บทที่ 4

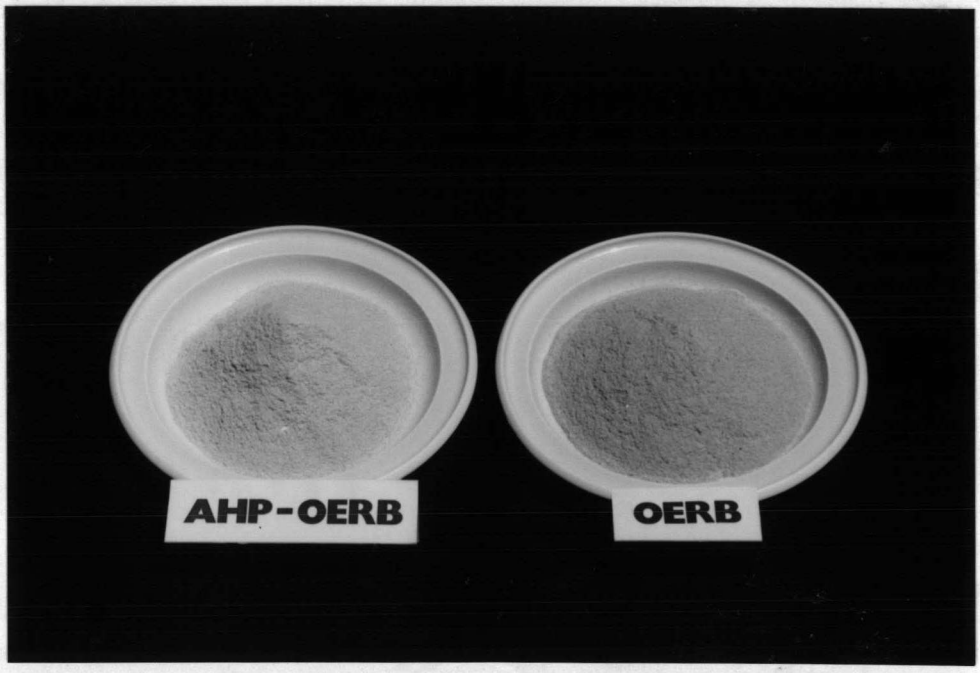
ผลการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เตรียมรำข้าว AHP-OERB จากรำข้าว OERB

รำข้าวสกัดน้ำมัน (oil extracted rice bran, OERB) ก่อนนำมาใช้จะร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh เพื่อแยกเอาส่วนที่เป็นแกลบและปลายข้าวทิ้งไป อัตราส่วนของน้ำหนักแกลบและปลายข้าวต่อรำข้าว ประมาณ 1 ต่อ 10

รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ด่าง (alkaline hydrogen peroxide treated oil extracted rice bran, AHP-OERB) ที่เตรียมจากรำข้าว OERB ถูกอบแห้งให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 11 ถึง 13 รำข้าว AHP-OERB ที่เตรียมได้นี้จะมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส ในขณะที่รำข้าว OERB มีสีเหลืองอมน้ำตาล มีกลิ่นหอมคล้ายถั่ว (nutty flavor) และไม่มีรส เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะปรากฏของรำข้าว OERB เปรียบเทียบกับรำข้าว AHP-OERB

2. ศึกษาสมบัติของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใย ปริมาณใยอาหารรวม และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ได้ผลแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

Chemical compositions (% dry basis)	Types of rice bran	
	OERB	AHP-OERB
moisture	9.85 ± 0.49	12.47 ± 0.53
protein (Nx6.25)	17.66 ± 0.28	21.95 ± 1.77
fat	0.75 ± 0.05	1.28 ± 0.21
ash	11.14 ± 1.35	9.06 ± 0.64
fiber, crude	7.87 ± 0.33	18.05 ± 0.97
fiber, TDF	14.58 ± 0.54	58.74 ± 0.32
carbohydrate	55.87 ± 0.49	8.97 ± 1.24

*Total Dietary Fiber

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB พบว่า รำข้าว AHP-OERB ที่เตรียมได้จากรำข้าว OERB มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตลดลง

2.2 คำนวณหาค่าพลังงาน (Energy Content) ของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB ได้ผลแสดงดังตารางที่ 9

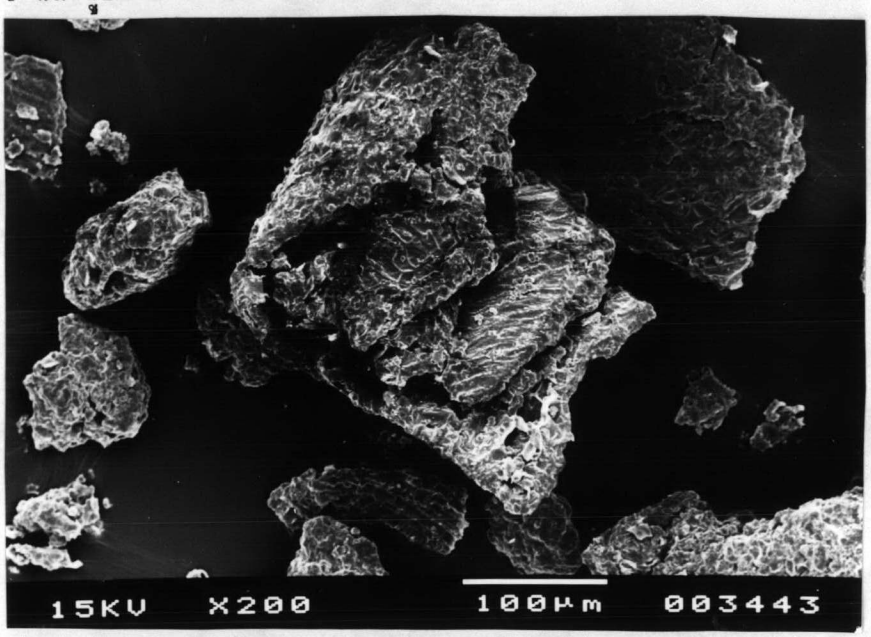
ตารางที่ 9 ค่าพลังงานของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

Types of rice bran	Energy Content (Cal/g)
OERB	2.6
AHP-OERB	1.2

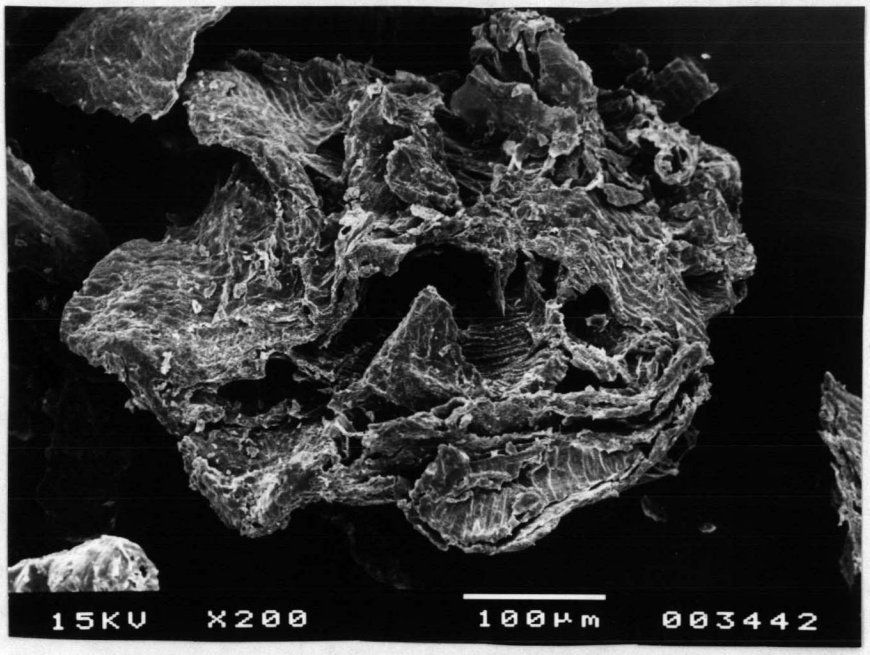
ผลจากการคำนวณค่าพลังงานพบว่า รำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานต่ำกว่ารำข้าว OERB ประมาณ 2 เท่า

2.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

2.3.1 ตรวจดูโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB โดยใช้กล้อง Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ได้ผลแสดงดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว OERB
ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (200X)



รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว AHP-OERB
ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (200X)

จากการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB ที่ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า พบว่า รำข้าว OERB มีขนาดอนุภาคเล็ก และมีโครงสร้างแน่น ในขณะที่รำข้าว AHP-OERB มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า และมีโครงสร้างที่หลวมและโปร่งฟูกว่า

I19243820

2.3.2 การกระจายของขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution) ของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB แสดงผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกระจายของขนาดอนุภาคของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

U.S.Std. Sieve size (mesh)	Particle size (micron)	Particle Size Distribution* (%) OERB	AHP-OERB
ON 35	500	0	10.7
ON 50	297	27.2	50.8
ON 100	149	46.5	31.1
THRU 100	< 149	26.3	7.4

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

จากข้อมูลการกระจายของขนาดอนุภาค จะเห็นได้ว่า รำข้าว AHP-OERB มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยใหญ่กว่ารำข้าว OERB

2.3.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB แสดงผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความสามารถในการอุ้มน้ำของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

U.S.Std. Sieve size (mesh)	Particle size (micron)	WHC* (g H_2O/g dry weight) OERB	AHP-OERB
ON 35	500	0	7.4 ± 0.1
ON 50	297	2.6 ± 0.1	7.2 ± 0.1
ON 100	149	3.1 ± 0.2	6.9 ± 0.1
THRU 100	< 149	2.3 ± 0.1	5.4 ± 0.2
OVER ALL		2.4 ± 0.1	6.8 ± 0.1

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

จากผลการทดลองพบว่า ค่า WHC ของรำข้าว AHP-OERB มีค่าสูงกว่ารำข้าว OERB ประมาณ 2.5 เท่า และเมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคพบว่า รำข้าวที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะมีค่า WHC สูงกว่ารำข้าวที่มีขนาดอนุภาคเล็ก

2.3.4 ค่า Bulk Density ของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB แสดงผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่า Bulk Density ของรำข้าว OERB และรำข้าว AHP-OERB

Types of rice bran	Bulk Density* (g/cc)
OERB	0.39
AHP-OERB	0.18

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ผลการทดลองพบว่า รำข้าว AHP-OERB มีค่า Bulk density ต่ำกว่ารำข้าว OERB ประมาณ 2 เท่า

3. ศึกษาสมบัติของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ

3.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพในการเกิดโด (dough)

3.1.1 หาค่าการดูดซึมน้ำ เวลาที่ใช้ในการผสม ค่าความคงตัวของโด และดัชนีความอ่อนตัวของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว โดยใช้เครื่อง Brabender Farinograph ได้ผลแสดงในรูปที่ จ.1 ถึง จ.10 (ในภาคผนวก จ)

3.1.2 หาค่าความยืดและความคงทนต่อแรงยืดของโด โดยใช้เครื่อง Brabender Extensigraph ได้ผลแสดงในรูปที่ จ.11 ถึง จ.20 (ในภาคผนวก จ)

ค่าที่อ่านได้จาก Farinogram รูปที่ จ.1 ถึงรูปที่ จ.10 และ Extensigram รูปที่ จ.11 ถึงรูปที่ จ.20 แสดงข้อมูลดังตารางที่ 13 และ 14 ดังนี้

ตารางที่ 13 ค่าที่อ่านได้จาก Farinogram และ Extensigram ของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Properties	MWF	HWF	Types of flour OERB (% flour basis)				
			10	20	30	40	50
Farinogram :							
Water absorption (%)	61.2	63.2	65.0	66.2	67.0	67.4	-*
Dough development time (min.)	2.0	13.0	8.2	8.5	8.7	10.8	-
Dough stability (min.)	8.0	28.5	16.4	13.8	9.8	6.7	-
Mixing tolerance index (B.U.)	50.0	10.0	20.0	35.0	50.0	55.0	-
Extensigram (45 min.) :							
Resistance to extension at maximum height (B.U.)	410.0	520.0	590.0	570.0	540.0	470.0	-
Resistance to extension at 5 cm. (B.U.)	290.0	325.0	580.0	490.0	395.0	310.0	-
Extensibility (mm.)	178.0	217.0	193.0	158.0	114.0	75.0	-

* วัดค่าไม่ได้ เนื่องจากปริมาณรำข้าวมากเกินกว่าที่จะผสมกับแป้งสาลีจนเกิดเป็นโด

MWF = medium wheat flour

HWF = hard wheat flour

ตารางที่ 14 ค่าที่อ่านได้จาก Farinogram และ Extensigram ของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

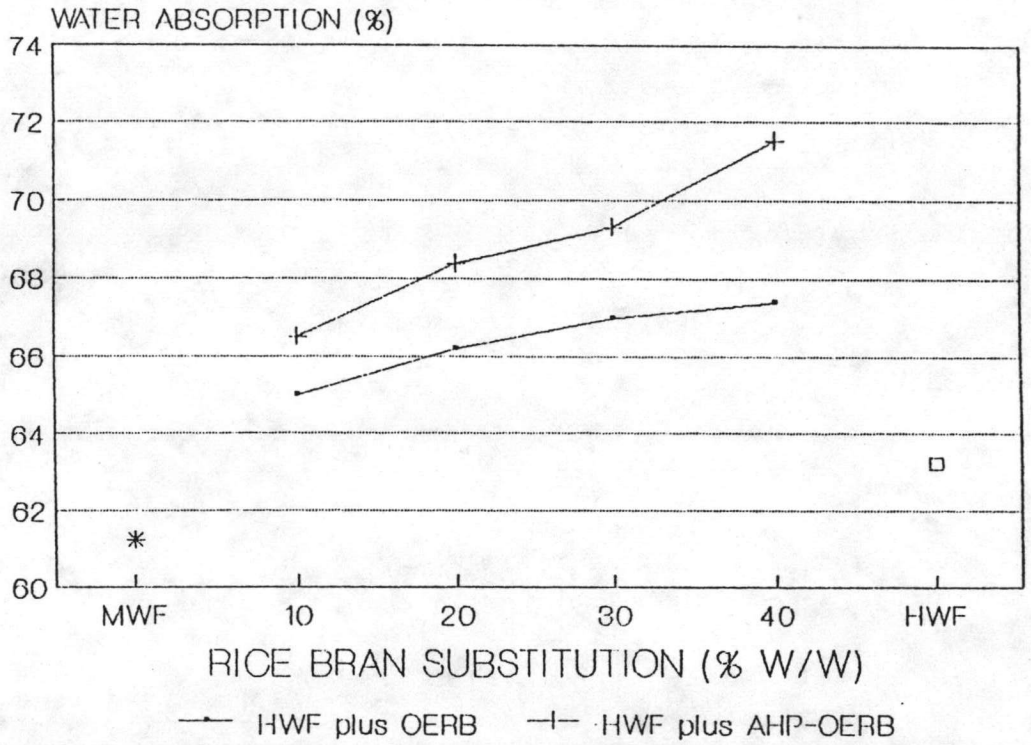
Properties	Types of flour						
	MWF	HWF	AHP-OERB (% flour basis)				
			10	20	30	40	50
Farinogram :							
Water absorption (%)	61.2	63.2	66.5	68.4	69.3	71.5	-*
Dough development time (min.)	2.0	13.0	18.0	18.7	20.0	30.0	-
Dough stability (min.)	8.0	28.5	32.5	38.5	46.5	56.0	-
Mixing tolerance index (B.U.)	50.0	10.0	20.0	15.0	10.0	5.0	-
Extensigram (45 min.) :							
Resistance to extension at maximum height (B.U.)	410.0	520.0	740.0	890.0	950.0	>1000	-
Resistance to extension at 5 cm. (B.U.)	290.0	325.0	630.0	830.0	860.0	980.0	-
Extensibility (mm.)	178.0	217.0	225.0	242.0	258.0	270.0	-

* วัดค่าไม่ได้ เนื่องจากปริมาณรำข้าวมากเกินกว่าที่จะผสมกับแป้งสาลีจนเกิดเป็นโด

MWF = medium wheat flour

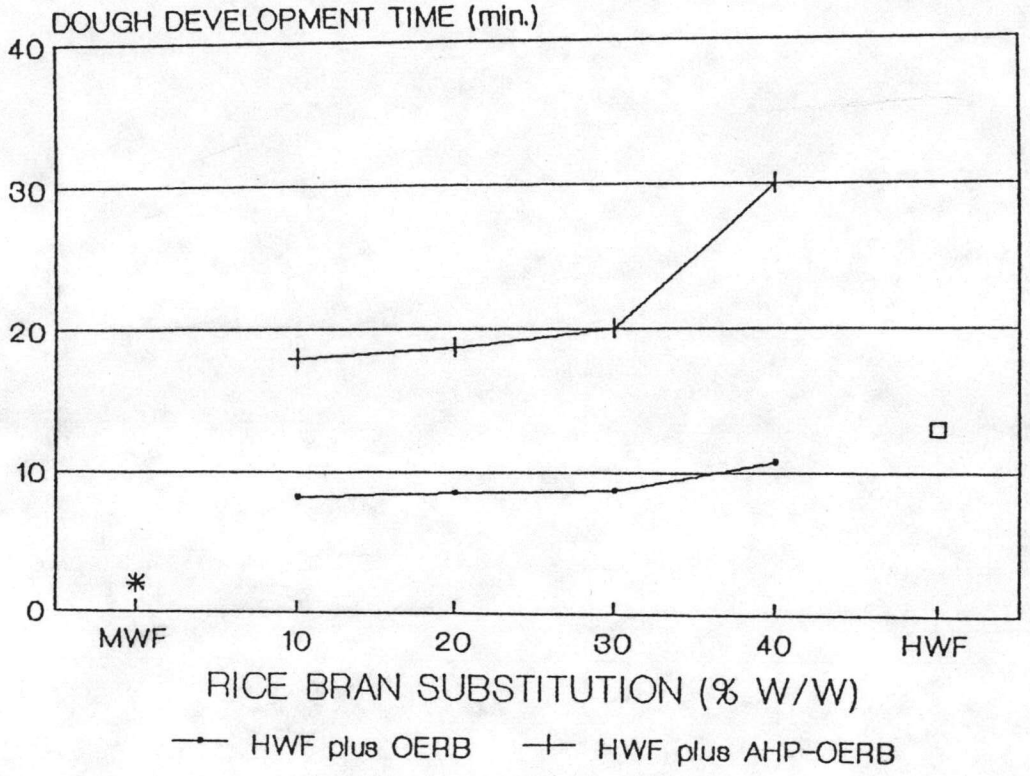
HWF = hard wheat flour

ค่าการดูดซึมน้ำ เวลาที่ใช้ในการผสม ค่าความคงตัวของโด และดัชนีความอ่อนตัวของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ที่อ่านได้จาก Farinogram ในตารางที่ 13 และ 14 แสดงในรูปกราฟเส้น ดังรูปที่ 7, 8, 9 และ 10 ดังนี้



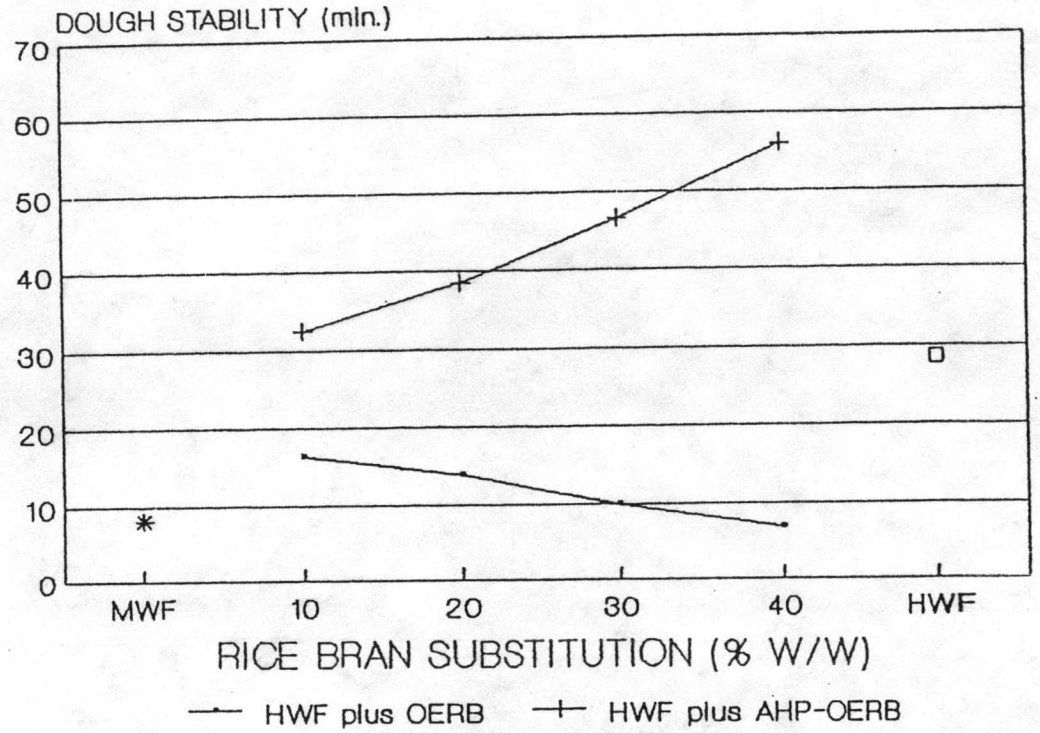
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำของแป้งสาลี และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากข้อมูลการดูดซึมน้ำพบว่า แป้งสาลีทำขนมปัง (HWF) มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ (MWF) เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าสูงกว่าแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ที่ทุกระดับการทดแทนรำข้าว



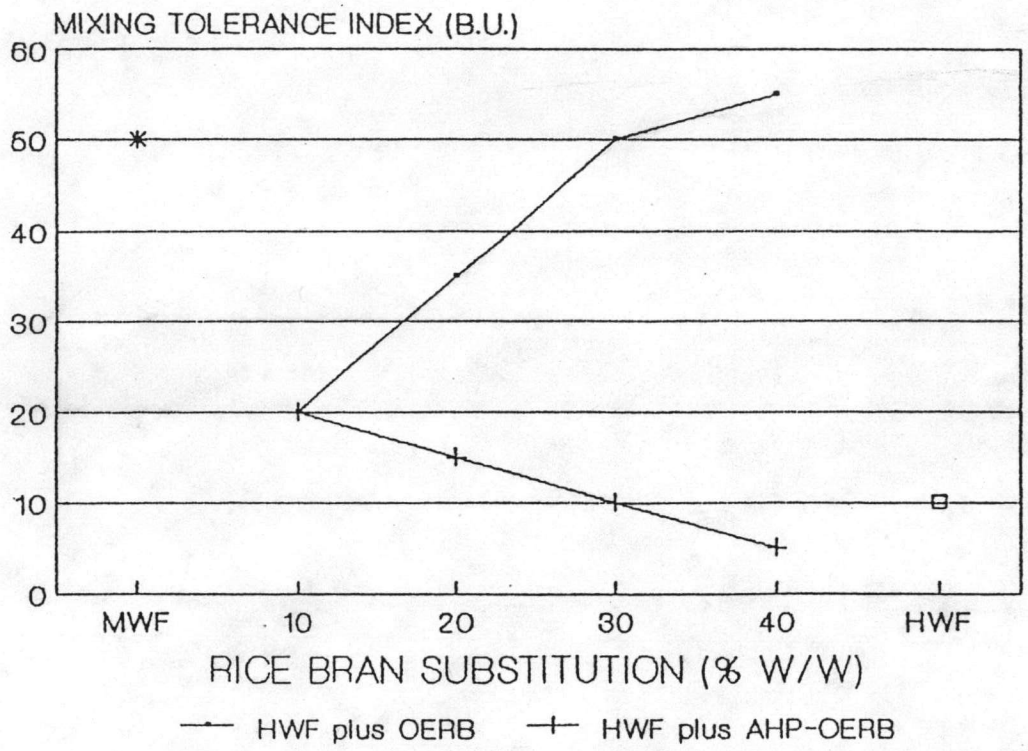
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการผสมของแป้งสาลี และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผสม พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีเวลาที่ใช้ในการผสมมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการผสมมีแนวโน้มสูงขึ้น และเวลาที่ใช้ในการผสมของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าสูงกว่าแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ที่ทุกระดับการทดแทนรำข้าว



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคงตัวของโดของแป้งสาลี และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

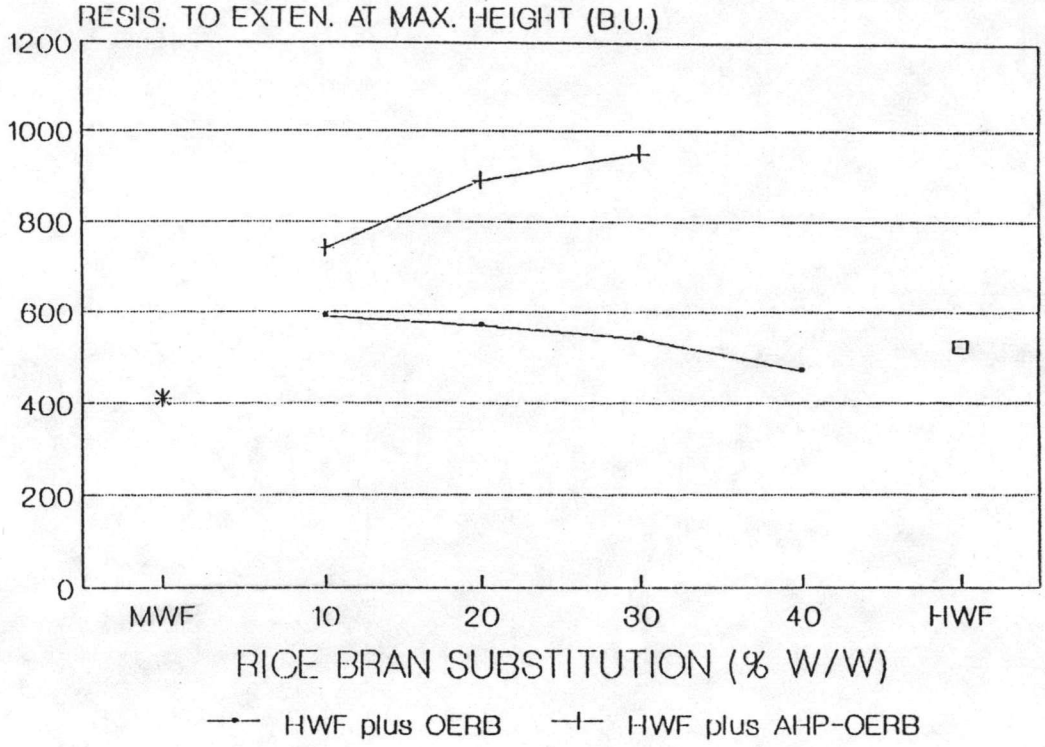
จากข้อมูลค่าความคงตัวของโด พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าความคงตัวของโดสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มของค่าความคงตัวของโดสูงขึ้น ในขณะที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มลดลง



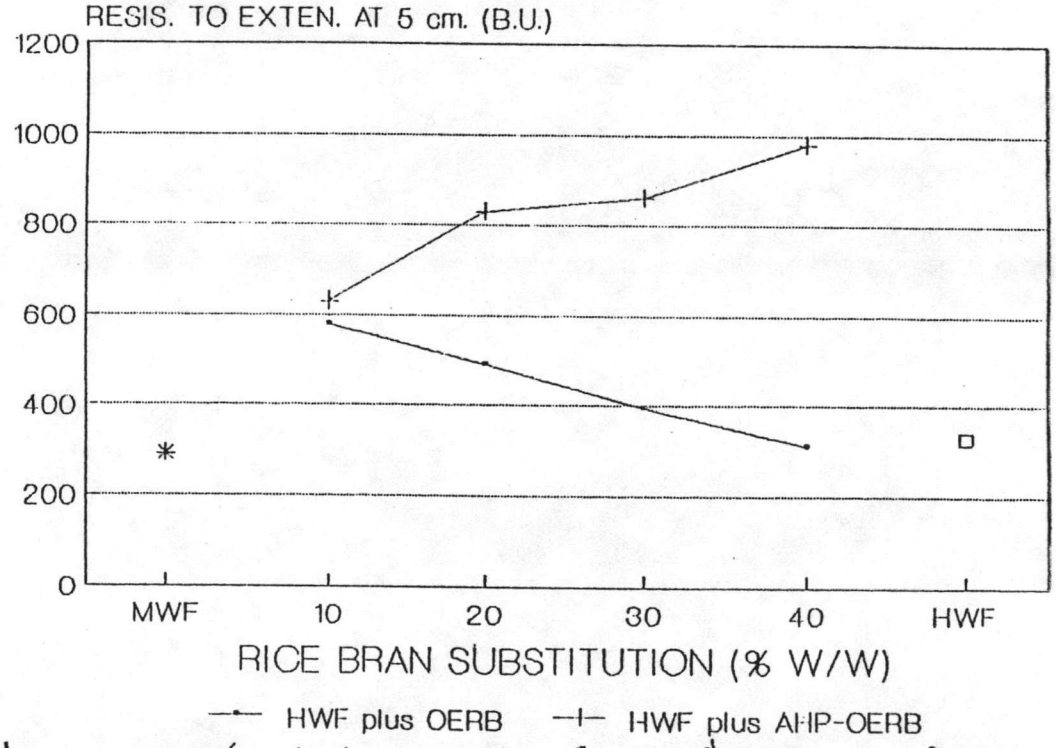
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความอ่อนตัวของแป้งสาลี และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากข้อมูลค่าดัชนีความอ่อนตัว พบว่า แป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าดัชนีความอ่อนตัวสูงกว่าแป้งสาลีทำขนมปัง เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มของค่าดัชนีความอ่อนตัวสูงขึ้น ในขณะที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มลดลง

ส่วนค่าความยืดและค่าความคงทนต่อแรงยืดของโด ที่อ่านได้จาก Extensigram ในตารางที่ 13 และ 14 แสดงในรูปกราฟเส้น ดังรูปที่ 11, 12 และ 13 ดังนี้

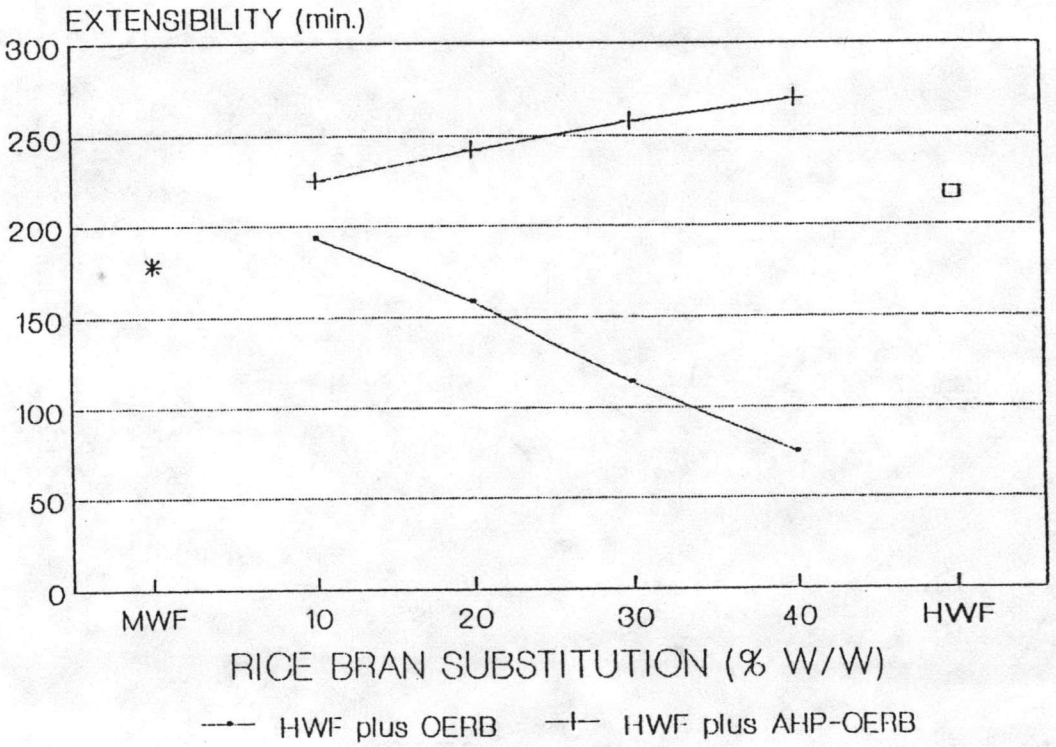


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคงทนต่อแรงยืดของโดที่ตำแหน่งสูงสุดของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคงทนต่อแรงยืดของโด ที่ระยะทาง 5 เซนติเมตร ของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากข้อมูลค่าความคงทนต่อแรงยืดของโด ที่ตำแหน่งสูงสุด และที่ระยะทาง 5 เซนติเมตร พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าความคงทนต่อแรงยืดของโดสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มของค่าความคงทนต่อแรงยืดของโดเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดของโดของแป้งสาลี และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากข้อมูลค่าความยืดของโด พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าความยืดของโดสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เมื่อพิจารณาแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวพบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีแนวโน้มของค่าความยืดของโดเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB มีแนวโน้มลดลง

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ตามข้อ 3.1 โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใย ปริมาณใยอาหารรวม และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ได้ผลแสดงดังตารางที่ 15, 16 และ 17 ดังนี้

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีอเนกประสงค์ (medium wheat flour, MWF) และแป้งสาลีทำขนมปัง (hard wheat flour, HWF)

Chemical compositions (% dry basis)	Types of flour	
	MWF	HWF
moisture	13.53 ± 0.16	13.65 ± 0.22
protein (Nx5.7)	11.52 ± 0.30	16.23 ± 0.06
fat	1.19 ± 0.18	1.71 ± 0.10
ash	0.50 ± 0.03	0.59 ± 0.03
fiber, crude	0.32 ± 0.06	0.67 ± 0.02
fiber, TDF*	0.62 ± 0.05	2.19 ± 0.12
carbohydrate	86.17 ± 0.01	79.28 ± 0.13

*Total dietary fiber

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีอเนกประสงค์และแป้งสาลีทำขนมปัง พบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และใยอาหารรวม สูงกว่าในขณะที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ส่วนปริมาณความชื้นและเถ้าของแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยที่แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าสูงกว่าเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Chemical compositions (% dry basis)	OERB (% flour basis)			
	10	20	30	40
moisture	13.22±0.06	12.84±0.07	12.45±0.08	12.11±0.03
protein (Nx6.25)	16.31±0.10	16.45±0.09	16.56±0.12	16.74±0.08
fat	1.59±0.03	1.48±0.04	1.39±0.03	1.27±0.06
ash	1.62±0.03	2.65±0.06	3.71±0.05	4.76±0.06
fiber, crude	1.32±0.01	2.08±0.02	2.79±0.06	3.51±0.05
fiber, TDF*	3.40±0.03	4.63±0.06	5.85±0.06	7.10±0.06
carbohydrate	77.08±0.08	74.79±0.10	72.49±0.11	70.13±0.10

* Total dietary fiber

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใย และใยอาหารรวม เพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนปริมาณความชื้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง โดยที่ปริมาณความชื้นและไขมันลดลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 17 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Chemical compositions (% dry basis)	AHP-OERB (% flour basis)			
	10	20	30	40
moisture	13.59±0.09	13.44±0.04	13.30±0.02	13.23±0.06
protein (Nx6.25)	16.88±0.12	17.45±0.11	17.97±0.05	18.57±0.09
fat	1.71±0.06	1.67±0.06	1.64±0.09	1.61±0.10
ash	1.48±0.06	2.30±0.03	3.18±0.07	4.03±0.03
fiber, crude	2.44±0.06	4.20±0.08	5.91±0.05	7.69±0.11
fiber, TDF*	7.87±0.05	13.53±0.06	19.21±0.08	24.83±0.04
carbohydrate	72.06±0.08	65.05±0.09	58.00±0.09	50.96±0.01

* Total dietary fiber

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใย และใยอาหารรวม เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง โดยที่ปริมาณความชื้นและไขมันลดลงเพียงเล็กน้อย

3.3 คำนวณหาค่าพลังงาน (Energy Content) ของแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว ในอัตราส่วนต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 18 และ 19 ดังนี้

ตารางที่ 18 ค่าพลังงานของแป้งสาลีอเนกประสงค์ (medium wheat flour, MWF) และแป้งสาลีทำขนมปัง (hard wheat flour, HWF)

Types of flour	Energy Content (Cal/g)
MWF	3.30
HWF	3.28

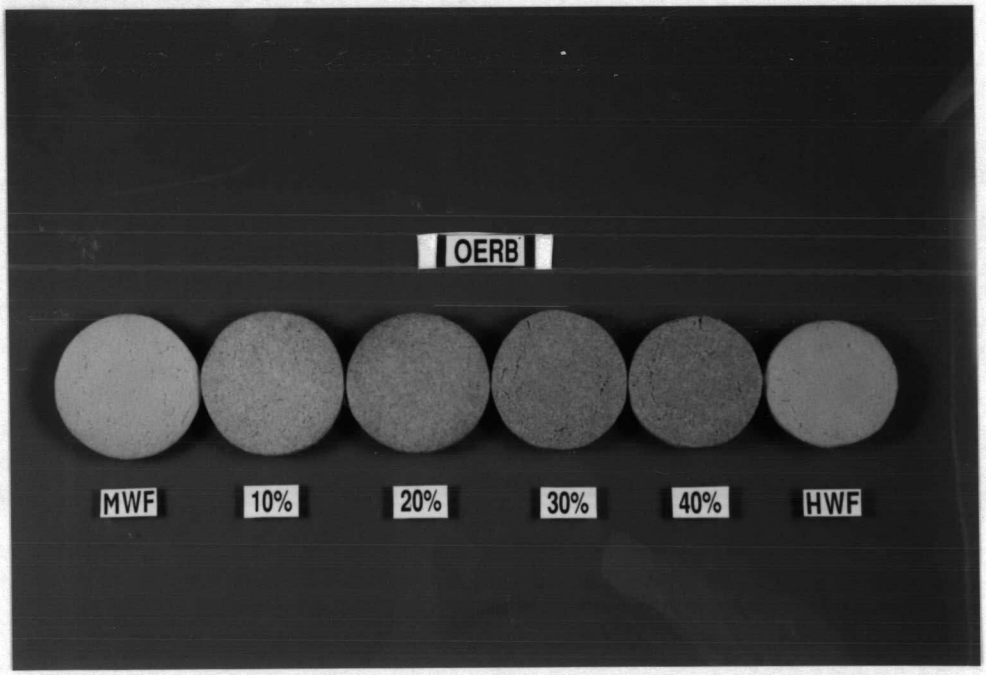
ผลจากการคำนวณค่าพลังงานพบว่า แป้งสาลีทำขนมปังมีค่าพลังงานต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์เพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 19 ค่าพลังงานของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

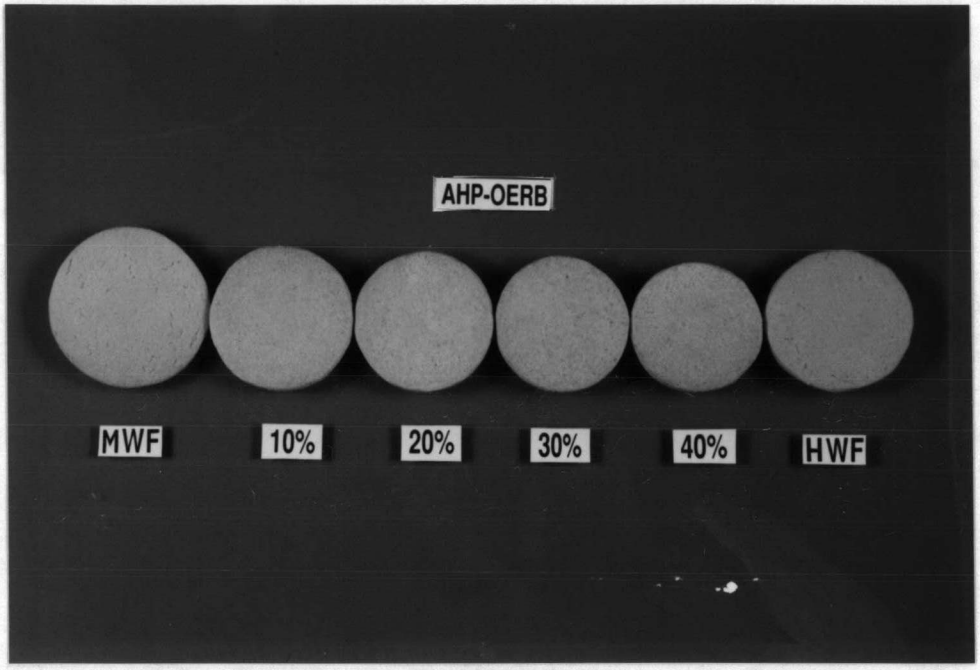
Rice bran substitution (% w/w)	Energy content of composite flour (Cal/g)	
	OERB	AHP-OERB
10	2.79	2.63
20	2.73	2.43
30	2.68	2.22
40	2.62	2.02

ผลจากการคำนวณค่าพลังงานของแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีค่าพลังงานลดลง โดยที่แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานลดลงมากกว่าแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB เมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนเดียวกัน

3.4 ศึกษาการทดสอบทำคุกกี้ (Baking Performance Test) เพื่อประเมินคุณภาพของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี โดยวัดค่าความกว้าง (w) ความหนา (T) และคำนวณค่า spread factor (W/T) ได้ผลแสดงดังรูปที่ 14 และ 15 และข้อมูลแสดงดังตารางที่ 20 และ 21 ดังนี้



รูปที่ 14 ลักษณะการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี



รูปที่ 15 ลักษณะการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี

ตารางที่ 20 ความกว้าง ความหนา และ spread factor ของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Types of flour (% flour basis)	Width (W) mm.		Thickness (T) mm.		Spread Factor (W/T)		$\overline{(W/T)}$
	W_1	W_2	T_1	T_2	W_1/T_1	W_2/T_2	
100% MWF	71.3	71.5	9.5	9.4	7.50	7.61	7.56[a]
10% OERB	70.0	70.5	9.4	9.3	7.45	7.58	7.52[a]
20% OERB	70.4	70.8	9.6	9.5	7.33	7.45	7.39[a]
30% OERB	69.0	69.5	9.5	9.5	7.26	7.31	7.29[ab]
40% OERB	68.7	68.3	10.0	10.1	6.87	6.76	6.82[b]
100% HWF	67.2	66.7	10.7	10.9	6.28	6.12	6.20[c]

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากข้อมูลของ spread factor ในตารางที่ 20 พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน มีค่า spread factor สูงที่สุด ส่วนคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังล้วน มีค่าต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น คุกกี้ที่ได้มีค่า spread factor ลดลง

คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ให้ค่า spread factor ไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 21 ความกว้าง ความหนา และ spread factor ของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีและแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Types of flour (% flour basis)	Width (W) mm.		Thickness (T) mm.		Spread Factor (W/T)		$(\overline{W/T})$
	W_1	W_2	T_1	T_2	W_1/T_1	W_2/T_2	
100% MWF	71.3	71.5	9.5	9.4	7.50	7.61	7.56^{a}
10% AHP-OERB	68.3	68.2	11.6	11.7	5.89	5.83	5.86^{bc}
20% AHP-OERB	66.2	66.3	11.6	11.7	5.71	5.76	5.74^{cd}
30% AHP-OERB	66.0	66.2	12.2	12.2	5.41	5.43	5.42^{de}
40% AHP-OERB	64.5	64.8	12.4	12.3	5.20	5.27	5.24^{e}
100% HWF	67.2	66.7	10.7	10.9	6.28	6.12	6.20^{b}

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากข้อมูลของ spread factor ในตารางที่ 21 พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วนมีค่า spread factor สูงที่สุด ส่วนคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังล้วน มีค่ารองลงมา และเมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น คุกกี้ที่ได้มีค่า spread factor ลดลง และมีความแตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ศึกษาผลของการใช้แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ตามข้อ 3.1 ในการผลิตคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง (high-fiber cookies)

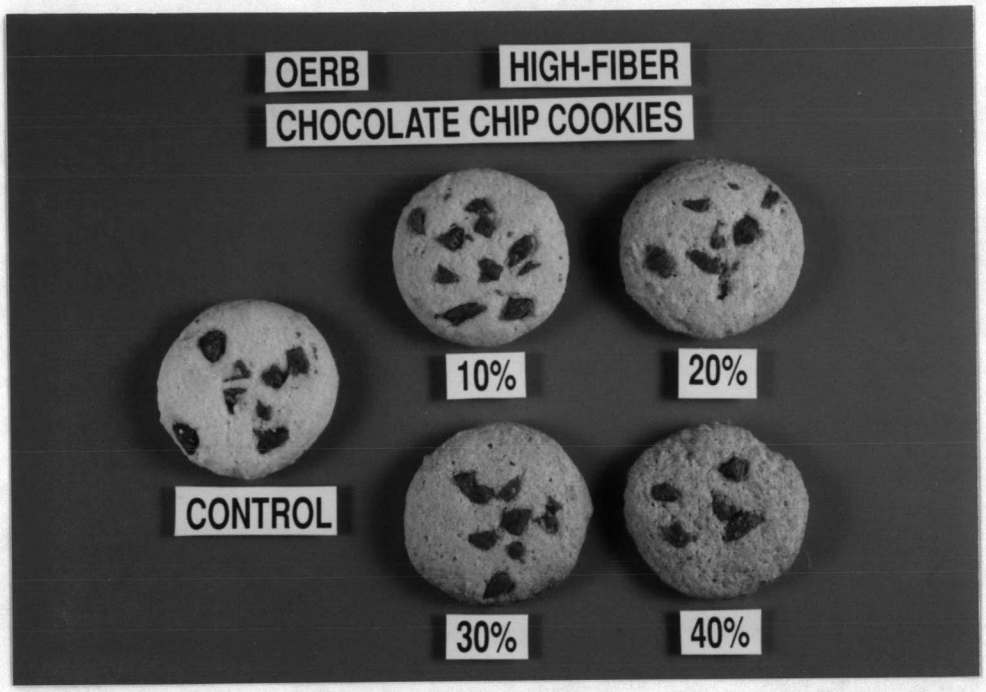
4.1 ทดลองผลิตคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง โดยใช้แป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน (สูตรควบคุม) ตามสูตรดังตารางที่ 22 และตารางที่ 23 คุกกี้ที่ผลิตได้แสดงดังรูปที่ 16 และรูปที่ 17 ดังนี้

ตารางที่ 22 สูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Ingredients (% flour basis)	Control	OERB (% flour basis)			
		10	20	30	40
Flour					
MWF	100.0	-	-	-	-
HWF	-	90.0	80.0	70.0	60.0
OERB	-	10.0	20.0	30.0	40.0
Baking soda	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Shortening	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Butter	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Granulated sugar	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Whole fresh eggs	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Butter flavor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Chocolate chip	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Water	-	3.0	6.0	9.0	12.0

ตารางที่ 23 สูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Ingredients (% flour basis)	Control	AHP-OERB (% flour basis)			
		10	20	30	40
Flour					
MWF	100.0	-	-	-	-
HWF	-	90.0	80.0	70.0	60.0
AHP-OERB	-	10.0	20.0	30.0	40.0
Baking soda	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Shortening	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Butter	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Granulated sugar	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Whole fresh eggs	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Butter flavor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Chocolate chip	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Water	-	2.0	4.0	6.0	8.0



รูปที่ 16 ลักษณะของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

รูปที่ 17 ลักษณะของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ

4.2 คำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน แสดงผลดังตารางที่ 24 และตารางที่ 25 ดังนี้

ตารางที่ 24 ค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

Values per 15 g cookie	Types of cookie				
	Control (100% MWF)	OERB (% flour basis)			
		10	20	30	40
Energy (Calories)	70.3	67.6	67.3	67.0	66.7
Total Dietary Fiber (g)	0.03	0.18	0.22	0.26	0.30

ตารางที่ 25 ค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

Values per 15 g cookie	Types of cookie				
	Control (100% MWF)	AHP-OERB (% flour basis)			
		10	20	30	40
Energy (Calories)	70.3	66.8	65.7	64.6	63.5
Total Dietary Fiber (g)	0.03	0.40	0.70	1.00	1.30

จากผลการคำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวม พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน มีค่าพลังงานสูงที่สุด แต่มีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คุกกี้จะมีค่าพลังงานลดลง ในขณะที่ปริมาณใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนรำข้าวเดียวกัน พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานต่ำกว่า แต่มีปริมาณใยอาหารรวมสูงกว่าคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB

4.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน แสดงผลดังตารางที่ 26 และตารางที่ 27 ดังนี้

ตารางที่ 26 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

OERB	Mean score of sensory evaluation				
(% flour basis)	color (10)	flavor (10)	taste (10)	texture (10)	total score (40)
0	$7.84^{a}\pm1.58$	$8.17^{a}\pm1.46$	$7.83^{a}\pm1.42$	$7.97^{a}\pm1.14$	$31.80^{a}\pm4.73$
10	$7.27^{a}\pm0.82$	$7.87^{a}\pm1.35$	$7.97^{ab}\pm0.81$	$7.57^{ab}\pm0.98$	$30.73^{a}\pm2.96$
20	$6.63^{a}\pm1.69$	$6.30^{b}\pm1.64$	$6.87^{b}\pm1.50$	$6.90^{bc}\pm1.60$	$26.70^{b}\pm4.89$
30	$6.67^{ab}\pm2.20$	$6.27^{b}\pm1.62$	$6.97^{bc}\pm0.99$	$6.50^{c}\pm1.32$	$26.40^{b}\pm4.77$
40	$5.80^{b}\pm2.01$	$5.57^{b}\pm1.95$	$6.57^{c}\pm1.70$	$6.77^{c}\pm1.26$	$24.63^{b}\pm4.97$

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง แต่คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสี กลิ่นรส และคะแนนรวม ไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 27 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิน ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

AHP-OERB	Mean score of sensory evaluation				
(% flour basis)	color^{ns} (10)	flavor (10)	taste (10)	texture (10)	total score (40)
0	7.17±1.65	7.83^{a}±0.84	7.97^{a}±0.72	7.83^{a}±0.79	30.80^{a}±3.09
10	7.47±0.91	7.70^{a}±0.59	7.87^{a}±0.55	7.84^{a}±0.68	30.87^{a}±1.24
20	7.09±1.16	7.37^{b}±0.67	7.23^{b}±1.03	7.27^{a}±0.70	28.95^{b}±2.11
30	6.80±1.21	6.13^{b}±0.74	6.07^{c}±0.56	6.40^{b}±0.98	25.40^{c}±2.38
40	6.67±1.11	5.30^{b}±1.10	5.83^{c}±0.79	5.77^{b}±1.29	23.83^{d}±2.63

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง แต่คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ถึง 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านรสชาติและคะแนนรวม ไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4 ประเมินความแข็ง (hardness) ของคุกกี้ โดยวัดค่าแรงต้านการเจาะ (probe resistance) แสดงผลดังตารางที่ 28 และตารางที่ 29 ดังนี้

ตารางที่ 28 ค่าแรงต้านการเจาะของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

OERB (% flour basis)	Probe resistance (Newton)		
	F_1*	F_2*	$\bar{F}$
0	19.2	20.8	$20.0^{a} \pm 1.13$
10	27.2	26.4	$26.8^{b} \pm 0.57$
20	28.4	29.0	$28.7^{b} \pm 0.42$
30	29.2	31.4	$30.3^{b} \pm 1.56$
40	36.0	35.2	$35.6^{c} \pm 0.57$

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 6 ชิ้น

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินความแข็งโดยวัดค่าแรงต้านการเจาะ พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะจะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 (โดยน้ำหนักแป้ง) ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 29 ค่าแรงต้านการเจาะของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

AHP-OERB (% flour basis)	Probe resistance (Newton)		
	F_1*	F_2*	$\bar{F}$
0	19.2	20.8	$20.0^a \pm 1.13$
10	30.8	28.0	$29.4^b \pm 1.96$
20	36.0	33.2	$34.6^c \pm 1.98$
30	39.6	38.0	$38.8^d \pm 1.13$
40	44.8	43.2	$44.0^e \pm 1.13$

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 6 ชิ้น

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

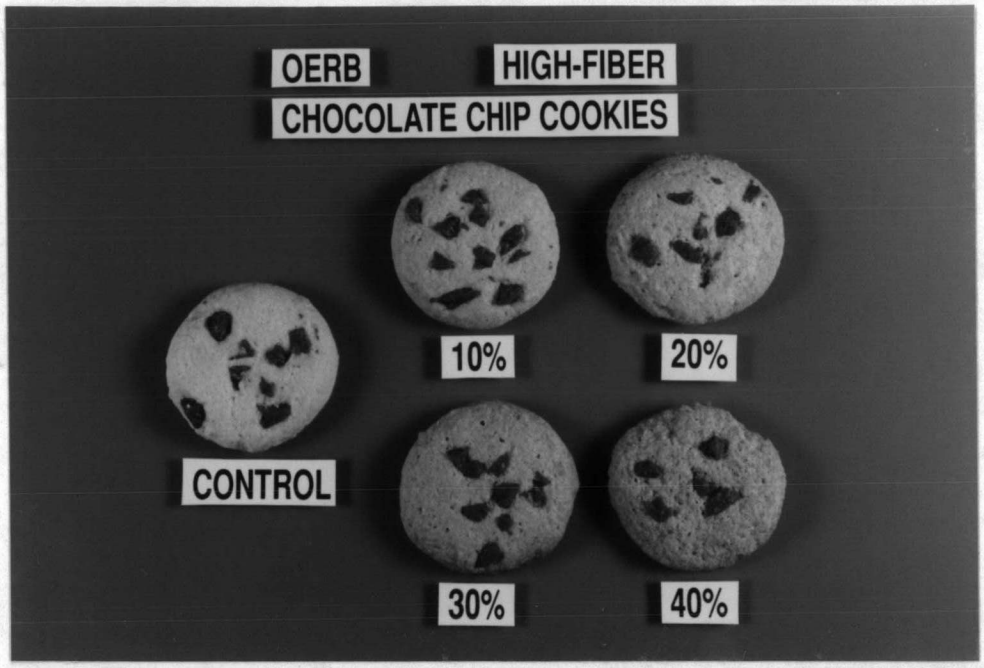
จากผลการประเมินความแข็งโดยวัดค่าแรงต้านการเจาะ พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB พบว่า ที่ทุกระดับการทดแทนรำข้าวที่เพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะจะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมัน เพื่อลดค่าพลังงานในคุกกี้ชนิดใยอาหารสูง

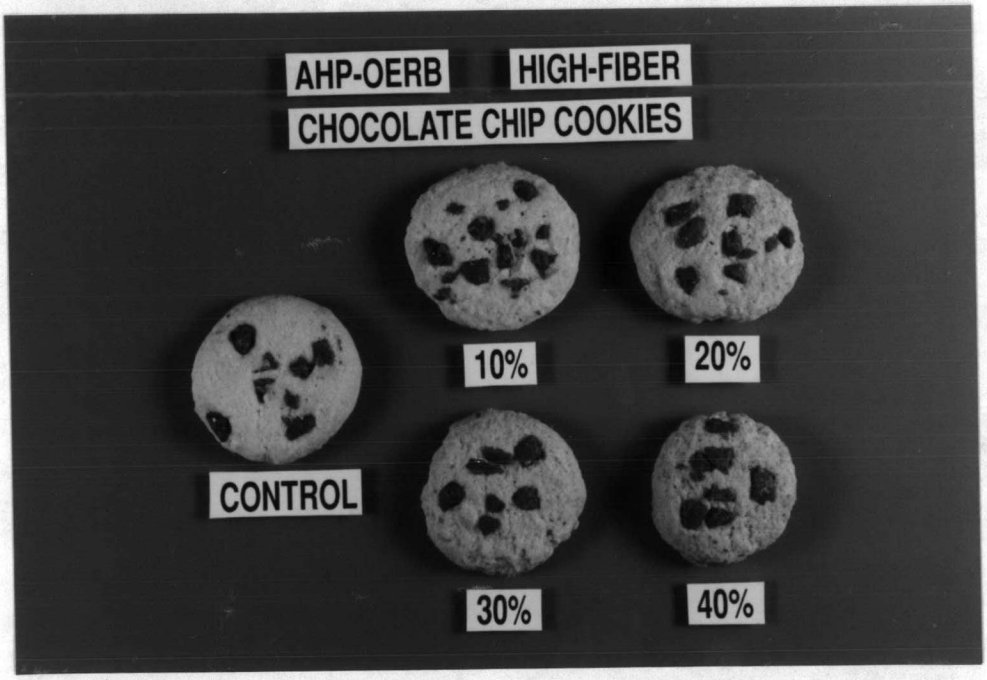
5.1 ทดลองผลิตคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ (high-fiber, low-calorie chocolate chip cookies) โดยใช้สารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 gel 20% (w/w) ทดแทนส่วนของไขมันในสูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงที่ดีที่สุดจากข้อ 4.1 โดยแปรปริมาณสารทดแทนไขมัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) ตามสูตรดังตารางที่ 30 และคุกกี้ที่ผลิตได้แสดงดังรูปที่ 18 และรูปที่ 19 ดังนี้

ตารางที่ 30 สูตรคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ

Ingredients	Control	PASELLI SA2 (% fat basis)		
(% flour basis)	(10% rice bran)	40	50	60
Flour				
HWF	90.0	90.0	90.0	90.0
OERB or AHP-OERB	10.0	10.0	10.0	10.0
Baking soda	1.5	1.5	1.5	1.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Shortening	35.0	21.0	17.5	14.0
Butter	40.0	24.0	20.0	16.0
PASELLI SA2 gel (20%)	-	30.0	37.5	45.0
Granulated sugar	65.0	65.0	65.0	65.0
Whole fresh eggs	25.0	25.0	25.0	25.0
Butter flavor	1.0	1.0	1.0	1.0
Chocolate chip	15.0	15.0	15.0	15.0



รูปที่ 18 ลักษณะของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 19 ลักษณะของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 คำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ แสดงผลดังตารางที่ 31 และตารางที่ 32

ตารางที่ 31 ค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Values per 15 g cookie	Types of cookie			
	Control	PASELLI SA2 (% fat basis)		
	(10% OERB)	40	50	60
Energy (Calories)	67.6	55.7	52.7	49.7
Total Dietary Fiber (g)	0.18	0.18	0.18	0.18

จากผลการคำนวณค่าพลังงาน พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 มีค่าพลังงานสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานของคุกกี้ลดลง

จากผลการคำนวณปริมาณใยอาหารรวมพบว่า ทั้งคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง และคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ต่างก็มีปริมาณใยอาหารรวมเท่ากัน

ตารางที่ 32 ค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

Values per 15 g cookie	Types of cookie			
	Control	PASELLI SA2 (% fat basis)		
	(10% AHP-OERB)	40	50	60
Energy (Calories)	66.8	54.9	51.9	48.9
Total Dietary Fiber (g)	0.40	0.40	0.40	0.40

จากผลการคำนวณค่าพลังงาน พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 มีค่าพลังงานสูงที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานของคุกกี้ลดลง

จากผลการคำนวณปริมาณใยอาหารรวมพบว่า ทั้งคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง และคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ต่างก็มีปริมาณใยอาหารรวมเท่ากัน

5.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ แสดงผลดังตารางที่ 33 และตารางที่ 34 ดังนี้

ตารางที่ 33 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PASELLI SA2	Mean score of sensory evaluation				
(% fat basis)	color (10)	flavor (10)	taste (10)	texture (10)	total score (40)
0	$8.00^{a}\pm1.13$	$8.23^{a}\pm1.05$	$8.07^{a}\pm1.03$	$8.13^{a}\pm1.60$	$32.43^{a}\pm3.54$
40	$7.80^{ab}\pm1.37$	$8.20^{a}\pm1.15$	$7.83^{a}\pm1.62$	$7.93^{a}\pm1.87$	$31.77^{a}\pm4.81$
50	$7.67^{b}\pm1.17$	$7.90^{a}\pm0.97$	$7.77^{a}\pm0.90$	$7.40^{a}\pm1.59$	$30.73^{a}\pm3.07$
60	$8.07^{a}\pm1.10$	$6.73^{b}\pm1.33$	$6.67^{b}\pm1.45$	$4.00^{b}\pm1.65$	$25.00^{b}\pm3.95$

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดแทนทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพในอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง ยกเว้นคุกกี้ที่ทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนรวมไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 34 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PASELLI SA2	Mean score of sensory evaluation				
(% fat basis)	color^{ns} (10)	flavor (10)	taste (10)	texture (10)	total score (40)
0	7.80±1.42	8.13^{a}±1.17	8.53^{a}±1.06	8.73^{a}±0.96	33.20^{a}±3.45
40	7.40±1.07	8.00^{a}±1.13	8.93^{a}±0.88	8.67^{a}±1.17	33.00^{a}±2.98
50	7.63±1.01	7.47^{a}±1.04	8.30^{a}±1.31	8.07^{a}±0.07	32.77^{a}±3.42
60	7.40±1.68	6.40^{b}±1.12	6.73^{b}±1.67	3.03^{b}±1.65	22.23^{b}±3.06

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน PASELLI SA2 ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งคะแนนรวมลดลง

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนรวม ไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.4 ประเมินความแข็ง (hardness) ของคุกกี้โดยวัดค่าแรงต้านการเจาะ (probe resistance) แสดงผลดังตารางที่ 35 และตารางที่ 36 ดังนี้

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PASELLI SA2 (% fat basis)	Probe resistance (Newton)		
	F_1*	F_2*	$\bar{F}$
0	27.2	26.4	$26.8^a \pm 0.57$
40	33.6	35.2	$34.4^b \pm 1.13$
50	43.2	44.0	$43.6^c \pm 0.57$
60	76.3	79.2	$77.8^d \pm 2.05$

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 6 ชิ้น

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินความแข็งโดยวัดค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะ พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน ให้ค่าแรงต้านการเจาะน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะจะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะของคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PASELLI SA2 (% fat basis)	Probe resistance (Newton)		
	F_1*	F_2*	$\bar{F}$
0	30.8	28.0	$29.4^{a} \pm 1.98$
40	46.4	45.6	$46.0^{b} \pm 0.57$
50	55.4	56.0	$55.7^{c} \pm 0.42$
60	84.8	86.4	$85.6^{d} \pm 1.13$

* ข้อมูลเฉลี่ยจาก 6 ชิ้น

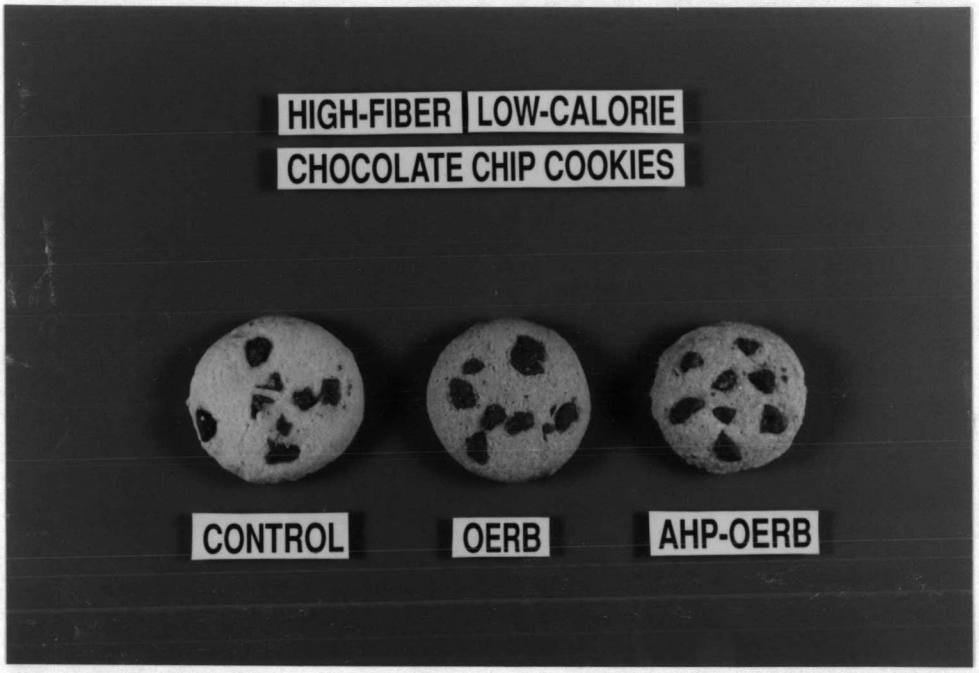
a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินความแข็งโดยวัดค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะ พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน ให้ค่าแรงต้านการเจาะน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย

PASELLI SA2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะจะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

และเมื่อพิจารณาที่ระดับการทดแทนสารทดแทนไขมันเดียวกัน พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ให้ค่าเฉลี่ยแรงต้านการเจาะสูงกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB

6. ผลการประเมินคุณภาพของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ จากสูตรที่ดีที่สุด ที่คัดเลือกแล้วจากข้อ 5 เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน แสดงดังรูปที่ 20 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 37 ดังนี้



รูปที่ 20 ลักษณะของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

ตารางที่ 37 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ในอัตราส่วนร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

Types of cookie	Mean score of sensory evaluation				
	color^{ns} (10)	flavor (10)	taste^{ns} (10)	texture (10)	total score (40)
100% MWF	7.73±1.28	8.67^{a}±1.11	8.29±0.08	7.93^{b}±0.59	33.43^{a}±3.06
10% OERB & 50% PASELLI SA2	7.93±1.10	8.07^{b}±0.88	8.37±1.14	8.57^{a}±1.29	32.37^{ab}±2.04
10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2	8.00±0.92	8.00^{b}±0.84	8.27±1.21	8.27^{ab}±0.88	31.77^{b}±3.29

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรส และคะแนนรวมสูงที่สุด คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีและรสชาติไม่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจาก

แป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจากคุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด ได้คะแนนเฉลี่ยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำนวณค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน แสดงผลดังตารางที่ 38 ดังนี้

ตารางที่ 38 ค่าพลังงานและปริมาณใยอาหารรวมของคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB และแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB ร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทดแทนไขมันด้วย PASELLI SA2 ร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) เปรียบเทียบกับคุกกี้ชอคโกแลตชิพ ที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน

values per 15 g cookie	Types of cookie		
	Control (100% MWF)	10% OERB & 50% PASELLI SA2	10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2
Energy (Calories)	70.3	52.7	51.9
Total Dietary Fiber (g)	0.03	0.18	0.40

จากผลการคำนวณ พบว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน มีค่าพลังงานสูงที่สุด และมีปริมาณใยอาหารรวมน้อยที่สุด คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว AHP-OERB มีค่าพลังงานต่ำกว่า แต่มีปริมาณใยอาหารรวมสูงกว่า คุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ที่ทำจากแป้งสาลีทำขนมปังผสมรำข้าว OERB

7. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า Peroxide Value และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของคุกกี้ช็อคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรี่ต่ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในถุง polyethylene และถุง metallized film แสดงผลดังตารางที่ 39, 40 และ 42 ดังนี้

ตารางที่ 39 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน

Packaging	Duration (month)	Types of cookie		
		Control (100% MWF)	10% OERB & 50% PASELLI SA2	10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2
Metallized film bag	0	$6.65^{a}\pm0.05$	$6.58^{a}\pm0.04$	$6.62^{a}\pm0.01$
	1	$6.69^{ab}\pm0.05$	$6.64^{a}\pm0.03$	$6.71^{a}\pm0.04$
	2	$6.83^{cd}\pm0.02$	$6.83^{b}\pm0.03$	$6.90^{bc}\pm0.03$
	3	$6.94^{de}\pm0.03$	$6.95^{c}\pm0.01$	$6.97^{c}\pm0.02$
Polyethylene bag	0	$6.65^{a}\pm0.05$	$6.58^{a}\pm0.04$	$6.62^{a}\pm0.01$
	1	$6.80^{bc}\pm0.08$	$6.78^{b}\pm0.02$	$6.80^{ab}\pm0.06$
	2	$6.98^{e}\pm0.07$	$7.03^{d}+0.06$	$7.01^{c}\pm0.14$
	3	$7.32^{f}\pm0.04$	$7.29^{e}\pm0.04$	$7.31^{d}\pm0.10$

a,b,... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น คุกกี้ช็อคโกแลตชิพทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polyethylene มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นคุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film และเก็บเป็นเวลา 1 เดือน มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างจากเมื่อเวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 40 ค่า POV (mg/kg ของไขมันในตัวอย่าง) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน

Packaging	Duration (month)	Types of cookie		
		Control (100% MWF)	10% OERB & 50% PASELLI SA2	10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2
Metallized film bag	0	$4.16^{a} \pm 0.05$	$4.26^{a} \pm 0.04$	$4.49^{a} \pm 0.03$
	1	$4.33^{ab} \pm 0.06$	$4.68^{b} \pm 0.05$	$5.16^{b} \pm 0.06$
	2	$4.45^{b} \pm 0.05$	$4.85^{bc} \pm 0.05$	$5.21^{bc} \pm 0.04$
	3	$4.63^{c} \pm 0.06$	$5.02^{c} \pm 0.08$	$5.32^{cd} \pm 0.05$
Polyethylene bag	0	$4.16^{a} \pm 0.05$	$4.26^{a} \pm 0.04$	$4.49^{a} \pm 0.03$
	1	$5.08^{d} \pm 0.13$	$5.07^{c} \pm 0.10$	$5.42^{d} \pm 0.05$
	2	$6.90^{e} \pm 0.04$	$7.38^{d} \pm 0.08$	$8.99^{e} \pm 0.33$
	3	$8.59^{f} \pm 0.06$	$8.97^{e} \pm 0.18$	$9.73^{f} \pm 0.13$

a,b... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่า POV พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นค่า POV ของคุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polyethylene มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 41 คะแนนเฉลี่ยจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน

Packaging	Duration (month)	Types of cookie		
		Control (100% MWF)	10% OERB & 50% PASELLI SA2	10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2
Metallized film bag	0	$9.67^{a} \pm 0.49$	$9.54^{a} \pm 0.52$	$9.60^{a} \pm 0.51$
	1	$9.60^{ab} \pm 0.51$	$9.47^{a} \pm 0.50$	$9.43^{ab} \pm 0.52$
	2	$9.53^{b} \pm 0.52$	$9.40^{a} \pm 0.51$	$9.27^{b} \pm 0.46$
	3	$9.13^{bc} \pm 0.74$	$8.93^{b} \pm 0.59$	$8.93^{c} \pm 0.70$
Polethylene bag	0	$9.67^{a} \pm 0.49$	$9.54^{a} \pm 0.52$	$9.60^{a} \pm 0.51$
	1	$8.86^{d} \pm 0.35$	$8.73^{b} \pm 0.46$	$8.80^{c} \pm 0.41$
	2	$8.20^{d} \pm 0.56$	$7.93^{c} \pm 0.59$	$8.00^{d} \pm 0.65$
	3	$5.33^{e} \pm 0.72$	$5.07^{d} \pm 0.70$	$4.93^{e} \pm 0.59$

a,b... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 42 คะแนนเฉลี่ยจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน

Packaging	Duration (month)	Types of cookie		
		Control (100% MWF)	10% OERB & 50% PASELLI SA2	10% AHP-OERB & 50% PASELLI SA2
Metallized film bag	0	$9.47^{a}\pm0.52$	$9.66^{a}\pm0.49$	$9.40^{a}\pm0.51$
	1	$9.27^{ab}\pm0.46$	$9.40^{b}\pm0.51$	$9.28^{ab}\pm0.44$
	2	$9.00^{c}\pm0.53$	$9.07^{c}\pm0.45$	$8.87^{c}\pm0.52$
	3	$8.46^{d}\pm0.64$	$8.53^{d}\pm0.66$	$8.33^{d}\pm0.62$
Polyethylene bag	0	$9.47^{a}\pm0.52$	$9.66^{a}\pm0.49$	$9.40^{a}\pm0.51$
	1	$9.06^{bc}\pm0.59$	$9.27^{bc}\pm0.58$	$9.07^{bc}\pm0.60$
	2	$8.27^{d}\pm0.70$	$8.40^{d}\pm0.63$	$8.13^{d}\pm0.74$
	3	$7.00^{e}\pm0.65$	$7.27^{e}\pm0.80$	$7.02^{e}\pm0.63$

a,b... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าคุกกี้ทั้ง 3 ชนิด ที่บรรจุในถุง metallized film และถุง polyethylene ได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บเท่ากัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่บรรจุในถุง polyethylene มีค่าลดลงต่ำกว่าคุกกี้ที่บรรจุในถุง metallized film อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95