มีค่า Water Holding Capacity 6.8 กรัม (น้ำ) ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีค่า Bulk Density 0.18 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยใหญ่กว่ารำข้าว OERB

2. แป้งสาลีอเนกประสงค์ (MWF) มีค่าพลังงาน 3.30 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.53 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.52 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.19 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.50 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.32 ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 0.62 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 86.17 (โดยน้ำหนักแห้ง) ส่วนแป้งสาลีทำขนมปัง (HWF) มีค่าพลังงาน 3.28 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.65 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 16.23 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.71 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.59 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.67 ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 2.19 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 79.28 (โดยน้ำหนักแห้ง)

3. เมื่อนำแป้งสาลีทำขนมปังมาผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) แป้งผสมรำข้าว OERB ที่ได้มีค่าพลังงาน 2.79, 2.73, 2.68 และ 2.62 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และมอดูล์ประกอบทางเคมีดังนี้คือ ปริมาณความชื้นร้อยละ 13.22, 12.84, 12.45 และ 12.11 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 16.31, 16.45, 16.56 และ 16.74 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณไขมันร้อยละ 1.59, 1.48, 1.39 และ 1.27 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.62, 2.65, 3.71 และ 4.76 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณเส้นใยร้อยละ 1.32, 2.08, 2.79 และ 3.51 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 3.40, 4.63, 5.85 และ 7.10 (โดยน้ำหนักแห้ง) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 77.08, 74.79, 72.49 และ 70.13 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

ส่วนแป้งสาลีผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีค่าพลังงาน 2.63, 2.43, 2.22 และ 2.02 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และมอดูล์ประกอบทางเคมีดังนี้คือ ปริมาณความชื้นร้อยละ 13.59, 13.44, 13.30 และ 13.23 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 16.88, 17.45, 17.97 และ 18.57 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณไขมันร้อยละ 1.71, 1.67, 1.64 และ 1.61 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.48, 2.30, 3.18 และ 4.03 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณเส้นใยร้อยละ 2.44, 4.20, 5.91 และ 7.69 (โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณใยอาหารรวมร้อยละ 7.87, 13.53, 19.21 และ 50.96 (โดยน้ำหนักแห้ง) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 72.06, 65.05, 58.00 และ 50.96 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

4. จาก Farinogram พบว่า แป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีทำขนมปัง มีค่า water absorption ร้อยละ 61.2 และ 63.2 dough development time 2.0 และ 13.0 นาที dough stability 8.0 และ 28.5 นาที mixing tolerance index 50.0 และ 10.0 B.U. ตามลำดับ

แป้งสาลีผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีค่า water absorption ร้อยละ 65.0, 66.2, 67.0 และ 67.4
dough development time 8.2, 8.5, 8.7 และ 10.8 นาที
dough stability 16.4, 13.8, 9.8 และ 6.7 นาที
mixing tolerance index 20.0, 35.0, 50.0 และ 55.0 B.U.

ตามลำดับ

ส่วนแป้งสาลีผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีค่า water absorption ร้อยละ 66.5, 68.4, 69.3 และ 71.5
 dough development time 18.0, 18.7, 20.0 และ 30.0 นาที
 dough stability 32.5, 38.5, 46.5 และ 56.0 นาที
 mixing tolerance index 20.0, 15.0, 10.0 และ 5.0 B.U.

ตามลำดับ

จาก Extensigram ที่ 45 นาที พบว่า แป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีทำขนมปัง มีค่า resistance to extension at maximum height 410.0 และ 520.0 B.U. resistance to extension at 5 cm. 290.0 และ 325.0 B.U. และมีค่า extensibility 178.0 และ 217.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

แป้งสาลีผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีค่า resistance to extension at maximum height 740.0, 890.0, 950.0 และ >1000 B.U. resistance to extension at 5 cm. 630.0, 830.0, 860.0 และ 980.0 B.U. และมีค่า extensibility 225.0, 242.0, 258.0 และ 270.0 ตามลำดับ

5. คูกกัทที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน มีค่า spread factor สูงที่สุดคือ 7.56 (ค่า spread factor ของคูกกัทที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อยู่ในช่วง 7.5-9.0) คูกกัทที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปัง มีค่า spread factor 6.20 เมื่อนำแป้งสาลีผสมรำข้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) มาทดสอบการทำคูกกัท พบว่า คูกกัทที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว OERB มีค่า spread factor 7.52, 7.39, 7.29 และ 6.82 ตามลำดับ ส่วนคูกกัทที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่า spread factor 5.86, 5.74, 5.42 และ 5.24 ตามลำดับ

6. ผลการคำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคูกี้ พบว่า คูกี้ช็อคโกแลตชนิด ขนาดชิ้นละ 15 กรัม ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ให้ค่าพลังงานสูงที่สุดคือ 70.0 แคลอรี ในขณะที่มีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด คือมีเพียง 0.03 กรัม

คูกี้ช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) ให้ค่าพลังงาน 67.6, 67.3, 67.0 และ 66.7 แคลอรี และมีปริมาณใยอาหารรวม 0.18, 0.22, 0.26 และ 0.30 กรัม ตามลำดับ ส่วนคูกี้ช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เช่นเดียวกับแป้งสาลีผสมรำข้าว OERB พบว่า ให้ค่าพลังงาน 66.8, 65.7, 64.6 และ 63.5 แคลอรี และมีปริมาณใยอาหารรวม 0.40, 0.70, 1.00 และ 1.30 กรัม ตามลำดับ

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คูกี้ช็อคโกแลตชนิดที่ทำจากแป้งสาลี อเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้ง คะแนนรวมสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคูกี้ช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปัง ผสมรำข้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่า เมื่อระดับ การทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คูกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ย ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง แต่คูกี้ที่ทำจากแป้ง สาลีอเนกประสงค์ทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยรวม ไม่แตกต่างจากคูกี้ช็อคโกแลตชนิดที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการประเมินความแข็งของคูกี้ โดยวัดค่าแรงด้านการเจาะ พบว่า คูกี้ที่ทำ จากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ให้ค่าเฉลี่ยแรงด้านการเจำน้อยที่สุดคือ 20 นิวตัน เมื่อพิจารณา คูกี้ชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คูกี้ที่ได้มีความ แข็งมากขึ้น เนื่องจากค่าเฉลี่ยแรงด้านการเจาะเพิ่มขึ้น โดยที่คูกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปัง ผสมรำข้าว OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงด้านการเจาะ 26.8, 28.7, 30.3 และ 35.6 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่คูกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงด้าน การเจาะ 29.4, 34.6, 38.8 และ 44.0 นิวตัน ตามลำดับ

7. ผลการคำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ขนาดชิ้นละ 15 กรัม ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า คูกักให้พลังงาน 67.6, 55.7, 52.7 และ 49.7 แคลอรี ตามลำดับ โดยที่มีปริมาณใยอาหารรวม 0.18 กรัม เท่ากัน

ส่วนคูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า คูกักให้พลังงาน 66.8, 54.9, 51.9 และ 48.9 แคลอรี ตามลำดับ โดยที่มีปริมาณใยอาหารรวม 0.40 กรัม เท่ากัน

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น คูกักจะได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้านลดลง แต่คูกักชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยรวมไม่แตกต่างจากคูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการประเมินความแข็งของคูกักโดยวัดค่าแรงด้านการเจาะของคูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า เมื่อระดับการทดแทนของสารทดแทนไขมันเพิ่มมากขึ้น คูกักที่ได้จะมีความแข็งมากขึ้น โดยที่คูกักที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงด้านการเจาะ 2.68, 34.4, 43.6 และ 77.8 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนคูกักที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงด้านการเจาะ 29.4, 46.0, 55.7 และ 85.6 นิวตัน ตามลำดับ

8. คูกักช็อคโกแลตชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้คะแนนเฉลี่ยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ

ความชื้นร้อยละ 95 คุกกี้ขนาดขึ้นละ 15 กรัม ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว ให้ค่าพลังงาน 52.7 และ 51.9 แคลอรี และมีปริมาณใยอาหารรวม 0.18 และ 0.40 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่คุกกี้ช็อคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนให้ค่าพลังงานถึง 70.3 แคลอรี และมีปริมาณใยอาหารรวมเพียง 0.03 กรัม

9. คุกกี้ช็อคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน คุกกี้ช็อคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB สามารถเก็บบรรจุในถุง polyethylene ได้ 2 เดือน และเก็บบรรจุในถุง metallized film ได้ถึง 3 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

1. ศึกษาการใช้รำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB เป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทอื่น ๆ เช่น เค้ก ขนมปัง
2. ศึกษา lignocellulosic materials อื่น ๆ นอกเหนือจากรำข้าวมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ