บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

รำข้าวสกัดน้ำมันที่นำมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารในคุกกี้ มีลักษณะหยาบแข็งเป็นทราย (gritty texture) ทั้งนี้เนื่องจาก (Gould, 1985a)

1) การอยู่รวมตัวที่ใกล้ชิดกันของโครงสร้างทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีระหว่าง lignin และ polysaccharides อื่น ๆ ซึ่งประกอบกันเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์พืช
2) ความซับซ้อนและจำนวน polymer ภายในโครงสร้างของ cellulose

การนำ lignocellulosic materials ต่าง ๆ เช่น cereal brans, wheat straw และ corn stalks มาแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 1% (w/v) ที่อุณหภูมิ 25°C ในสภาวะด่างที่มีค่า pH 11.5±0.1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยา delignification เนื่องจาก lignin ที่ยึดติดอยู่กับ cellulose ในผนังเซลล์พืช ถูกละลายออกไปประมาณ 50 ถึง 60% hemicelluloses ถูกละลายไปเพียงบางส่วน (น้อยกว่า 25%) ในขณะที่ cellulose จะไม่ถูกละลาย เพียงแต่พันธะไฮโดรเจนบางส่วนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของกลูโคสในโครงสร้างของ cellulose ถูกตัดทอน ทำให้ crystalline structure ของ cellulose หลวมขึ้น (Gould, 1985b; Kerley และคณะ, 1986)

รำข้าวสกัดน้ำมัน หรือ lignocellulosic materials อื่น ๆ ที่ผ่านกระบวนการแช่ด่าง จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพ กล่าวคือ ปริมาณ insoluble dietary fiber ส่วนที่เป็น cellulose จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ lignin จะลดลง ทำให้ไม่เกิดปัญหา gritty texture เนื่องจากโครงสร้างของ cellulose หลวมขึ้น มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น (Gould, 1985b) และเมื่อดูดน้ำแล้วจะมีลักษณะนุ่มและยุ่ย (Kerley และคณะ, 1986)

1. สมบัติทางเคมีและกายภาพของรำข้าว

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวสกัดน้ำมัน (OERB) และรำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ด่าง (AHP-OERB) ในตารางที่ 8 พบว่า รำข้าว AHP-OERB มีปริมาณเส้นใยและใยอาหารรวมมากกว่ารำข้าว OERB ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการแช่ด่าง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี อันเกิดจากปฏิกิริยา delignification ดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเส้นใยและใยอาหารรวมของรำข้าว AHP-OERB จึงน่าจะเป็น insoluble dietary fiber ในส่วนที่เป็น cellulose

ผลการคำนวณค่าพลังงานในตารางที่ 9 พบว่า รำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานต่ำกว่ารำข้าว OERB ประมาณ 2 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณใยอาหารรวม (ซึ่งเป็น polysaccharides ที่ไม่สามารถถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม) ในรำข้าว AHP-OERB มีมากกว่าในรำข้าว OERB อยู่ถึง 4 เท่า และปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรำข้าว AHP-OERB มีน้อยกว่าในรำข้าว OERB อยู่ถึง 6 เท่า

จากค่าการกระจายของขนาดอนุภาคในตารางที่ 10 ค่า Bulk Density ในตารางที่ 12 และลักษณะโครงสร้างทางกายภาพในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 (ที่ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope) ของรำข้าว OERB เปรียบเทียบกับรำข้าว AHP-OERB พบว่า รำข้าว AHP-OERB มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยใหญ่กว่า และมีโครงสร้างที่หลวมและโปร่งฟูกว่ารำข้าว OERB ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการแช่ด่าง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพ อันเกิดจากปฏิกิริยา delignification ดังกล่าวข้างต้น

ส่วนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ในตารางที่ 11 พบว่า รำข้าว AHP-OERB มีค่า WHC สูงกว่ารำข้าว OERB ประมาณ 2.5 เท่า เนื่องจากลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB สามารถอุ้มน้ำได้มากกว่ารำข้าว OERB นอกจากนี้ปริมาณและโครงสร้างของ lignin ในรำข้าว OERB ก็เป็นตัวขัดขวางการอุ้มน้ำของรำข้าว

2. สมบัติของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว

2.1 สมบัติในการเกิดโดของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว

จาก Farinogram ในรูปที่ จ.1 ถึง จ.10 (ในภาคผนวก จ) ค่าที่อ่านได้ดังตารางที่ 13 และตารางที่ 14 และกราฟรูปที่ 7,8,9 และ 10 จะเห็นได้ว่า ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ของแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าต่ำที่สุด ค่าการดูดซึมน้ำของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเติมรำข้าวซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ลงในแป้งสาลีทำขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า ทำให้ปริมาณโปรตีนรวมในแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวสูงขึ้น และปริมาณสตาร์ชถูกเจือจางลง จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวสูงขึ้น เพราะโปรตีนสามารถดูดน้ำได้ถึง 3 เท่าของน้ำหนักตัว ในขณะที่สตาร์ชดูดน้ำได้เพียง 0.35 เท่าของน้ำหนักตัว (พรดี ชนะนิธิธรรม, 2529)

เมื่อพิจารณาระหว่างชนิดของรำข้าวที่ผสมในแป้งสาลีทำขนมปัง ที่ระดับการทดแทนเดียวกัน พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณโปรตีนรวมในแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าสูงกว่าในแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการผสม (dough development time) ของแป้งสาลี พบว่า แป้งสาลีทำขนมปัง ต้องใช้เวลาในการผสมมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มากกว่า จึงต้องใช้เวลานานในการผสมเพื่อให้เกิดโด เวลาที่ใช้ในการผสมของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น แต่ก็ใช้เวลาไม่มากไปกว่าการผสมแป้งสาลีทำขนมปังล้วน ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของรำข้าว OERB ที่หยาบเป็นทราย (gritty texture) มีผลไปขัดขวางการเกิดโครงสร้างของกลูเตน (Kent และคณะ, 1967; Pomeranze, 1988) ส่วนเวลาที่ใช้ในการผสมของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น และใช้เวลาในการผสมมากกว่าการผสมแป้งสาลีทำขนมปังล้วน ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB ที่โปร่งฟู (จากรูปที่ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope ในรูปที่ 6) และขนาดของอนุภาค (particle size) ที่ใหญ่กว่าแป้งสาลี จึงต้องใช้เวลานานในการผสมเพื่อให้เกิดเป็นโดที่มี maximum consistency

เมื่อพิจารณาค่าความคงตัวของโด (dough stability) ของแป้งสาลี พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าความคงตัวของโดสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณและคุณภาพของกลูเตนในแป้งสาลีทำขนมปัง มีมากกว่าในแป้งสาลีอเนกประสงค์ ส่วนค่าความคงตัวของโดในแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวเพิ่มขึ้น ที่เป็นดังนี้เพราะกลูเตนในโดถูกลดทั้งปริมาณและคุณภาพ (reduced quantity and inferior quality of gluten) โดยมีสาเหตุสำคัญจากลักษณะทางกายภาพของรำข้าว OERB ที่หยาบแข็งเป็นทราย มีผลไปตัด (cutting effect) และขัดขวางการเกิดโครงสร้างของกลูเตน (Kent และคณะ, 1967; Pomeranze, 1988) ส่วนค่าความคงตัวของโดในแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB ที่โปร่งฟู เมื่อดูดน้ำแล้วจะมีลักษณะนุ่มและยุ่ย สามารถผสมเข้ากับแป้งสาลีจนเกิดเป็นโดที่เหนียวและนุ่มเนียน รำข้าว AHP-OERB จึงทำหน้าที่ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของกลูเตนในโด (Gould และคณะ, 1989)

ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (mixing tolerance index) ของแป้งสาลี พบว่า แป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าดัชนีความอ่อนตัวสูงกว่าแป้งสาลีทำขนมปัง แสดงว่าโครงร่างของโดมีความอ่อนแอ ไม่คงทนต่อการผสมเท่ากับแป้งสาลีทำขนมปัง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความอ่อนตัวของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น เนื่องจากกลูเตนในโดถูกลดปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับในกรณีของค่าความคงตัวของโดที่ได้จากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัวของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น เพราะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับกลูเตนในโด โดที่ได้จึงมีความแข็งแรงคงทนต่อการผสม

จาก Extensigram ในรูปที่ จ.11 ถึง จ.20 (ในภาคผนวก จ) ค่าที่อ่านได้ดังตารางที่ 13 และตารางที่ 14 และกราฟรูปที่ 11, 12 และ 13 เมื่อพิจารณาค่าความยืด (extensibility) และความคงทนต่อแรงยืด (resistance to extension) ของโดที่ได้จากแป้งสาลี 2 ชนิด และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าความยืดและความคงทนต่อแรงยืดสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื่องจากปริมาณโปรตีนในโดมีมากกว่า

โดยเฉพาะโปรตีนกลูเตนซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษคือ มีความยืดหยุ่น (elasticity) (Pomeranze, 1988) ส่วนค่าความยืดและความคงทนต่อแรงยืดของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น เพราะกลูเตนในโดถูกลดปริมาณและคุณภาพ ส่วนค่าความยืดและความคงทนต่อแรงยืดของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระดับการทดแทนด้วยรำข้าวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว AHP-OERB ช่วยเสริมความแข็งแรงของกลูเตนในโด โดที่ได้จึงมีความเหนียวและยืดหยุ่น

สำหรับแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง) ขึ้นไป ไม่สามารถนำมาหาค่าจาก Farinogram และ Extensigram ได้ เนื่องจากปริมาณรำข้าวมากเกินกว่าที่จะผสมกับแป้งสาลีจนเกิดเป็นโด

2.2 <u>สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลีทำขนมปัง แป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว</u>

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีอเนกประสงค์และแป้งสาลีทำขนมปัง ในตารางที่ 15 พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และใยอาหารรวม สูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากในการผลิตแป้งทำขนมปังจากเมล็ดข้าวสาลีจะมีส่วนของรำ (bran) ติดปนมามากกว่าในแป้งสาลีอเนกประสงค์ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในตารางที่ 16 และตารางที่ 17 พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้นปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใย และใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวสูงกว่าในแป้งสาลีทำขนมปัง ส่วนปริมาณความชื้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง เนื่องจากรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวน้อยกว่าในแป้งสาลีทำขนมปัง

จากผลการคำนวณค่าพลังงานในตารางที่ 18 พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าพลังงานต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีทำขนมปังมีปริมาณเส้นใยและใยอาหารรวมสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในตารางที่ 19 พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีค่าพลังงานลดลง โดยที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานลดลงมากกว่าแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB เมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว AHP-OERB มีปริมาณเส้นใยและใยอาหารรวมมากกว่ารำข้าว OERB ถึง 2 และ 4 เท่า ตามลำดับ

3. ประเมินคุณภาพของคุกกี้โดยการทดสอบการอบ (Baking Performance Test)

จากข้อมูลในตารางที่ 20 จะเห็นได้ว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน [ซึ่งเป็นแป้งสาลีที่ใช้สำหรับผลิตคุกกี้ในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล] มีค่า spread factor สูงที่สุดคือ 7.56 แสดงว่าคุกกี้มีการแผ่ขยายตัวได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีอเนกประสงค์มีโปรตีนกลูเตนในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ [แป้งสาลีอเนกประสงค์มีโปรตีนประมาณร้อยละ 10 (สำหรับแป้งที่มีความชื้นร้อยละ 14) และโปรตีนกลูเตนมีอยู่ร้อยละ 80 ถึง 90 ของปริมาณโปรตีนรวมทั้งหมดในแป้งสาลี (Pomeranze, 1988)] โปรตีนกลูเตนมีสมบัติช่วยให้เกิดโครงร่างที่แข็งแรงของผลิตภัณฑ์ และสามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารเคมีที่ทำให้เกิดการขึ้นฟู และเมื่อได้รับความร้อนจากการอบ ก๊าซและน้ำในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกไป ดันโครงร่างของผลิตภัณฑ์ให้มีการแผ่ขยายตัวมากขึ้น (Smith, 1972)

ส่วนคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังล้วน มีค่า spread factor 6.20 แสดงว่า คุกกี้มีการแผ่ขยายตัวได้น้อย และไม่ดีเท่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีทำขนมปังมีปริมาณโปรตีนมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ [แป้งสาลีทำขนมปังมีโปรตีนประมาณร้อยละ 14 (สำหรับแป้งที่มีความชื้นร้อยละ 14)] โปรตีนกลูเตนในปริมาณที่มากกว่ากลับทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงร่างที่แข็งแรงขึ้น ก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารเคมีที่ทำให้เกิดการขึ้นฟูและน้ำในผลิตภัณฑ์ที่จะระเหยออกไป เมื่อได้รับความร้อนจากการอบ ไม่สามารถดันโครงร่างที่แข็งแรงของผลิตภัณฑ์ให้แผ่ขยายได้ดีเท่าที่ควร

เมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น คุกกี้ที่ได้มีค่า spread factor ลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว OERB ที่หยาบแข็งเป็นทรายมีผลไปตัดและขัดขวางการกักเก็บก๊าซของโครงร่างโปรตีนกลูเตน คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) และให้ค่า spread factor 7.52 และ 7.39 ตามลำดับ น่าจะมีคุณภาพดีใกล้เคียงกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ทั้งนี้เนื่องจากค่า spread factor ดังกล่าวไม่แตกต่างจากค่า spread factor ของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากข้อมูลในตารางที่ 21 จะเห็นได้ว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าว AHP-OERB มากขึ้น คุกกี้ที่ได้มีค่า spread factor ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB มีส่วนช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงร่างโปรตีนกลูเตน และปริมาณโปรตีนของรำข้าว AHP-OERB ก็มีปริมาณที่สูงกว่าในแป้งสาลีทำขนมปัง จึงทำให้คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว มีการแผ่ขยายได้น้อยกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังล้วน คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ให้ค่า spread factor 5.86 ซึ่งไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คุกกี้ทั้ง 2 ชนิดนี้จึงน่าจะมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

4. ผลของการใช้แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวในการผลิตคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง

จากการทดลองผลิตคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง โดยใช้แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนขนาดชิ้นละ 15 กรัม มีค่าพลังงานสูงที่สุด คือ 70.3 แคลอรี่ แต่มีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด คือ 0.03 กรัม เมื่อพิจารณาคุกกี้-ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้นคุกกี้มีค่าพลังงานลดลง ในขณะที่มีปริมาณใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ที่นำมาผสมกับแป้งสาลีทำขนมปัง มีองค์ประกอบทางเคมีในส่วนที่เป็นเส้นใยและใยอาหารรวมสูงกว่าแต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าแป้งสาลีทำขนมปัง

เมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนรำข้าวเดียวกัน พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ AHP-OERB มีค่าพลังงานต่ำกว่า แต่มีปริมาณใยอาหารรวมสูงกว่าคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB เพราะรำข้าว AHP-OERB มีปริมาณเส้นใยและใยอาหารรวมสูงกว่า แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่ารำข้าว OERB

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 26 พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว OERB มีสีเหลือง-น้ำตาล มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของรำข้าว และมีลักษณะที่หยาบแข็งเป็นทราย เมื่อทดแทนในสูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพมากขึ้นทำให้คุกกี้ที่ได้มีสีคล้ำขึ้น มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของรำข้าวมากขึ้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้หยาบแข็งและเป็นทรายมากขึ้น แต่คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสี กลิ่นรส และคะแนนรวมไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 27 เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทน

รำข้าวมากขึ้นคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง แต่คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ถึง 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว AHP-OERB มีสีเหลืองอ่อนกว่ารำข้าว OERB

คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านรสชาติ และคะแนนรวมไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว AHP-OERB ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส เมื่อทดแทนลงในสูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพในอัตราส่วนเพียงเล็กน้อย ไม่ทำให้คุณภาพทางด้านกลิ่นรส รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ด้อยลงไป

จากผลการประเมินความแข็ง (hardness) ของคุกกี้ โดยวัดค่าแรงต้านการเจาะ (probe resistance) ในตารางที่ 28 และตารางที่ 29 พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะ 20 นิวตัน ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด แสดงว่า คุกกี้มีความแข็งน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะเพิ่มขึ้น แสดงว่าคุกกี้มีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนรำข้าวเดียวกัน พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะสูงกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ทั้งนี้เป็นเพราะโดที่ได้จากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีความเหนียวและแข็งกว่าโดที่ได้จากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB คุกกี้ชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วนเพียงร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) น่าจะมีคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสดีใกล้เคียงกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน เพราะคุกกี้ชนิดใยอาหารสูงดังกล่าว ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะที่ใกล้เคียงกับคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

5. ผลของการใช้สารทดแทนไขมันเพื่อลดค่าพลังงานในคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง

จากการทดลองผลิตคุกกี้ชอคโกแลตชิพใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ซึ่งทำจากคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง ที่มีคุณภาพดีที่คัดเลือกแล้ว คือทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมัน potato maltodextrin (มีชื่อการค้าว่า PASELLI SA2) ในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ขนาดชิ้นละ 15 กรัม มีค่าพลังงานสูงที่สุด คือ 67.6 แคลอรี่ แต่มีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด คือ 0.18 กรัม เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทน สารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานของคุกกี้จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไขมันให้ค่าพลังงาน 9.3 แคลอรี่ต่อกรัม (Smith, 1972) ในขณะที่ PASELLI SA2 20% gel (w/w) ให้ค่าพลังงานเพียง 0.8 แคลอรี่ต่อกรัม (Fred และ Harry, 1987)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 33 และตารางที่ 34 พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดแทนทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง เนื่องจากสารทดแทนไขมัน แม้ว่าจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนไขมัน (fat-like texture) แต่ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส จึงทำให้คุกกี้มีความหอมมันไม่เท่ากับคุกกี้ที่ใช้เนยสดจริง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากรำข้าวทั้ง 2 ชนิด และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) ก็ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนรวมไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการประเมินความแข็ง ในตารางที่ 35 และตารางที่ 36 พบว่า คุกกี้ชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะ 26.8 และ 29.4 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) พบว่า คุกกี้ที่ทดแทนด้วยสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะจะเพิ่มขึ้น แสดงว่าคุกกี้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 ไม่สามารถทำหน้าที่จับอากาศไว้ในส่วนผสมของคุกกี้ ได้เช่นเดียวกับส่วนผสมที่เป็นไขมันจริง ๆ

6. ผลการประเมินคุณภาพของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 37 พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส และคะแนนรวมสูงที่สุด คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีและรสชาติไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ได้คะแนนเฉลี่ยรวมสูงกว่าคุกกี้ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB เพียงเล็กน้อย

จากผลการคำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ในตารางที่ 38 พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ขนาดชิ้นละ 15 กรัม มีค่าพลังงานสูงที่สุดคือ 70.3 แคลอรี่ แต่มีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด คือ 0.03 กรัม คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงาน 52.7 และ 51.9 แคลอรี่ มีปริมาณใยอาหารรวม 0.18 และ 0.40 กรัม ตามลำดับ แสดงว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB และทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมัน จะให้ค่าพลังงานที่ต่ำกว่า แต่ให้ปริมาณใยอาหารรวมที่สูงกว่าคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB เมื่อใช้ปริมาณการทดแทนของรำข้าวและสารทดแทนไขมันระดับเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าว AHP-OERB มีปริมาณใยอาหารรวมมากกว่ารำข้าว OERB อยู่ประมาณ 4 เท่า แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่ารำข้าว OERB อยู่ประมาณ 6 เท่า

7. ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ได้ศึกษาเพื่อหาอายุการเก็บของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ 2 ชนิด ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน (สูตรควบคุม) โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และค่า POV (peroxide value) และประเมินคุณภาพโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้านกลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด บรรจุในถุง metallized film (บรรจุภัณฑ์สำหรับคุกกี้ที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม) และถุง polyethylene (บรรจุภัณฑ์สำหรับคุกกี้ที่ใช้ในระดับครัวเรือน) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 เดือน และสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษาทุก 1 เดือน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ในตารางที่ 39 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ปริมาณความชื้นของคุกกี้ชอคโกแลตชิพทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polyethylene มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บเท่ากัน คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง polyethylene มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นโดยเพิ่มขึ้นมากกว่า คุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ปริมาณความชื้นของคุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง metallized film และเก็บเป็นเวลา 1 เดือน มีค่าไม่แตกต่างจากเมื่อเวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง polyethylene เมื่อเก็บเป็นเวลา 2 เดือนขึ้นไป มีปริมาณความชื้นเกินร้อยละ 7.0 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (มอก.742-2530) ได้กำหนดไว้

จากผลการวิเคราะห์ค่า POV ในตารางที่ 40 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับปริมาณความชื้น กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่า POV ของคุกกี้ชอคโกแลตชิพทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polethylene มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งถึงเดือนที่ 3 ผลปรากฏว่า คุกกี้ทั้ง 3 ชนิดที่บรรจุในถุง metallized film มีค่า POV เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่คุกกี้ที่บรรจุในถุง polyethylene มีค่า POV เพิ่มขึ้นมากถึง 2 เท่า

ผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชอคโกแลตชิพ ระหว่างการเก็บรักษาโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส ในตารางที่ 41 และทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ในตารางที่ 42 พบว่า คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polyethylene ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บเท่ากัน คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง polyethylene ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสต่ำกว่าคุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คุกกี้ทั้ง 3 ชนิดที่บรรจุในถุง metallized film แม้ว่าจะเก็บเป็นระยะเวลาถึง 3 เดือน ก็ยังได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสในช่วง 8-9 หมายถึงผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมปกติของตัวอย่างจนถึงกลิ่นหอมลดลง แต่ยังไม่มีกลิ่นหืน และผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับ ในขณะที่คุกกี้ที่บรรจุในถุง polyethylene เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือน ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส ในช่วง 4-5 หมายถึง ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นหืนเล็กน้อยจนถึงมีกลิ่นหืนปานกลาง และผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า คุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง polyethylene และเก็บเป็นระยะเวลา 2 เดือน ได้คะแนนเฉลี่ยในช่วง 8-8.5 ซึ่งไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film และเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ลักษณะเนื้อสัมผัสในช่วงคะแนนดังกล่าวหมายถึง คุกกี้มีความกรอบร่วนหอดีตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ส่วนคุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง polyethylene และเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือน ได้คะแนนเฉลี่ยประมาณ 7 คือ คุกกี้มีความกรอบเล็กน้อย หรือมีบางส่วนเริ่มนิ่ม และลักษณะเนื้อสัมผัสเช่นนี้ก็ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ผลจากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชอคโกแลตชิพทั้ง 3 ชนิด สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น และค่า POV มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ปริมาณความชื้น และค่า POV ของคุกกี้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และทางด้านกลิ่นรส ลดลง โดยที่คุกกี้ที่บรรจุในถุง polyethylene มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและค่า POV มากกว่าคุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film ทั้งนี้เนื่องจากถุง polyethylene ซึ่งทำจากฟิล์มพลาสติกประเภท polyethylene มีคุณสมบัติโปร่งแสง ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและแสงได้ต่ำกว่าถุง metallized film ซึ่งทำจากฟิล์มพลาสติกประเภท polyethylene หรือ polypropylene และฉาบผิวด้วยโลหะอลูมิเนียมให้มีความหนาของโลหะประมาณ 30 นาโนเมตร จึงทำให้บรรจุภัณฑ์

ประเภทนี้ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และแสง ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการหืนเนื่องจากการเติมออกซิเจนแก่ไขมันในอาหาร (มยุรี ภาคล่าเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533; Paine, 1977)

คุกกี้ชอคโกแลตชินทั้ง 3 ชนิด สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 เดือน ในถุง polyethylene และเก็บได้ถึง 3 เดือน ในถุง metallized film โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค