

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 การศึกษาเค้าสูตรต้นแบบ

ผลการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับโดยรวมของแบตเตอรี่เค็กแสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นว่าแบตเตอรี่เค็กสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จึงเลือกใช้เป็นเค้าสูตรต้นแบบเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีต่อไป

ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบโดยรวมต่อแบตเตอรี่เค็กสูตรต่างๆ

คะแนนการยอมรับ	สูตรที่ 1 (ครัวไกลบ้าน, 2551)	สูตรที่ 2 (ครัวลูกสน, 2551)	สูตรที่ 3 (สัพเพหระข้างครัว, 2551)
คะแนนความชอบ โดยรวม	7.08 ± 0.23^b	7.33 ± 0.56^b	7.95 ± 0.39^a

^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ แบตเตอรี่เค็ก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ทั้งการวิเคราะห์คุณภาพของส่วนผสมเค็ก และผลิตภัณฑ์เค็กแสดงดังตารางที่ 4.2 ถึง 4.9 และภาพที่ 4.1 ถึง 4.6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การศึกษาคุณภาพของส่วนผสมเค็ก

4.2.1.1 ความคงตัวของอิมัลชัน

ส่วนผสมเค็กเป็นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลชันประกอบด้วย 3 สถานะ คือน้ำ น้ำมัน และอากาศ (ปาริฉัตร, 2545) การใช้แบ่งข้าวสาลีมีผลทำให้ส่วนผสมเค็กที่ได้มีค่าความคงตัวของอิมัลชันลดลง ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงตามลำดับเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้เนื่องจากแบ่งข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี โดยแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17.73 ในขณะที่แบ่งข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 10.14 (ภัทรภณ, 2552)

ซึ่งโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ชนิดหนึ่ง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีในส่วนผสมจะทำให้ปริมาณโปรตีนในส่วนผสมลดลง ส่วนผสมเค้กจึงมีความคงตัวของอิมัลชันลดลงด้วย

4.2.1.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกักเก็บอากาศของส่วนผสมเค้ก โดยค่าความถ่วงจำเพาะที่มากขึ้น หมายถึงส่วนผสมเค้กมีความสามารถในการกักเก็บอากาศไว้ในระบบได้น้อยลง จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลี ทำให้ส่วนผสมเค้กมีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มมากขึ้น นั่นคือส่วนผสมเค้กมีความสามารถในการกักเก็บอากาศลดลง เนื่องจากเมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลี ทำให้ส่วนผสมเค้กที่ได้มีความชื้นหนืดน้อยลง (ภัทรภณ, 2552) ทำให้ฟองอากาศที่อยู่ภายในส่วนผสมเคลื่อนที่ออกจากส่วนผสมได้ง่ายขึ้น และสอดคล้องกับค่าความคงตัวของอิมัลชันที่ลดลง จากผลการวิเคราะห์ส่วนผสมเค้กทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีหลังอบจะมีปริมาตรน้อยกว่าบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมี และกายภาพของส่วนผสมเค็ก และบัตเตอร์เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 - 100

สมบัติทางเคมี และ กายภาพ	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลี (ร้อยละ)						
	0 (สูตรควบคุม)	50	60	70	80	90	100
ส่วนผสมเค็ก							
ความคงตัวของอิมัลชัน (%)	72.94 ± 1.59 ^a	32.12 ± 0.92 ^b	26.63 ± 1.20 ^c	15.94 ± 0.98 ^d	13.25 ± 1.73 ^e	9.59 ± 1.21 ^f	3.98 ± 0.56 ^g
ความถ่วงจำเพาะ	0.631 ± 0.004 ^e	0.661 ± 0.005 ^d	0.665 ± 0.001 ^d	0.669 ± 0.006 ^{cd}	0.674 ± 0.006 ^{bc}	0.682 ± 0.001 ^b	0.713 ± 0.006 ^a
บัตเตอร์เค้ก							
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w) ^{ns}	0.842 ± 0.030	0.838 ± 0.018	0.842 ± 0.027	0.846 ± 0.012	0.848 ± 0.027	0.851 ± 0.312	0.841 ± 0.029
ปริมาณความชื้น (%db)	38.44 ± 0.19 ^a	35.93 ± 0.19 ^b	35.33 ± 0.52 ^c	35.00 ± 0.05 ^d	34.24 ± 0.22 ^e	34.10 ± 0.09 ^e	33.99 ± 0.08 ^e
น้ำหนัก (g) ^{ns}	372.93 ± 1.26	370.67 ± 0.77	370.48 ± 0.69	370.12 ± 1.62	371.94 ± 2.92	371.30 ± 1.16	372.14 ± 1.38
ปริมาตร (ml)	1071.33 ± 16.26 ^a	979.00 ± 1.17 ^b	890.67 ± 3.79 ^c	846.33 ± 8.96 ^d	836.67 ± 10.41 ^{de}	821.67 ± 11.59 ^{ef}	807.67 ± 9.82 ^f
ความสูง ณ ตำแหน่งต่างๆ							
B (cm)*	5.43 ± 0.07 ^a	5.11 ± 0.11 ^b	5.03 ± 0.14 ^{bc}	4.99 ± 0.13 ^c	4.94 ± 0.10 ^c	4.77 ± 0.09 ^d	4.71 ± 0.03 ^d
C (cm)*	5.56 ± 0.16 ^a	5.10 ± 0.10 ^b	5.04 ± 0.09 ^{bc}	4.94 ± 0.13 ^{cd}	4.89 ± 0.11 ^d	4.74 ± 0.14 ^e	4.67 ± 0.07 ^e
D (cm)*	5.36 ± 0.07 ^a	5.16 ± 0.12 ^b	5.01 ± 0.06 ^c	4.97 ± 0.16 ^c	4.93 ± 0.11 ^c	4.83 ± 0.07 ^d	4.70 ± 0.05 ^e
ดัชนีปริมาตร (cm)	16.26 ± 0.12 ^a	15.37 ± 0.17 ^b	15.09 ± 0.21 ^{bc}	14.90 ± 0.39 ^c	14.77 ± 0.30 ^c	14.34 ± 0.124 ^d	14.08 ± 0.09 ^d
ความหนาแน่น (g/cm ³)	0.349 ± 0.004 ^f	0.379 ± 0.009 ^e	0.416 ± 0.002 ^d	0.437 ± 0.003 ^c	0.445 ± 0.004 ^{bc}	0.452 ± 0.008 ^{at}	0.461 ± 0.005 ^a

^{a,b, ...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05)

* B คือความสูง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางไปทางซ้าย 2.5 ซม., C คือความสูง ณ จุดกึ่งกลาง และ D คือความสูง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา 2.5 ซม.

4.2.2 การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เค้ก

4.2.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และปริมาณความชื้น

ปริมาณน้ำอิสระของแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน (ตารางที่ 4.2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรภณ (2552) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำอิสระของขนมปังที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 50 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

แบตเตอรี่เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเกิดจากแบ่งข้าวสาลีเป็นแป้งที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลี (ภัทรภณ, 2552) ดังนั้นแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีจึงมีการสูญเสียความชื้นขณะอบมากกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรภณ (2552) ที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 50 ในขนมปัง และพบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนจะทำให้ความชื้นของขนมปังที่ได้น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.2 ปริมาตร และดัชนีปริมาตร

แบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีปริมาตร และดัชนีปริมาตรสูงที่สุด และมีค่ามากกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ระดับการทดแทนต่างๆ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงตามลำดับเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน (ตารางที่ 4.2) ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าร้อยละความคงตัวของอิมัลชันที่ลดลง และค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงขึ้น ของส่วนผสมเค้กดังที่ได้กล่าวในข้อ 4.2.1.1 และ 4.2.1.2 ทั้งนี้เนื่องจากการทดแทนด้วยแบ่งข้าวสาลีเป็นการเจือจางโปรตีนกลูเตนในส่วนผสมเค้ก ทำให้มีความสามารถในการกักเก็บอากาศและความคงตัวของอิมัลชันลดลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาตรต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ใช้แป้งสาลีล้วน ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของอุศมา (2545) ที่ทดลองผลิตแบตเตอรี่เค้กโดยใช้แบ่งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีที่ระดับการทดแทนร้อยละ 80 – 100 โดยพบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กจะมีปริมาตรลดลง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรภณ (2552) ที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ระดับร้อยละ 10 – 50 พบว่าขนมปังที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ มีปริมาตรน้อยกว่าขนมปังที่ใช้แป้งสาลีทั้งหมดโดยปริมาตรจะลดลงตามระดับการทดแทนที่มากขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาความสูงของแบตเตอรี่เค้ก (ค่า B, C และ D)

จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลี แบตเตอรี่เค้กที่ได้จะมีการยุบตัวของผิวหน้าเค้ก โดยมีการยุบตัวของผิวหน้าเค้กมากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน

4.2.2.3 น้ำหนัก และความหนาแน่น

น้ำหนักของแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ และแบตเตอรี่เค้กแป้งสาลีล้วนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความหนาแน่นพบว่า แบตเตอรี่เค้กที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวสาลีทุกตัวอย่างมีความหนาแน่นสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ใช้ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนื้อเค้กที่ได้มีลักษณะอัดตัวกันแน่นมากขึ้น โดยเนื้อเค้กด้านบนจะมีลักษณะร่วนนุ่ม มีรูพรุนขนาดใหญ่ แต่ส่วนล่างจะอัดตัวกันแน่น และมีรูพรุนขนาดเล็ก ซึ่งสัดส่วนของเนื้อเค้กที่มีการอัดตัวกันแน่นนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน

4.2.2.4 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*)

ค่าสีของแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.3 โดยแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีนั้นจะมีสีม่วง เมื่อเพิ่มระดับการทดแทน จะทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของแบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวสาลีมีค่าลดลง และทำให้ค่าสีแดง (a^*) มีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นั่นคือแป้งข้าวสาลีมีผลทำให้เนื้อเค้กมีสีคล้ำ เมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้แบตเตอรี่เค้กที่ได้มีสีคล้ำขึ้น เป็นผลมาจากสีของรวงควัตถุแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสาลี (ณัฐภูมิ, 2550)

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 - 100

ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวสาลี (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
0 (สูตรควบคุม)	74.29 ± 2.50^a	-7.77 ± 0.20^c	34.33 ± 2.07^a
50	59.45 ± 5.02^b	-3.53 ± 0.38^b	29.27 ± 0.57^b
60	59.41 ± 0.58^b	-2.82 ± 1.08^b	27.66 ± 0.95^b
70	46.00 ± 1.33^{cd}	1.08 ± 0.13^a	22.58 ± 0.52^c
80	44.14 ± 0.13^{cd}	1.15 ± 0.17^a	21.47 ± 0.55^c
90	42.60 ± 0.60^d	1.36 ± 0.39^a	21.24 ± 0.80^c
100	47.80 ± 0.45^c	1.67 ± 0.22^a	20.92 ± 0.56^c

a,b,... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.5 เค้าโครงเนื้อสัมผัส (Texture Profile)

เค้าโครงเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) จะเห็นได้ว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 – 80 มีค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีทำให้ระบบมีปริมาณกลูเตนลดลง ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงน้อยลง ส่วนผสมเค้กที่ได้มีความชื้นหนืด และค่าความคงตัวของอิมัลชันลดลง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจึงมีเนื้อสัมผัสไม่สม่ำเสมอ โดยเนื้อเค้กบริเวณด้านบนส่วนใหญ่จะมีรูพรุนของโพรงอากาศขนาดใหญ่ เนื้อสัมผัสร่วน นุ่ม แต่ในส่วนด้านล่างจะมีรูพรุนขนาดเล็ก เนื้อเค้กอัดตัวกันแน่น ซึ่งจะเห็นได้จากบัตเตอร์เค้กที่ได้จะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าบัตเตอร์เค้กแป้งสาลีล้วน (ตารางที่ 4.2) โดยค่าความแน่นเนื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน ซึ่งเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนถึงระดับร้อยละ 90 – 100 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับสูตรควบคุม โดยที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 จะมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการทดแทนที่ระดับสูงทำให้ในระบบมีปริมาณโปรตีนกลูเตนน้อยมาก หรือไม่มีเลยส่งผลให้ส่วนผสมเค้กมีความชื้นหนืด และความคงตัวของอิมัลชันลดลงอย่างมาก ทำให้โครงสร้างของระบบไม่ดี เกิดการยุบตัวของเค้กขณะอบ ผลิตภัณฑ์เค้กมีปริมาตรต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อเค้กที่อัดตัวกันแน่นมาก มีเนื้อสัมผัสแข็ง มีรูพรุนของโพรงอากาศน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นของส่วนผสมเค้กที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.2) และสอดคล้องกับงานวิจัยของอุศมา (2545) ที่รายงานว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 80 – 100 มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีทั้งหมด ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าการคืนตัว (springiness) พบว่าการใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กทำให้ค่าการคืนตัวมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในส่วนค่าการเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness) พบว่าที่ระดับการทดแทนต่างๆ บัตเตอร์เค้กที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวสาลีมีค่าการเกาะตัวไม่แตกต่างจากบัตเตอร์เค้กสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีล้วน ($p > 0.05$)

ความยากในการเคี้ยวตัวอย่าง พิจารณาจากค่า gumminess และ chewiness พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 จะทำให้บัตเตอร์เค้กที่ได้มีค่า gumminess และ chewiness น้อยกว่าบัตเตอร์เค้กสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน โดยที่ระดับการทดแทนร้อยละ 90 – 100 จะทำให้บัตเตอร์เค้กที่ได้มีค่า gumminess และ chewiness ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมทางสถิติ

($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่กล่าวมาข้างต้น คือ เมื่อใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่ำ คือร้อยละ 50 แบตเตอรี่เค็กที่ได้มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าสูตรควบคุม นั่นคือต้องใช้แรงในการเคี้ยวน้อยลง มีความยากในการเคี้ยวน้อยลง และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน

ตารางที่ 4.4 ค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 - 100

ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวสาลี (ร้อยละ)	ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส				
	Firmness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (g)
0 (สูตรควบคุม)	554.17 ± 19.87 ^a	0.915 ± 0.043	0.626 ± 0.010 ^{ab}	346.72 ± 7.27 ^{ab}	317.39 ± 15.75 ^a
50	352.53 ± 19.51 ^e	0.917 ± 0.035	0.612 ± 0.031 ^b	215.51 ± 4.21 ^e	197.86 ± 9.08 ^d
60	422.53 ± 15.79 ^d	0.916 ± 0.009	0.615 ± 0.007 ^b	259.54 ± 12.47 ^d	237.87 ± 11.82 ^c
70	437.87 ± 17.89 ^d	0.913 ± 0.003	0.621 ± 0.019 ^{ab}	271.67 ± 3.19 ^d	247.99 ± 2.06 ^c
80	483.90 ± 10.90 ^c	0.911 ± 0.007	0.624 ± 0.032 ^{ab}	301.05 ± 8.71 ^c	274.19 ± 7.54 ^b
90	522.70 ± 5.99 ^b	0.908 ± 0.013	0.639 ± 0.020 ^{ab}	333.73 ± 13.52 ^b	302.72 ± 15.85 ^a
100	540.80 ± 15.14 ^a	0.905 ± 0.015	0.663 ± 0.025 ^a	358.19 ± 22.35 ^a	324.60 ± 25.23 ^a

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.6 ลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบเชิงพรรณนา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive test) ของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 0, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 ของน้ำหนักแป้ง โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลี พบว่ามีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่รวบรวมได้ทั้งหมด 34 ลักษณะ สามารถแบ่งได้เป็น ลักษณะปรากฏ (appearance) 6 ลักษณะ กลิ่นรส (flavor) 10 ลักษณะ เนื้อสัมผัส (texture) 8 ลักษณะ และความรู้สึกตกค้าง (after taste) 10 ลักษณะ รายละเอียดในส่วนของคำศัพท์ คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงแสดงดังตารางที่ 4.5 และในส่วนของระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางประสาทสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำจำกัดความและวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิงและระดับความเข้ม
ลักษณะปรากฏ		
1. สีเหลือง	นิยาม: ระดับสีที่ปรากฏของตัวอย่างตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงสีเหลืองเข้ม วิธีการ: ประเมินสีเหลืองที่ปรากฏบริเวณผิวด้านบนของตัวอย่างเปรียบเทียบกับแถบสี	The Munsell Book of Color Hue Value/Chroma = 2.5Y 8.5/4 = 4 Hue Value/Chroma = 2.5Y 8.5/8 = 9
2. สีน้ำตาล	นิยาม: ระดับสีที่ปรากฏของตัวอย่างตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม วิธีการ: ประเมินสีน้ำตาลที่ปรากฏบริเวณผิวด้านบนของตัวอย่างเปรียบเทียบกับแถบสี	The Munsell Book of Color Hue Value/Chroma = 2.5Y 7/2 = 3 Hue Value/Chroma = 2.5Y 5/2 = 7
3. จุดดำ	นิยาม: ปริมาณจุดดำที่ปรากฏบนผิวดตัวอย่าง วิธีการ: มองตัวอย่างทำมุม 45° ระยะห่างจากสายตาประมาณ 1 ฟุต (ไม่มี – มาก)	บูกก้อนผสมสำหรับห่วย = 8.0 (ตราคอนยัคกี้) (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
4. ขนาดของโพรงอากาศ	นิยาม: ขนาดของโพรงอากาศที่ปรากฏในเนื้อตัวอย่างโดยรวม วิธีการ: มองตัวอย่างทำมุม 45° ระยะห่างจากสายตาประมาณ 1 ฟุต (เล็ก – ใหญ่)	แบตเตอรี่เค็ก (ตราแบเกอร์แลนด์) = 9.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
5. ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ	นิยาม: ความสม่ำเสมอของขนาดของโพรงอากาศที่ปรากฏในเนื้อตัวอย่าง วิธีการ: มองตัวอย่างทำมุม 45° ระยะห่างจากสายตาประมาณ 1 ฟุต (น้อย – มาก)	เนื้อขนมปัง (ตราฟาร์มเฮ้าส์) = 4.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1 cm) แบตเตอรี่เค็ก (ตรา S&P) = 12.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
6. ความขุ่นขึ้น	นิยาม: ระดับความขุ่นขึ้นของตัวอย่างที่มองเห็นด้วยตาเปล่า วิธีการ: มองตัวอย่างทำมุม 45° ระยะห่างจากสายตาประมาณ 1 ฟุต (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตราแบเกอร์แลนด์) = 7.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
กลิ่นรส		
7. เนย	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวของเนยสด ซึ่งประกอบด้วยกลิ่นรสนม ไขมัน กลิ่นรสนหวาน วิธีการ: ชิมตัวอย่าง แล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	เนยสดรสจืด (ตราอลาเวอรี่) = 8.0 (ขึ้นขนาด 1x1x1 cm)
8. หวานโดยรวม	นิยาม: กลิ่นรสนหวานโดยรวมที่ประเมินได้จากการชิมตัวอย่าง วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	สารละลายวานิลลา (ตรา winner) = 6.0 (สารละลาย 10 หยด/น้ำ 20 ml)
9. วานิลลา	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งประกอบด้วยกลิ่น Brown กลิ่นหวาน กลิ่นเปลือกไม้แห้ง วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	สารละลายวานิลลา (ตรา winner) = 7.0 (สารละลาย 10 หยด/น้ำ 20 ml)
10. แป้งสุก	นิยาม: กลิ่นรสแป้งที่ผ่านความร้อนจนสุก ประกอบด้วยกลิ่นรสธัญพืช ขึ้น วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	เนื้อขนมปัง (ตราฟาร์มเฮ้าส์) = 6.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1 cm; 2 ชิ้น)
11. ไข่	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวของไข่สุก ซึ่งประกอบด้วยกลิ่นคาว กลิ่นสารประกอบกำมะถันอ่อนๆ วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	ขนมไข่กรอบ (ตรา พอใจ) = 6.0 (ขึ้นขนาด 1/2 ชิ้น)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
กลิ่นรส		
12. ไบตอง	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวของไบตองที่ผ่านความร้อนโดยการต้ม / นึ่ง ซึ่งประกอบด้วยกลิ่นรสเขียว กลิ่นรสขึ้น วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	น้ำไบตอง = 7.0 (ไบตองสด 40 กรัม/น้ำ 300 ml ให้ความร้อน 1 นาที; 1 ช้อนชิม)
13. ข้าวเหนียวดำ	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวของข้าวเหนียวดำประกอบด้วยกลิ่นรสแป้ง แห้ง ฟาง และดิน วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี – มาก)	สารละลายน้ำแป้งข้าว = 5.0 (แป้งข้าวสีนิล 1 กรัม/น้ำ 40 ml ให้ความร้อน 1 นาที; 1 ช้อนชิม)
14. ถั่ว	นิยาม: กลิ่นรสเฉพาะตัวของถั่ว วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของกลิ่นรส (ไม่มี - มาก)	จุ่มข้าวสาลี (ตราฉัตรทิพย์) = 7.0 (1 ช้อนชิม)
15. หวาน	นิยาม: การรับรู้รสพื้นฐานของลิ้น เมื่อถูกกระตุ้นด้วยน้ำตาล หรือสารให้ความหวาน วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินระดับความหวานเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง (ไม่มี – มาก)	สารละลายซูโครสเข้มข้น 2%(w/v) = 2.0 สารละลายซูโครสเข้มข้น 5%(w/v) = 5.0 สารละลายซูโครสเข้มข้น 10% = 10.0 (w/v)
16. เค็ม	นิยาม: การรับรู้รสพื้นฐานของลิ้น เมื่อถูกกระตุ้นด้วยเกลือ หรือสารให้ความเค็ม วิธีการ: ชิมตัวอย่างแล้วประเมินระดับความเค็มเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง (ไม่มี – มาก)	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 2.5 เข้มข้น 0.2% (w/v) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 5.0 เข้มข้น 0.35% (w/v)
เนื้อสัมผัส		
Lip feel		
17. Oily	นิยาม: ความรู้สึกมันที่เคลือบติดริมฝีปาก วิธีการ: ใช้ริมฝีปากสัมผัสตัวอย่าง แล้วประเมินปริมาณน้ำมันที่ติดบริเวณริมฝีปาก (ไม่มี – มาก)	แครกเกอร์ (ตรา "โรซี่") = 6.0 (ชิ้นขนาด ½ ชิ้น)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
เนื้อสัมผัส		
18. Loose Crumbly	นิยาม: ปริมาณเศษชิ้นของตัวอย่างที่หลุด ติดริมฝีปาก วิธีการ: ใช้ริมฝีปากแหม่นตัวอย่าง แล้ว ประเมินปริมาณเศษชิ้นของตัวอย่างที่หลุด ติดริมฝีปาก (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตราแบเกอร์แลนด์) = 4.0 (ชิ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
First bite		
19. Firmness (ความแน่นเนื้อ)	นิยาม: ระดับความแน่นเนื้อของตัวอย่างเมื่อ กัดครั้งแรก วิธีการ: กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้ว ประเมินความแน่นเนื้อ (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตรา S&P) = 3.0 (ชิ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
20. Hardness (ความแข็ง)	นิยาม: แรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างจนเสียรูป วิธีการ: กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้ว ประเมินแรงที่ใช้กดตัวอย่างจนเสียรูป (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตรา S&P) = 10.0 (ชิ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
21. Cohesiveness (การเกาะ รวมกันของ ตัวอย่าง)	นิยาม: ระดับการเกาะรวมตัวกันของ ตัวอย่างเมื่อกัดครั้งแรก วิธีการ: กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้ว ประเมินการเกาะรวมตัว (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตรา S&P) = 2.0 (ชิ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
Chew down		
22. Moistness (ความชื้น)	นิยาม: ปริมาณน้ำในตัวอย่างที่รู้สึกได้ ระหว่างเคี้ยว วิธีการ: เคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกราม 5 ครั้ง แล้วประเมินปริมาณน้ำในตัวอย่าง (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตรา S&P) = 7.0 (ชิ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
23. Roughness	นิยาม: ระดับการเสียดสีของพื้นผิวของตัวอย่างในระหว่างการเคี้ยว (น้อย – มาก) วิธีการ: เคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกราม 5 ครั้ง จากนั้นใช้ปลายลิ้นดันกับเพดานปาก ประเมินความเรียบ / หยาบของผิวดตัวอย่าง แล้วประเมินปริมาณน้ำในตัวอย่าง (ไม่มี – มาก)	บัตเตอร์เค้ก (ตราเบเกอร์แลนด์) = 4.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm)
24. Cohesiveness of mass (การรวมตัวของ มวลตัวอย่าง)	นิยาม: ระดับการเกาะรวมตัวของตัวอย่างที่รู้สึกได้ระหว่างเคี้ยว วิธีการ: เคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกราม 10 ครั้ง แล้วประเมินระดับการรวมตัว (ไม่มี – มาก)	เนื้อขนมปัง (ตราฟาร์มเฮาส์) = 10.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1.5 cm; 2 ชิ้น)
ความรู้สึกตกค้าง		
25. กลิ่นรสเนย	นิยาม: ความรู้สึกตกค้างของกลิ่นรสเนยภายในปากหลังจากกลืน หรือบ้วนตัวอย่าง วิธีการ: ชิมตัวอย่าง และประเมินระดับความเข้มหลังจากกลืน 30 วินาที (ไม่มี – มาก)	เนยสดรสจืด (ตราอลาเวรี่) = 8.0 (ขึ้นขนาด 1x1x1 cm)
26. กลิ่นรสแบ่งสุก	นิยาม: ความรู้สึกตกค้างของกลิ่นรสแบ่งสุกภายในปากหลังจากกลืน หรือบ้วนตัวอย่าง วิธีการ: ชิมตัวอย่าง และประเมินระดับความเข้มหลังจากกลืน 30 วินาที (ไม่มี – มาก)	เนื้อขนมปัง (ตราฟาร์มเฮาส์) = 6.0 (ขึ้นขนาด 1.5x1.5x1 cm; 2 ชิ้น)
27. กลิ่นรสข้าว เหนียวดำ	นิยาม: ความรู้สึกตกค้างของกลิ่นรสข้าวเหนียวดำภายในปากหลังจากกลืน หรือบ้วนตัวอย่าง วิธีการ: ชิมตัวอย่าง และประเมินระดับความเข้มหลังจากกลืน 30 วินาที (ไม่มี – มาก)	สารละลายน้ำแบ่งข้าว = 5.0 (แบ่งข้าวสีนิล 1 กรัม/น้ำ 40 ml ให้ความร้อน 1 นาที; 1 ช้อนชิม)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
28. รสหวาน	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกตลกค่างของรสหวานภายในปากหลังจากกลืน หรือบ้วนตัวอย่าง <u>วิธีการ:</u> ชิมตัวอย่าง และประเมินระดับความเข้มหลังจากกลืน 30 วินาที (ไม่มี – มาก)	สารละลายซูโครสเข้มข้น 2%(w/v) = 2.0 สารละลายซูโครสเข้มข้น 5%(w/v) = 5.0
29. รสเค็ม	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกตลกค่างของรสเค็มภายในปากหลังจากกลืน หรือบ้วนตัวอย่าง <u>วิธีการ:</u> ชิมตัวอย่าง และประเมินระดับความเข้มหลังจากกลืน 30 วินาที (ไม่มี – มาก)	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 2.5 เข้มข้น 0.2% (w/v) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 5.0 เข้มข้น 0.35% (w/v)
30. ความฝืด	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกฝืด ฝืดที่เกิดขึ้นภายในช่องปากหลังชิมตัวอย่าง <u>วิธีการ:</u> ประเมินความรู้สึกฝืด ฝืดหลังกลืนตัวอย่าง (ไม่มี – มาก)	สารละลาย Alum เข้มข้น 0.02% = 3.0 (w/v)
31. Dryness	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกแห้ง กระหายน้ำ <u>วิธีการ:</u> ประเมินความรู้สึกแห้ง กระหายน้ำหลังกลืนตัวอย่าง (ไม่มี – มาก)	แครกเกอร์ (ตรา "โรซี่") = 5.0 (ขนาด ½ ซีน)
32. Coating	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกเคลือบภายในปาก ซึ่งเกิดจากแป้ง และไขมัน <u>วิธีการ:</u> ประเมินความรู้สึกที่เกิดขึ้นแห้งเคลือบภายในปาก ซึ่งเกิดจากแป้งและไขมัน (ไม่มี – มาก)	แครกเกอร์ (ตรา "โรซี่") = 5.0 (ขึ้นขนาด ½ ซีน)
33. ระคายเคือง ในคอ	<u>นิยาม:</u> ความรู้สึกคัน ระคายเคือง แสบซึ่งอาจเกิดจากรสชาติ หรือเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง <u>วิธีการ:</u> ประเมินความรู้สึกที่เกิดขึ้นหลังกลืนตัวอย่าง (ไม่มี – มาก)	ถั่วลิสงอบเกลือ (ตราทองการ์เด็น) = 5.0 (จำนวน 2 ซีก)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ และวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้ม
34. Particle	<u>นิยาม:</u> ปริมาณของตัวอย่างที่เหลืออยู่ ภายในปากหลังกลืน <u>วิธีการ:</u> ประเมินปริมาณของตัวอย่างที่เหลือ หลังกลืน ยกเว้นที่บริเวณฟัน (ไม่มี – มาก)	ถั่วลิสงอบเกลือ (ตราทองการ์เด็น) = 5.0 (จำนวน 2 ซีก)

ตารางที่ 4.6 ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100						
	ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ)						
	0 (สูตรควบคุม)	50	60	70	80	90	100
ลักษณะปรากฏ							
สีเหลือง	3.71 ± 0.51 ^a	2.29 ± 0.75 ^b	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c
สีน้ำตาล	0.00 ± 0.00 ^g	3.02 ± 0.58 ^f	4.56 ± 0.56 ^e	5.46 ± 0.86 ^d	5.92 ± 0.58 ^c	7.21 ± 0.53 ^b	7.71 ± 0.49 ^a
จุดดำบนเนื้อแบตเตอรี่เค็ก	0.00 ± 0.00 ^c	1.33 ± 0.48 ^a	0.98 ± 0.56 ^b	0.96 ± 0.62 ^b	0.79 ± 0.36 ^{bc}	0.60 ± 0.33 ^c	0.54 ± 0.33 ^c
ขนาดของโพรงอากาศ	9.23 ± 0.78 ^{de}	9.17 ± 0.79 ^e	9.62 ± 0.60 ^{cd}	9.54 ± 0.75 ^{de}	9.98 ± 0.74 ^{bc}	10.42 ± 0.48 ^a	10.35 ± 0.48 ^{ab}
ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ	9.15 ± 1.13 ^b	9.85 ± 0.65 ^a	8.98 ± 0.93 ^{bc}	9.21 ± 0.79 ^b	8.52 ± 0.73 ^{cd}	7.65 ± 0.71 ^e	8.21 ± 0.78 ^d
ความชุ่มชื้น	7.44 ± 0.74 ^d	7.58 ± 0.43 ^{cd}	7.73 ± 0.46 ^c	7.87 ± 0.40 ^{bc}	7.85 ± 0.37 ^{bc}	8.21 ± 0.41 ^a	8.12 ± 0.45 ^{ab}
กลิ่นรส							
กลิ่นรสเนย	5.65 ± 0.80 ^a	4.79 ± 0.62 ^b	4.90 ± 0.39 ^b	4.83 ± 0.73 ^b	4.79 ± 0.51 ^b	4.81 ± 0.62 ^b	4.77 ± 0.64 ^b
กลิ่นรสหวานโดยรวม	5.67 ± 0.92 ^a	4.94 ± 0.72 ^b	4.94 ± 0.68 ^b	4.81 ± 0.72 ^b	4.83 ± 0.48 ^b	4.94 ± 0.58 ^b	5.02 ± 0.72 ^b
กลิ่นรสวนิลลา	2.87 ± 0.47 ^a	2.19 ± 0.51 ^b	1.98 ± 0.34 ^{bc}	2.02 ± 0.50 ^{bc}	1.98 ± 0.31 ^{bc}	2.00 ± 0.33 ^{bc}	1.92 ± 0.38 ^c
กลิ่นรสแป้งสุก	2.56 ± 0.42 ^a	2.17 ± 0.46 ^b	2.12 ± 0.40 ^b	2.10 ± 0.46 ^b	2.08 ± 0.41 ^b	2.17 ± 0.41 ^b	2.12 ± 0.40 ^b
กลิ่นรสไข่	2.77 ± 0.51 ^a	1.98 ± 0.34 ^b	1.92 ± 0.52 ^b	1.83 ± 0.43 ^b	1.98 ± 0.31 ^b	1.81 ± 0.35 ^b	1.87 ± 0.34 ^b
กลิ่นรสใบตอง	0.12 ± 0.30 ^d	1.77 ± 0.71 ^c	2.17 ± 0.70 ^{ab}	1.87 ± 0.71 ^{bc}	2.19 ± 0.67 ^{ab}	2.35 ± 0.62 ^a	2.52 ± 0.73 ^a

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลี						
	ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ (ร้อยละ)						
	0 (สูตรควบคุม)	50	60	70	80	90	100
กลิ่นรส							
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ	0.00 ± 0.00 ^e	3.25 ± 0.88 ^d	3.33 ± 0.79 ^d	4.29 ± 0.98 ^c	4.33 ± 0.69 ^c	5.37 ± 0.63 ^b	5.96 ± 0.46 ^a
กลิ่นรสถั่ว	0.98 ± 0.43 ^c	1.37 ± 0.45 ^b	1.62 ± 0.37 ^{ab}	1.50 ± 0.53 ^b	1.56 ± 0.45 ^{ab}	1.83 ± 0.58 ^a	1.81 ± 0.51 ^a
รสหวาน ^{ns}	7.27 ± 0.78	7.02 ± 1.13	7.08 ± 0.84	6.85 ± 0.90	7.10 ± 0.66	7.29 ± 0.69	7.19 ± 0.91
รสเค็ม ^{ns}	2.69 ± 0.57	2.40 ± 0.69	2.46 ± 0.72	2.50 ± 0.72	2.58 ± 0.54	2.69 ± 0.46	2.65 ± 0.60
เนื้อสัมผัส							
<i>Lip feel</i>							
Oily	5.79 ± 0.81 ^d	6.58 ± 0.52 ^c	6.79 ± 0.51 ^{bc}	6.94 ± 0.42 ^{ab}	6.87 ± 0.47 ^{bc}	7.23 ± 0.39 ^a	7.02 ± 0.54 ^{ab}
Loose Crumbly	5.02 ± 0.65 ^a	4.81 ± 0.55 ^a	5.02 ± 0.58 ^a	4.62 ± 0.63 ^b	4.98 ± 0.69 ^a	4.90 ± 0.71 ^a	4.37 ± 0.54 ^b
<i>First bite</i>							
Firmness	2.48 ± 0.37 ^a	2.04 ± 0.51 ^{cd}	1.83 ± 0.52 ^d	2.31 ± 0.62 ^{abc}	1.90 ± 0.55 ^d	2.17 ± 0.72 ^{bcd}	2.60 ± 0.61 ^a
Hardness	1.23 ± 0.46 ^b	1.31 ± 0.39 ^b	1.25 ± 0.29 ^b	1.62 ± 0.47 ^a	1.19 ± 0.25 ^b	1.58 ± 0.54 ^a	1.75 ± 0.47 ^a
Cohesiveness	5.83 ± 1.35 ^{ab}	5.52 ± 1.08 ^b	5.17 ± 1.07 ^b	5.87 ± 1.50 ^{ab}	5.25 ± 1.06 ^b	5.65 ± 1.34 ^b	6.58 ± 1.36 ^a
<i>Chew down</i>							
Moistness ^{ns}	7.54 ± 0.84	7.65 ± 0.60	7.56 ± 0.65	7.67 ± 0.85	7.60 ± 0.66	7.81 ± 0.76	7.77 ± 0.81

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลี						
	ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ)						
	0 (สูตรควบคุม)	50	60	70	80	90	100
เนื้อสัมผัส							
Roughness	3.81 ± 0.51^d	4.37 ± 0.57^c	4.54 ± 0.72^c	4.96 ± 0.51^{ab}	4.92 ± 0.52^b	5.27 ± 0.39^a	5.17 ± 0.56^{ab}
Cohesiveness of mass ^{ns}	5.46 ± 1.10	5.15 ± 0.90	4.98 ± 0.86	5.04 ± 0.74	5.19 ± 0.89	5.02 ± 0.89	5.19 ± 0.92
ความรู้สึกตกค้าง							
กลิ่นรสเนยตกค้าง ^{ns}	1.31 ± 0.59	1.08 ± 0.56	1.15 ± 0.54	1.06 ± 0.40	1.00 ± 0.44	1.04 ± 0.53	1.02 ± 0.43
กลิ่นรสแป้งสาลีตกค้าง ^{ns}	0.98 ± 0.54	0.71 ± 0.44	0.83 ± 0.50	0.75 ± 0.47	0.77 ± 0.44	0.79 ± 0.41	0.77 ± 0.53
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำตกค้าง	0.00 ± 0.00^c	0.52 ± 0.27^b	0.50 ± 0.42^b	0.65 ± 0.27^b	0.62 ± 0.26^b	0.94 ± 0.45^a	1.12 ± 0.42^a
รสหวานตกค้าง	1.62 ± 0.45^a	1.40 ± 0.39^{ab}	1.56 ± 0.34^{ab}	1.33 ± 0.41^b	1.37 ± 0.52^{ab}	1.40 ± 0.44^{ab}	1.52 ± 0.40^{ab}
รสเค็มตกค้าง ^{ns}	0.79 ± 0.39	0.73 ± 0.36	0.90 ± 0.44	0.75 ± 0.36	0.79 ± 0.36	0.77 ± 0.39	0.83 ± 0.43
ความเผื่อน	1.08 ± 0.48^b	1.35 ± 0.52^{ab}	1.52 ± 0.74^a	1.31 ± 0.44^{ab}	1.33 ± 0.43^{ab}	1.40 ± 0.44^{ab}	1.44 ± 0.47^a
Dryness	2.10 ± 0.67^b	2.35 ± 0.60^{ab}	2.54 ± 0.62^a	2.21 ± 0.57^{ab}	2.29 ± 0.59^{ab}	2.46 ± 0.53^{ab}	2.35 ± 0.63^{ab}
Coating ^{ns}	2.42 ± 0.50	2.29 ± 0.66	2.65 ± 0.62	2.35 ± 0.60	2.31 ± 0.64	2.52 ± 0.56	2.58 ± 0.67
ความระคายเคืองในคอ	2.19 ± 0.62^c	2.58 ± 0.54^{ab}	2.42 ± 0.56^{bc}	2.37 ± 0.59^{bc}	2.60 ± 0.61^{ab}	2.83 ± 0.50^a	2.69 ± 0.60^{ab}
Particle	1.69 ± 0.60^b	1.92 ± 0.60^{ab}	2.00 ± 0.61^{ab}	2.02 ± 0.60^{ab}	1.98 ± 0.67^{ab}	2.21 ± 0.64^a	2.17 ± 0.52^a

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำค่าระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีชนิดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis, PCA) หมุนแกนแบบ Varimax ผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถสร้างองค์ประกอบใหม่ได้ 4 องค์ประกอบหลัก (principal component; PC) ใช้อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 95.26 แสดงดังตารางที่ 4.7 แผนภาพ PCA ของค่าตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัส 34 ลักษณะ และตัวอย่างบัตเตอร์เค้กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีชนิดทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 7 อัตราส่วน แสดงดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.3

องค์ประกอบที่ 1 (PC 1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 57.11 ซึ่งใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 23 ลักษณะ ได้แก่ลักษณะสีเหลือง (Yellow) กลิ่นรสเนย (butter_f) กลิ่นรสหวานโดยรวม (overall sweet_f) กลิ่นรสวานิลลา (vanilla_f) กลิ่นรสแป้งสุก (cooked flour_f) กลิ่นรสไข่ (egg_f) กลิ่นรสเนยตกค้าง (butter_af) กลิ่นรสแป้งสุกตกค้าง (cooked flour_af) และการเกาะรวมตัวกันของตัวอย่างระหว่างเคี้ยว (cohesiveness of mass_t) ลักษณะทางประสาทสัมผัสเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 1 ในทางด้านลบ และลักษณะประสาทสัมผัสสีน้ำตาล (Brown) ขนาดของโพรงอากาศ (Air size) ความชุ่มชื้นบนเนื้อเค้ก (Moistness) กลิ่นรสใบตอง (banana leaf_f) กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ (black sticky rice_f) กลิ่นรสถั่ว (nutty_f) ความฝืด (astringency_af) ความแห้งผืดคอก (dryness_af) ความระคายเคืองในคอ (irritate_af) ลักษณะ Partical (partical_af) เนื้อสัมผัสความมันที่ริมฝีปาก (oily_t) ความชุ่มชื้นของเคี้ยวระหว่างเคี้ยว (moistness_t) และความหยาบ (roughness_t) กลิ่นรสข้าวเหนียวดำตกค้าง (Aftertaste_black sticky rice) มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 1 ในด้านบวก

องค์ประกอบที่ 2 (PC 2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 14.93 ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 4 ลักษณะ ได้แก่ลักษณะจุดดำบนเนื้อเค้ก (Black spot) และความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ (Air regularity) มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบ 2 ในทางด้านลบ และลักษณะรสหวาน (sweet_f) และรสเค็ม (salt_f) มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบ 2 ในทางด้านบวก

องค์ประกอบที่ 3 (PC 3) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 13.36 ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 4 ลักษณะคือลักษณะร่วนติดริมฝีปาก (loose crumbly_t) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 3 ในเชิงลบ และลักษณะความแน่นเนื้อ (firmness_t) ความแข็ง (hardness_t) และการเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness_t) มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่ 3 ในเชิงบวก

องค์ประกอบที่ 4 (PC 4) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 9.86 ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 3 ลักษณะ และมีความสัมพันธ์ในด้านบวกเพียงด้านเดียว ได้แก่ รสหวานตกค้าง (sweet_af) รสเค็มตกค้าง (salt_af) และลักษณะเคลือบในปาก (coating_af)

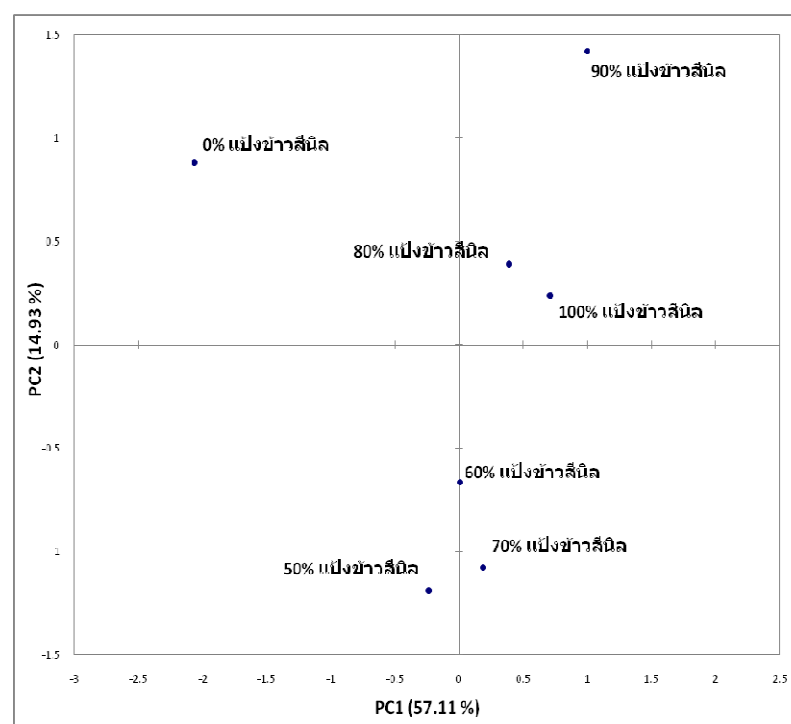
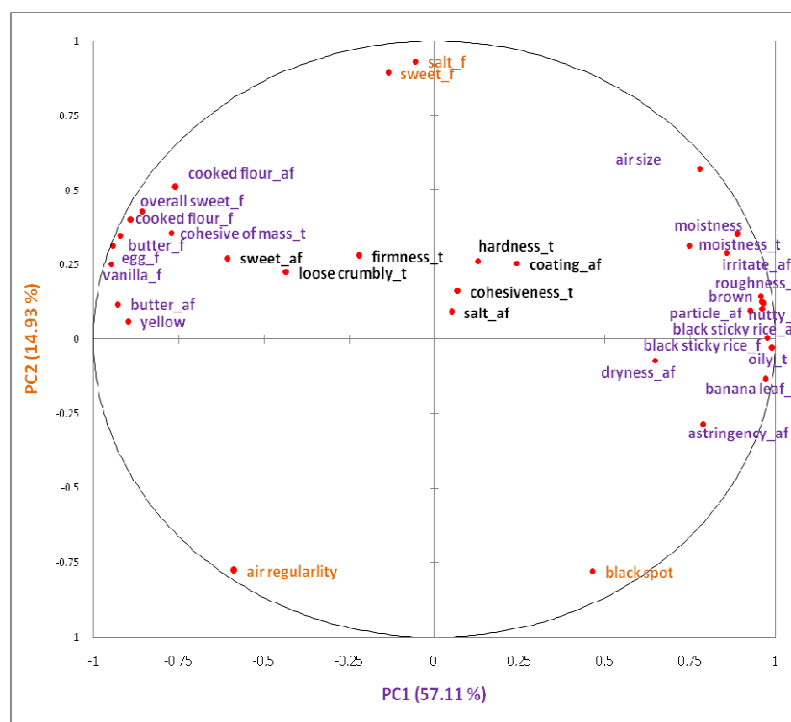
จากแผนภาพ PCA (ภาพที่ 4.1 – 4.3) พบว่ากลุ่มลักษณะทางประสาทสัมผัสในองค์ประกอบที่ 1 เป็นกลุ่มที่สามารถอธิบายถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสของแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีได้อย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ เมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่ำ ตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กจะมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในองค์ประกอบที่ 1 ทางด้านลบมาก เช่น กลิ่นรสไข่ กลิ่นรสเนย กลิ่นรสแป้งสุก เป็นต้น แต่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสในองค์ประกอบที่ 1 ทางด้านบวกน้อย เช่น ขนาดของโพรงอากาศ กลิ่นรสใบตอง กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ และกลิ่นรสถั่ว เป็นต้น แต่เมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในระดับที่เพิ่มมากขึ้นแบตเตอรี่เค็กจะมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในองค์ประกอบที่ 1 ทางด้านลบลดลง แต่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสในองค์ประกอบที่ 1 ทางด้านบวกเพิ่มขึ้น องค์ประกอบที่ 2, 3 และ 4 เป็นองค์ประกอบที่อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้รองลงมาตามลำดับ จากองค์ประกอบที่ 2 แบตเตอรี่เค็กที่มีการทดแทนระดับต่ำ จะมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสม่ำเสมอของโพรงอากาศมาก และจะลดลงเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน องค์ประกอบที่ 3 สามารถอธิบายถึงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ โดยที่การทดแทนระดับต่ำ แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีจะมีความแน่นเนื้อ และการเกาะรวมกันของตัวอย่างน้อย เนื้อเค็กนุ่มมาก เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนจะมีความแน่นเนื้อ และการเกาะกันของตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้น สำหรับองค์ประกอบที่ 4 ลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ละลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับทุกระดับการทดแทน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าน้ำหนักปัจจัย (factor loading) ของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง
 บัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100

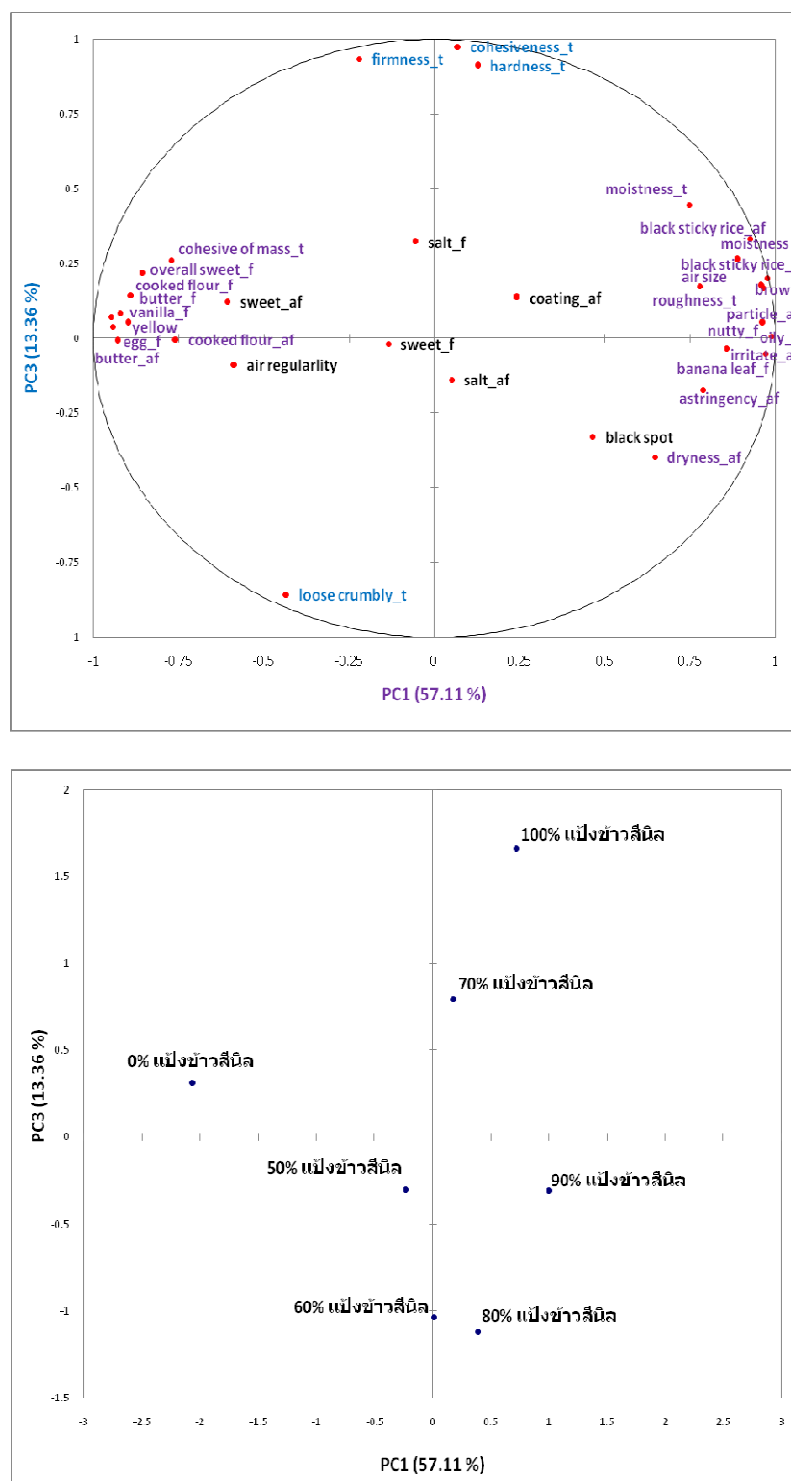
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบ (PC)*			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ลักษณะปรากฏ				
สีเหลือง (Yellow)	<u>-0.897</u>	0.059	0.052	-0.207
สีน้ำตาล (Brown)	<u>0.965</u>	0.119	0.165	0.071
จุดดำบนเนื้อบัตเตอร์เค้ก (Black spot)	0.464	<u>-0.779</u>	-0.330	-0.146
ขนาดของโพรงอากาศ (Air size)	<u>0.777</u>	0.568	0.171	0.157
ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ (Air regularity)	-0.586	<u>-0.776</u>	-0.088	-0.168
ความชุ่มชื้น (Moistness)	<u>0.888</u>	0.352	0.264	0.048
กลิ่นรส				
กลิ่นรสเนย (butter_f)	<u>-0.921</u>	0.348	0.081	0.083
กลิ่นรสหวานโดยรวม (overall sweet_f)	<u>-0.856</u>	0.429	0.220	0.139
กลิ่นรสวานิลลา (vanilla_f)	<u>-0.948</u>	0.253	0.071	-0.121
กลิ่นรสแป้งสุก (cooked flour_f)	<u>-0.889</u>	0.400	0.143	0.008
กลิ่นรสไข่ (egg_f)	<u>-0.943</u>	0.314	0.038	-0.018
กลิ่นรสใบตอง (banana leaf_f)	<u>0.971</u>	-0.135	-0.051	0.145
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ (black sticky rice_f)	<u>0.976</u>	0.005	0.201	-0.006
กลิ่นรสถั่ว (nutty_f)	<u>0.963</u>	0.103	0.052	0.242
รสหวาน (sweet_f)	-0.135	<u>0.892</u>	-0.020	0.240
รสเค็ม (salt_f)	-0.056	<u>0.931</u>	0.322	0.003
เนื้อสัมผัส				
<i>Lip feel</i>				
Oily (oily_t)	<u>0.991</u>	-0.028	0.006	0.016
Loose Crumbly (loose crumbly_t)	-0.434	0.224	<u>-0.856</u>	0.029
<i>First bite</i>				
ความแน่นเนื้อ (firmness_t)	-0.220	0.280	<u>0.933</u>	-0.041
ความแข็ง (hardness_t)	0.127	0.259	<u>0.912</u>	0.017
การเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness_t)	0.069	0.160	<u>0.975</u>	0.024

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบ (PC)*			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
เนื้อสัมผัส				
<i>Chew down</i>				
ความชุ่มชื้น (moistness_t)	<u>0.748</u>	0.314	0.446	-0.148
ความหยาบ (roughness_t)	<u>0.957</u>	0.143	0.177	-0.065
การเกาะกันของตัวอย่างระหว่างเคี้ยว (cohesiveness of mass_t)	<u>-0.770</u>	0.358	0.258	-0.212
ความรู้สึกตกค้าง				
กลิ่นรสเนยตกค้าง (butter_af)	<u>-0.928</u>	0.118	-0.010	0.262
กลิ่นรสแป้งสุกตกค้าง (cooked flour_af)	<u>-0.758</u>	0.510	-0.005	0.347
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำตกค้าง (black sticky rice_af)	<u>0.927</u>	0.093	0.333	0.054
รสหวานตกค้าง (sweet_af)	-0.607	0.272	0.123	<u>0.708</u>
รสเค็มตกค้าง (salt_af)	0.050	0.090	-0.138	<u>0.938</u>
ความฝืด (astringency_af)	<u>0.789</u>	-0.284	-0.173	0.495
ความแห้ง (dryness_af)	<u>0.647</u>	-0.072	-0.397	0.536
ความรู้สึกเคลือบในปาก (coating_af)	0.243	0.254	0.136	<u>0.913</u>
ความระคายเคืองในคอ (irritate_af)	<u>0.857</u>	0.290	-0.035	-0.139
Particle (partical_af)	<u>0.959</u>	0.126	0.174	0.132
ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนได้ (ร้อยละ)	57.11	14.93	13.36	9.86
ความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ (ร้อยละ)	95.26			

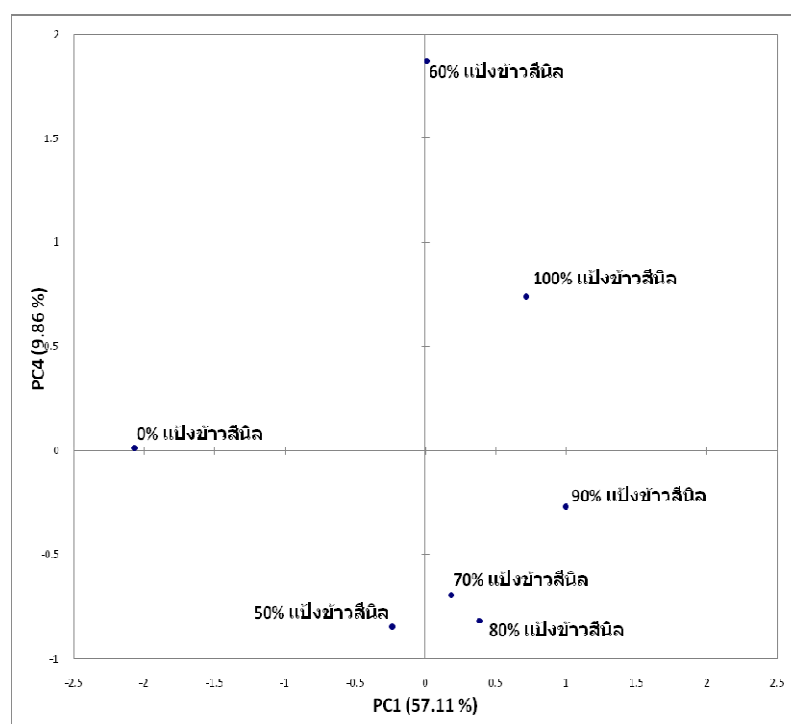
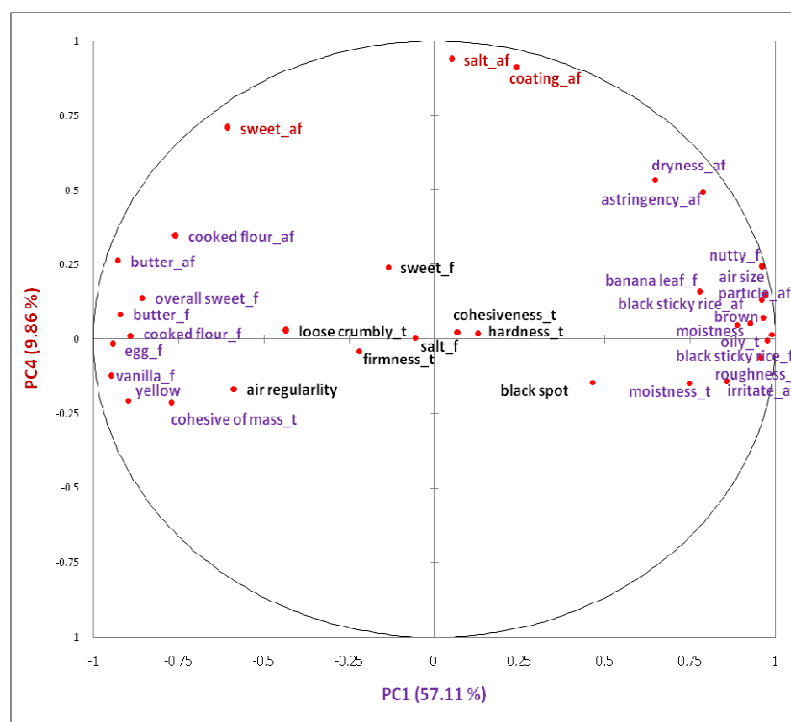
* ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้ หมายถึงค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่จัดอยู่ในองค์ประกอบนั้น
(PC1 PC2 PC3 หรือ PC4)



ภาพที่ 4.1 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 2 (PC 2) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่างๆ (A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 7 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.2 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 3 (PC 3) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่างๆ (A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 7 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.3 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 4 (PC 4) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่างๆ (A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 7 ตัวอย่าง

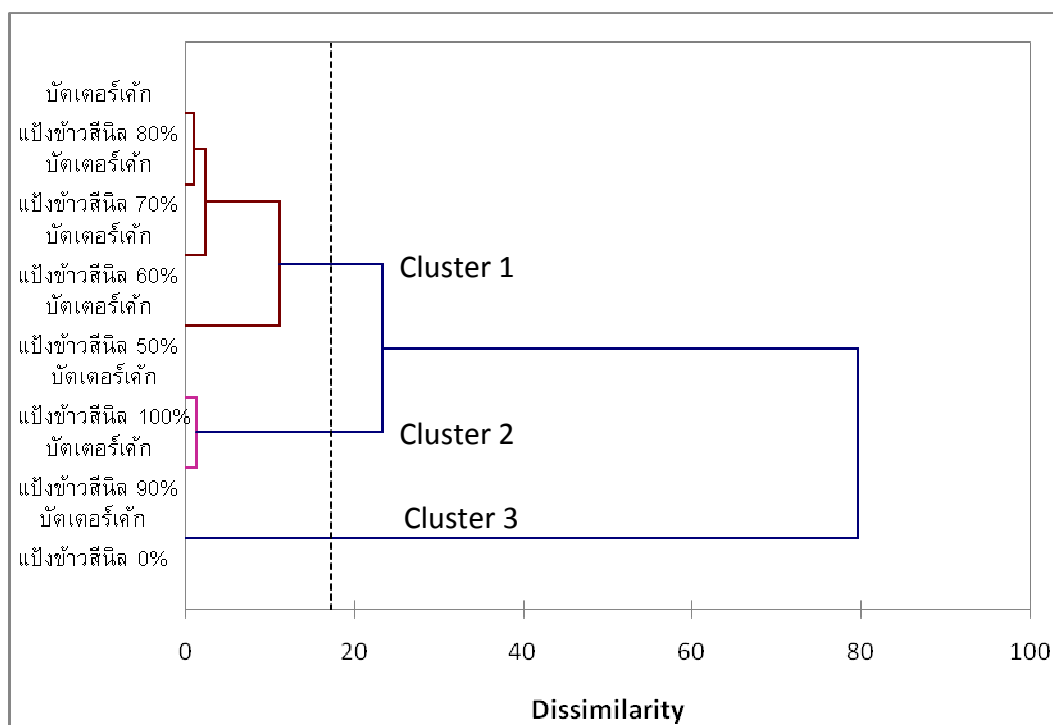
เมื่อพิจารณาแผนภาพ PCA ของค่าตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา และผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลี (ภาพที่ 4.1 ถึง 4.3) โดยพิจารณาร่วมกับเทคนิคการจัดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Hierarchical cluster analysis (ภาพที่ 4.4) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 (cluster 1) ประกอบด้วยแบตเตอรี่เค็กที่มีการใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับปานกลาง ถึงระดับสูง คือร้อยละ 50, 60, 70 และ 80 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีจุดดำบนเนื้อเค็กมาก มีกลิ่นรสใบตอง และกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ โดยเฉพาะมีเนื้อสัมผัสส่วนมากกว่าตัวอย่างในกลุ่มอื่น และมีความแน่นเนื้อ ความแข็ง การเกาะกันของตัวอย่างน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัสที่วัดได้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.4) เนื่องจากเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้แบ่งข้าวสาลีในปริมาณปานกลาง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีเนื้อสัมผัสไม่สม่ำเสมอ ด้านบนส่วนใหญ่จะมีโพรงอากาศขนาดใหญ่ทำให้มีเนื้อเค็กว่น ส่วนด้านล่างจะมีเนื้อเค็กอัดตัวกันแน่น

กลุ่มที่ 2 (cluster 2) ประกอบด้วยแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับสูง คือร้อยละ 90 และ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีโพรงอากาศขนาดใหญ่ มีกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ และกลิ่นรสใบตองมากกว่าตัวอย่างกลุ่มอื่นๆ ในทางกลับกันมีความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ กลิ่นรสเนย กลิ่นรสไข่ และกลิ่นรสแป้งเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แบ่งข้าวสาลีที่ระดับสูงทำให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นรสที่เกิดจากข้าวสาลีได้ดี ซึ่งประกอบด้วยกลิ่นรสใบตอง และกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ และการใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลี เป็นการเจือจางโปรตีนกลูเตน ทำให้ส่วนผสมเค็กมีความสามารถในการกักเก็บอากาศน้อยลง อีกทั้งยังทำให้มีความคงตัวของอิมัลชันลดลงด้วย (ตารางที่ 4.2) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เค็กที่ได้มีโพรงอากาศขนาดใหญ่ และไม่สม่ำเสมอ

กลุ่มที่ 3 (cluster 3) ได้แก่ตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาลี (สูตรควบคุม) เป็นตัวอย่างที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 คือมีความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ กลิ่นรสเนย กลิ่นรสแป้งสูง กลิ่นรสไข่ กลิ่นรสวานิลลาสูง มีโพรงอากาศขนาดเล็ก ไม่มีจุดดำบนเนื้อเค็ก แต่มีกลิ่นรสใบตอง กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ กลิ่นรสถั่วเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งสาลีทั้งหมดแบตเตอรี่เค็กที่ได้จึงไม่มีกลิ่นรสของข้าวสาลี ซึ่งประกอบด้วยกลิ่นรสใบตอง และกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ ทำให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นรสของเนย ไข่ และรสหวานได้มากขึ้น นอกจากนี้ยัง

พบว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งสาขามีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง มีความแน่นเนื้อค่อนข้างสูง มีการเกาะกันของตัวอย่างมาก และมีลักษณะเนื้อเค้ก้วนติดริมฝักปากค่อนข้างน้อย



ภาพที่ 4.4 แผนภาพการจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ Hierarchical cluster analysis โดยใช้ลักษณะทางประสาทสัมผัส

4.2.2.7 การยอมรับจากการทดสอบผู้บริโภค

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีมีคะแนนการยอมรับในทุกๆ ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่ำกว่าบัตเตอร์เค้กสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนถึงร้อยละ 80 – 100 บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีจะมีคะแนนการยอมรับในทุกๆ ด้านไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมทั้งหมด จะเห็นว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 70 เป็นระดับสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ยังคงมีคะแนนมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่ม

ระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไปผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5 – 6 คะแนน คืออยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้น อาจเป็นผลมาจากสีของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก เนื่องจากแบ่งข้าวสาลีมีสีม่วงคล้ำซึ่งเกิดจากรังควาญแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานิน (ณัฐภูมิ, 2550) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสีคล้ำ แตกต่างจากแบตเตอรี่เค็กทั่วไปที่มีสีเหลือง สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรภณ (2552) ที่พบว่าขนมปังที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 10 – 50 มีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสชาติ ความนุ่ม เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวมน้อยกว่าขนมปังสูตรควบคุมที่ใช้แบ่งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่อุศมา (2545) พบว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งที่ใช้แบ่งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 80 – 100 มีคะแนนการยอมรับต่อลักษณะสีเหลือง ความนุ่ม รสหวาน กลิ่นรสเนย และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุม

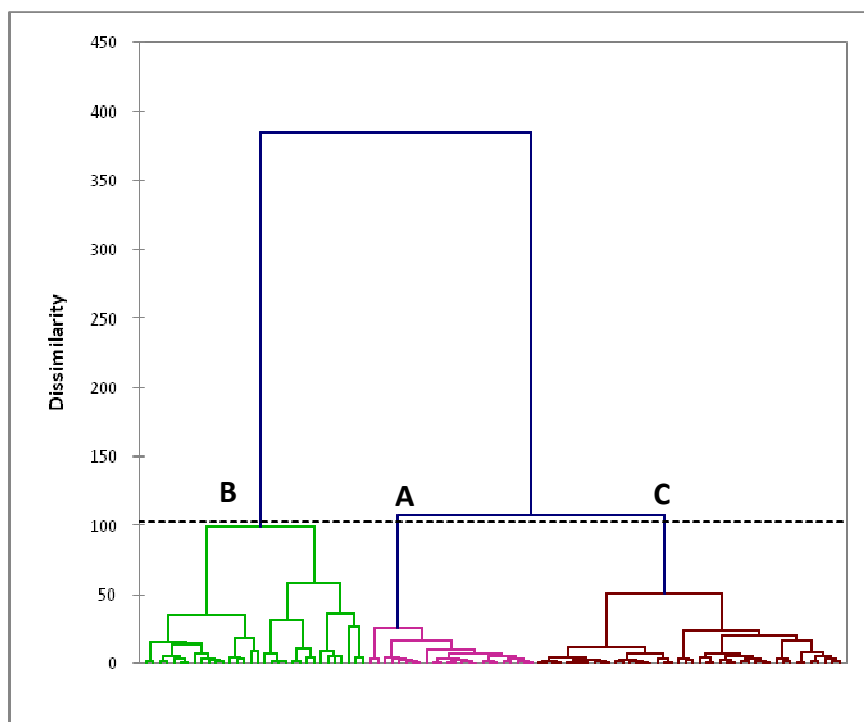
ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 – 100

ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วย		คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส* (N = 100)				
แป้งข้าวสาลี (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0 (สูตรควบคุม)	7.75 ± 0.99^a	7.76 ± 1.09^a	7.34 ± 1.25^a	7.55 ± 1.13^a	7.67 ± 1.14^a	7.66 ± 0.95^a
50	6.43 ± 1.30^b	6.20 ± 1.49^b	6.62 ± 1.30^b	6.75 ± 1.30^b	6.66 ± 1.33^b	6.62 ± 1.25^b
60	5.82 ± 1.34^c	5.77 ± 1.43^c	6.35 ± 1.40^{bc}	6.46 ± 1.30^{bc}	6.13 ± 1.57^c	6.37 ± 1.28^{bc}
70	5.84 ± 1.40^c	5.81 ± 1.41^c	6.06 ± 1.56^{cd}	6.21 ± 1.50^{cd}	5.88 ± 1.72^{cd}	6.04 ± 1.49^{cd}
80	5.72 ± 1.32^c	5.57 ± 1.33^{cd}	5.99 ± 1.54^{cd}	6.03 ± 1.53^{de}	5.88 ± 1.56^{cd}	5.93 ± 1.49^{de}
90	5.48 ± 1.36^c	5.31 ± 1.40^d	5.81 ± 1.48^d	5.71 ± 1.53^e	5.61 ± 1.56^d	5.69 ± 1.43^{de}
100	5.55 ± 1.36^c	5.26 ± 1.41^d	5.66 ± 1.54^d	5.70 ± 1.61^e	5.51 ± 1.59^d	5.61 ± 1.46^e

* 1 คะแนน คือไม่ชอบมากที่สุด, 5 คะแนน คือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 9 คือชอบมากที่สุด

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม มาวิเคราะห์จัดกลุ่มผู้บริโภคด้วยเทคนิค Hierarchical cluster analysis พบว่าสามารถจัดกลุ่มผู้บริโภคได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A, B และ C (ภาพที่ 4.5) ซึ่งมีสมาชิกในแต่ละกลุ่มเท่ากับ 20, 29 และ 51 ตามลำดับ โดยคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในแต่ละกลุ่มต่อแต่ละตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.9



ภาพที่ 4.5 แผนภาพการจัดกลุ่มผู้บริโภคด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ Hierarchical cluster analysis โดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมจากการทดสอบการยอมรับของตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วนต่างๆ

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคแต่ละกลุ่มต่อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็ก
แบ่งข้าวสาลีที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0 - 100

ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วย แบ่งข้าวสาลี (ร้อยละ)	คะแนนความชอบโดยรวม		
	Cluster A (n=20)	Cluster B (n=29)	Cluster C (n=51)
0	7.30 ± 0.80 ^a	7.90 ± 1.11 ^a	7.67 ± 0.86 ^a
50	5.95 ± 1.50 ^b	6.79 ± 1.08 ^b	6.78 ± 1.15 ^b
60	5.45 ± 1.67 ^{bc}	6.72 ± 1.19 ^b	6.53 ± 0.99 ^b
70	4.95 ± 1.06 ^c	6.72 ± 1.06 ^b	6.08 ± 1.18 ^c
80	4.65 ± 1.53 ^c	7.14 ± 0.79 ^b	5.74 ± 1.26 ^c
90	4.55 ± 1.57 ^c	6.59 ± 0.98 ^b	5.63 ± 1.26 ^c
100	3.45 ± 0.89 ^d	6.93 ± 0.70 ^b	5.71 ± 0.86 ^c

* 1 คะแนน คือไม่ชอบมากที่สุด, 5 คะแนน คือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ
9 คือชอบมากที่สุด

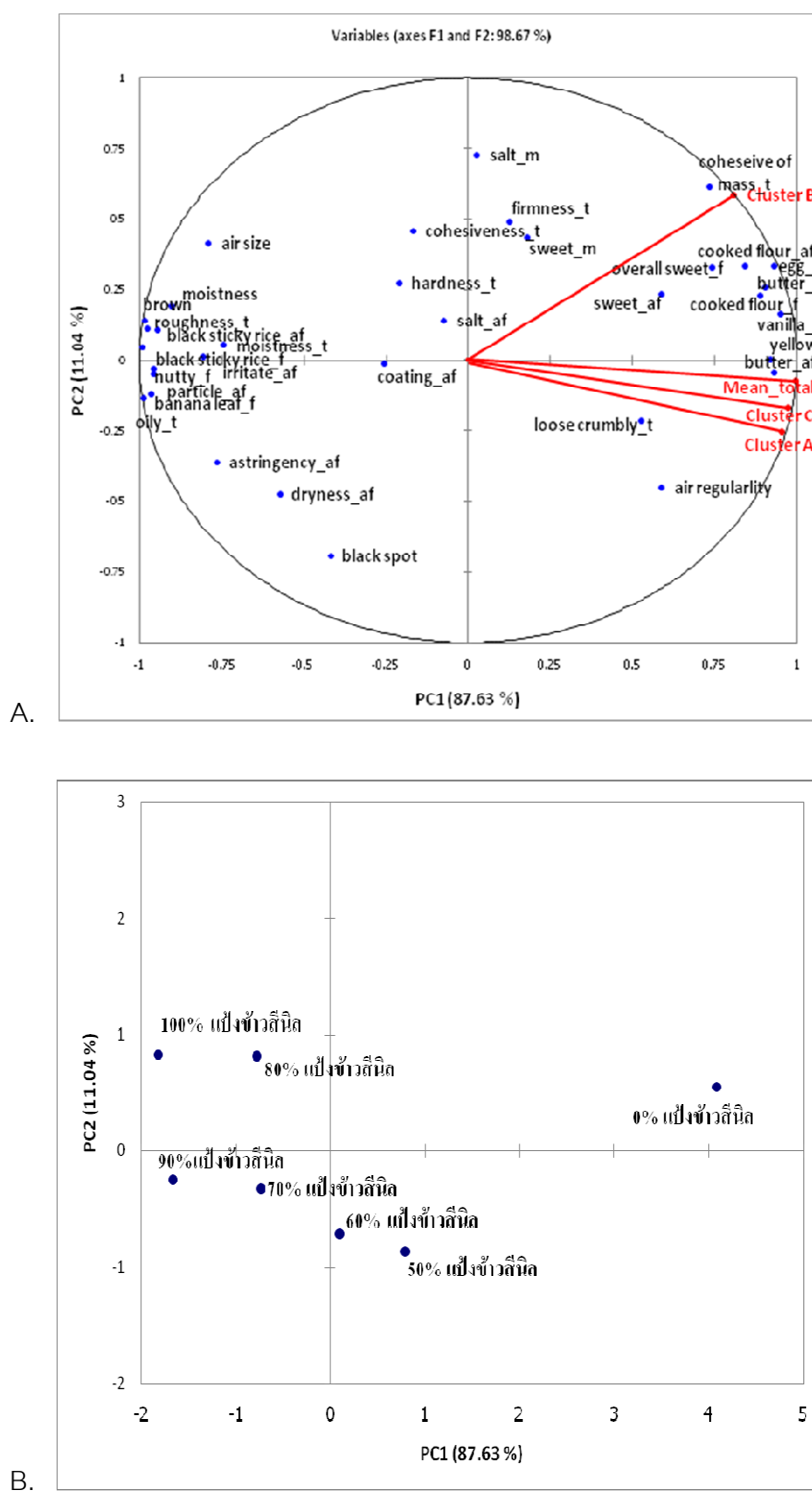
a,b,... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นว่าผู้บริโภคในกลุ่ม A ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของผู้บริโภคทั้งหมด เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี โดยไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 และให้คะแนนการยอมรับลดลงเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน ($p \leq 0.05$) ส่วนผู้บริโภคกลุ่ม B ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29 ของผู้บริโภคทั้งหมด เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ในช่วงระดับการทดแทนร้อยละ 50 – 100 โดยปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้คะแนนความชอบลดลง อย่างไรก็ตามยังคงให้คะแนนความชอบน้อยกว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผู้บริโภคกลุ่ม C ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 51 ของผู้บริโภคทั้งหมดให้การยอมรับแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 – 70 แม้ว่าจะมีคะแนนความชอบน้อยกว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาลีล้วน ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบมากกว่า 6 คะแนน แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนที่ร้อยละ 80 – 100 ผลิตภัณฑ์จะมีคะแนนการยอมรับน้อยกว่า 6 คะแนน นั่นคือปริมาณการทดแทนมีผลต่อความชอบของผู้บริโภคกลุ่มนี้

4.2.2.8 แผนผังความชอบของผู้บริโภค (Internal preference mapping)

เมื่อนำข้อมูลการจัดกลุ่มผู้บริโภค และข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาใช้ในการสร้างแผนผังความชอบของผู้บริโภค (Internal preference mapping) ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.6 พบว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชื่นชอบ

คือลักษณะของแบตเตอรี่เค็กที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน ได้แก่แบตเตอรี่เค็กที่มีกลิ่นรสเนย กลิ่นรสแป้งสุก กลิ่นรสไข่ และกลิ่นรสวนิลลาสูง มีเนื้อสัมผัสที่มีความแน่นเนื้อที่เหมาะสม มีการเกาะกันของตัวอย่างขณะเคี้ยวได้ดี ไม่ร่วน และมีสีเหลือง เนื้อเนียนละเอียด มีความสม่ำเสมอของโพรงอากาศสูง ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับแบตเตอรี่เค็กที่ทำจากแป้งสาลีล้วน จึงให้การยอมรับต่อลักษณะดังกล่าวข้างต้น สำหรับลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เกิดขึ้นจากการใช้แป้งข้าวสาลี เช่น สีน้ำตาล จุดดำบนเนื้อเค็ก กลิ่นรสใบตอง กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ กลิ่นรสถั่ว และเนื้อสัมผัสที่หยาบ ร่วนนั้น ยังไม่เป็นที่คุ้นเคยของผู้บริโภค จึงมีคะแนนการยอมรับน้อยกว่า ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กจากแป้งข้าวสาลี จึงควรมีการปรับปรุงเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏภายนอกของแบตเตอรี่เค็กให้มีความใกล้เคียงกับแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลีล้วน เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.6 แผนผังความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของ
 บัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีระดับต่างๆ

(A) แผนผังความชอบ

(B) ตำแหน่งของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 7 ตัวอย่าง

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏภายนอก ได้แก่ ปริมาตร ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวน่าจะเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่า แบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีปริมาตรสูงที่สุด และจะมีปริมาตรลดลงเมื่อใช้แป้งข้าวสาลีทดแทน แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กที่ระดับร้อยละ 50 และลดลงมากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน จนกระทั่งใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีทั้งหมดจะทำให้แบตเตอรี่เค้กที่ได้มีปริมาตรน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.2) ($p \leq 0.05$) ในส่วนของค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสพบว่าแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีทั้งหมดมีค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีล้วน ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อเค้กที่ได้จะมีลักษณะเนื้อเค้กแข็ง อัดตัวกันแน่น (ตารางที่ 4.3) นอกจากนี้ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ส่วนแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 – 70 เป็นกลุ่มที่ได้รับคะแนนรองลงมาและยังได้คะแนนการยอมรับมากกว่า 6 คะแนน คือชอบเล็กน้อย ส่วนแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 80 – 100 เป็นกลุ่มที่มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับ 5 – 6 คะแนน คือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ถึงชอบเล็กน้อย (ตารางที่ 4.8) จากเหตุผลข้างต้นจึงเลือกการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีที่ระดับร้อยละ 70 ในการนำไปใช้สำหรับการผลิต แบตเตอรี่เค้ก เนื่องจากเป็นปริมาณการทดแทนระดับสูงที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวสาลีที่ได้ ยังคงมีคุณภาพ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อย่างไรก็ตามสำหรับการทดลองในลำดับถัดไป ผู้วิจัยเลือกการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวสาลีที่ระดับสูงที่สุด คือระดับร้อยละ 100 มาใช้ในการทดลอง เนื่องจากการทดลองใช้ สารชนิดต่างๆ เช่น สารไฮโดรคอลลอยด์ แป้งดัดแปร และอิมัลซิไฟเออร์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของ แบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวสาลีให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งที่การทดแทนระดับร้อยละ 70 เป็นระดับที่ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกที่ระดับการทดแทนสูงกว่าร้อยละ 70 และ เมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค จะเห็นได้ว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 80 – 100 มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) ดังนั้นจึงเลือกใช้ การทดแทนที่ระดับร้อยละ 100 เพื่อทดลองปรับปรุงคุณภาพโดยใช้สารเสริมคุณภาพชนิดต่างๆ ซึ่ง ผลการทดลองจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

4.3 การศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ แป้งดัดแปร และอิมัลซิไฟเออร์ ในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวสาลี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวสาลีที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพชนิดต่างๆ ทั้งการวิเคราะห์คุณภาพของส่วนผสมเค้ก และผลิตภัณฑ์เค้กแสดงดังตารางที่ 4.10 ถึง 4.18 และภาพที่ 4.7 ถึง 4.11 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 คุณภาพของส่วนผสมเค้ก

4.3.1.1 ความคงตัวของอิมัลชัน

เมื่อพิจารณาผลของสารเสริมคุณภาพต่อค่าความคงตัวของอิมัลชันของส่วนผสมเค้ก พบว่าการเติมสารเสริมคุณภาพลงในระบบ ทำให้ส่วนผสมเค้กแป้งข้าวสาลีมีความคงตัวของอิมัลชันมากกว่าส่วนผสมเค้กแป้งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารเสริมคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามส่วนผสมเค้กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมสารเสริมคุณภาพยังมีความคงตัวของอิมัลชันน้อยกว่าส่วนผสมเค้กที่ใช้แป้งสาลีทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้สารผสมระหว่าง xanthan gum, guar gum ร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์เป็นสารเสริมคุณภาพ ทำให้ส่วนผสมเค้กแป้งข้าวสาลีมีความคงตัวของอิมัลชันมากที่สุดและไม่แตกต่างจากส่วนผสมเค้กแป้งสาลีล้วน รองลงมาคือ cellulose, อิมัลซิไฟเออร์, สารผสมระหว่างแป้งดัดแปรและอิมัลซิไฟเออร์, สารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum สารผสมระหว่าง cellulose ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ และแป้งดัดแปรตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Turabi และคณะ (2008a) ซึ่งศึกษาผลของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ต่างๆ และอิมัลซิไฟเออร์ต่อคุณภาพของแบตเตอรี่เค้กแป้งข้าว และพบว่าเมื่อใช้ guar gum จะทำให้ส่วนผสมแบตเตอรี่เค้กข้าวมีความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้น และจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ รองลงมาคือการใช้ xanthan gum เพียงชนิดเดียว และการใช้สารผสมระหว่าง xanthan gum ร่วมกับ guar gum และอิมัลซิไฟเออร์

4.3.1.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมเค้กที่น้อยลง หมายถึงส่วนผสมเค้กมีความสามารถในการกักเก็บอากาศไว้ในระบบได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าการใช้สารปรับปรุงคุณภาพทั้งไฮโดรคอลลอยด์ แป้งดัดแปร อิมัลซิไฟเออร์ หรือใช้ไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ และแป้งดัดแปรร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ส่งผลให้ส่วนผสมเค้กมีค่าความถ่วงจำเพาะลดน้อยลง โดยมีค่าลดลงต่ำกว่าส่วนผสมเค้กสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยกัมจะมีผลทำให้ส่วนผสมเค้กแป้งข้าวสาลีมีค่า

ความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด ผลงานวิจัยที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Turabi และคณะ (2008a) ที่ทดลองใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ และใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ในการปรับปรุงคุณภาพแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าว พบว่าการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ เช่น xanthan gum และ guar gum ทำให้ส่วนผสมเค็กแบ่งข้าวมีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมเค็กแบ่งข้าวที่ไม่มีการเติมสารปรับปรุงคุณภาพ โดยจะลดลงมากขึ้นเมื่อใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ จากผลการวิเคราะห์ส่วนผสมเค็กนี้ ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าแบตเตอรี่เค็กที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพ จะมีปริมาตรมากกว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสินิลที่ไม่มีการเติมสารปรับปรุงคุณภาพ

ตารางที่ 4.10 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อค่าความคงตัวของอิมัลชัน และค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมเค็กแบ่งข้าวสินิล

ชนิดของสารเสริมคุณภาพ	ค่าความคงตัวของอิมัลชัน (%)	ค่าความถ่วงจำเพาะ
สูตรแป้งสาลี	68.37 ± 0.19^a	0.63 ± 0.01^b
สูตรแป้งข้าวสินิล	6.47 ± 0.23^f	0.71 ± 0.01^a
Gum (xanthan + guar gum)	39.96 ± 0.20^d	0.57 ± 0.01^g
Cellulose	59.94 ± 0.43^b	0.59 ± 0.01^e
Modified starch	29.41 ± 0.60^e	0.60 ± 0.01^d
Emulsifier	56.08 ± 4.30^c	0.59 ± 0.01^e
Gum + Emulsifier	66.71 ± 0.03^a	0.60 ± 0.01^d
Cellulose + Emulsifier	39.47 ± 0.50^d	0.62 ± 0.01^c
Modified starch + Emulsifier	40.07 ± 0.23^d	0.58 ± 0.01^f

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เค็ก

4.3.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และปริมาณความชื้น

เมื่อพิจารณาผลการทดลองดังตารางที่ 4.11 พบว่าสารปรับปรุงคุณภาพไม่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสินิล เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระในแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลี แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสินิล และแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสินิลที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในส่วนของปริมาณความชื้น พบว่าสารปรับปรุงคุณภาพมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสินิลที่ได้มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบ

กับแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ แต่ยังคงมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลี ($p \leq 0.05$) โดยสารเสริมคุณภาพประเภทนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ได้มีปริมาณความชื้นมากที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากสารเสริมคุณภาพประเภทสารไฮโดรคอลลอยด์ และแบ่งดัดแปรเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี เมื่อนำมาใช้ในแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลี ซึ่งแบ่งข้าวมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าแบ่งสาเลี (ภัทรภณ, 2552) จึงมีส่วนช่วยให้สามารถดูดซับน้ำไว้ในระบบได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของสารอิมัลซิไฟเออร์ พบว่ามีส่วนช่วยทำให้ความป็นอิมัลชันของส่วนผสมเค้กมีความคงตัวมากขึ้น ทำให้ไม่เกิดการแยกชั้นของส่วนผสมในระหว่างการอบ ช่วยลดการสูญเสียไอน้ำในระหว่างการอบไว้ได้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีมีปริมาณความชื้นมากขึ้น

ตารางที่ 4.11 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นของส่วนผสมเค้กแบ่งข้าวสาลี

ชนิดของสารเสริมคุณภาพ	Water activity (a_w) ^{ns}	Moisture content (%)
สูตรแบ่งสาเลี	0.878 ± 0.002	38.62 ± 0.23^a
สูตรแบ่งข้าวสาลี	0.875 ± 0.001	33.90 ± 0.09^d
Gum (Xanthan gum+Guar gum)	0.871 ± 0.070	36.52 ± 0.35^b
Cellulose	0.873 ± 0.001	35.49 ± 0.34^c
Modified starch	0.878 ± 0.001	35.63 ± 0.39^c
Emulsifier	0.875 ± 0.002	35.09 ± 0.04^c
Gum + Emulsifier	0.868 ± 0.005	35.30 ± 0.45^c
Cellulose + Emulsifier	0.869 ± 0.002	35.29 ± 0.36^c
Modified starch + Emulsifier	0.870 ± 0.001	35.12 ± 0.15^c

^{a,b, ...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2.2 ปริมาตร และดัชนีปริมาตร

เมื่อพิจารณาผลการทดลองดังตารางที่ 4.12 พบว่าสารปรับปรุงคุณภาพมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีมีปริมาตรสูงกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลีที่ไม่เติมสารเสริมคุณภาพ แต่ยังคงมีปริมาตรน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง

ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับค่าดัชนีปริมาตร โดยการใช้กัม cellulose อิมัลซิไฟเออร์ กัม ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ และแป้งดัดแปรร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีมี ปริมาตรสูงรองลงมาจากแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลี ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าความคงตัวของอิมัลชัน และค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมเค็กแป้งข้าวสาลิดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากคุณสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ (กัม และ cellulose) ที่ทำให้ส่วนผสมเค็ก มีความข้นหนืดมากขึ้น จึงเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในส่วนผสมเค็ก ส่งผลให้สามารถกักเก็บอากาศไว้ในระบบได้มากขึ้น สังเกตได้จากค่าความถ่วงจำเพาะที่มีค่าน้อยลง ทำให้แบตเตอรี่เค็กมีปริมาตรมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Turabi และคณะ (2008a) ที่ใช้สาร ไฮโดรคอลลอยด์ และอิมัลซิไฟเออร์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กข้าว พบว่าสาร ไฮโดรคอลลอยด์มีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาตรให้กับแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวได้ โดยเฉพาะเมื่อใช้ xanthan gum ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวที่ได้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในส่วนของแป้งดัดแปร มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี และช่วยเพิ่มความข้นหนืดให้กับส่วนผสม เค็ก ทำให้ส่วนผสมเค็กสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ดียิ่งขึ้น โดยพบว่าแป้งดัดแปรมีส่วนช่วยให้แบตเตอรี่ เค็กมีปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และสารอิมัลซิไฟเออร์มีส่วนช่วยให้ส่วนผสมเค็กซึ่งเป็น อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น สามารถรักษาสภาวะความเป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วย 3 สถานะ ได้แก่ ไขมัน น้ำ และอากาศไว้ได้ดี จึงมีปริมาตรมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าว สาลีที่ไม่ได้เติมสารปรับปรุงคุณภาพ จากค่าความสูงของแบตเตอรี่เค็กที่จุดต่างๆ พบว่าสารทุกชนิด ไม่มีผลต่อการช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการยุบตัวของผิวหน้าเค็ก คือแบตเตอรี่เค็กที่มีการเติมสาร ชนิดต่างๆ ทั้งสารไฮโดรคอลลอยด์ แป้งดัดแปร และอิมัลซิไฟเออร์ยังคงเกิดการยุบตัวของผิวหน้า เค็กเช่นเดียวกับแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีล้วน

4.3.2.3 น้ำหนัก และความหนาแน่น

สารเสริมคุณภาพไม่มีผลต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลี โดยพบว่าแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลี แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลี และแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมสาร ปรับปรุงคุณภาพมีน้ำหนักหลังอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณา ความหนาแน่นของตัวอย่าง พบว่าสารเสริมคุณภาพมีส่วนช่วยให้แบตเตอรี่เค็กมีความหนาแน่น ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพมี ปริมาตรมากขึ้น โดยพบว่าสารเสริมคุณภาพประเภทกัม cellulose อิมัลซิไฟเออร์ กัมร่วมกับ อิมัลซิไฟเออร์ และแป้งดัดแปรร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ จะทำให้แบตเตอรี่เค็กมีความหนาแน่นลดลงจน มีค่าใกล้เคียงกับแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลีมากที่สุด (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อปริมาตร ดัชนีปริมาตร น้ำหนัก และความหนาแน่นของแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลี

ชนิดของ สารเสริมคุณภาพ	ปริมาตร (cm ³)	ความสูง ณ ตำแหน่งต่างๆ			ดัชนีปริมาตร (cm)	น้ำหนัก ^{ns} (g)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
		B (cm)*	C (cm)*	D (cm)*			
สูตรแป้งสาลี	1043.33 ± 6.11 ^a	5.39 ± 0.13 ^a	5.43 ± 0.09 ^a	5.34 ± 0.10 ^a	16.08 ± 0.25 ^a	370.03 ± 0.64	0.354 ± 0.002 ^e
สูตรแป้งข้าวสาลี	826.00 ± 3.61 ^e	4.57 ± 0.16 ^e	4.50 ± 0.16 ^e	4.52 ± 0.08 ^d	13.60 ± 0.34 ^e	369.29 ± 0.26	0.447 ± 0.002 ^a
Gum (xanthan gum+Guar gum)	964.00 ± 3.46 ^b	4.93 ± 0.17 ^b	4.84 ± 0.12 ^b	4.88 ± 0.08 ^b	14.66 ± 0.10 ^b	369.77 ± 0.26	0.384 ± 0.002 ^d
Cellulose	962.33 ± 2.52 ^b	4.82 ± 0.14 ^{bcd}	4.66 ± 0.11 ^d	4.79 ± 0.16 ^{bc}	14.27 ± 0.26 ^{cd}	369.72 ± 0.20	0.384 ± 0.001 ^d
Modified starch	922.00 ± 2.00 ^d	4.84 ± 0.10 ^{bcd}	4.74 ± 0.09 ^{bcd}	4.78 ± 0.11 ^{bc}	14.37 ± 0.04 ^{bcd}	369.88 ± 0.31	0.401 ± 0.001 ^b
Emulsifier	962.00 ± 4.00 ^b	4.78 ± 0.04 ^{cd}	4.70 ± 0.10 ^{cd}	4.81 ± 0.12 ^b	14.29 ± 0.12 ^{cd}	369.80 ± 0.09	0.384 ± 0.002 ^d
Gum + Emulsifier	963.33 ± 1.16 ^b	4.89 ± 0.09 ^{bc}	4.80 ± 0.07 ^{bc}	4.82 ± 0.07 ^b	14.51 ± 0.11 ^{bc}	369.41 ± 0.15	0.383 ± 0.001 ^d
Cellulose + Emulsifier	932.67 ± 3.06 ^c	4.74 ± 0.07 ^d	4.69 ± 0.09 ^{cd}	4.70 ± 0.07 ^c	14.13 ± 0.12 ^d	369.37 ± 0.38	0.396 ± 0.001 ^c
Modified starch + Emulsifier	962.67 ± 1.16 ^b	4.74 ± 0.12 ^d	4.76 ± 0.10 ^{bcd}	4.84 ± 0.13 ^b	14.34 ± 0.15 ^{bcd}	369.92 ± 0.75	0.384 ± 0.001 ^d

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

* B คือความสูง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางไปทางซ้าย 2.5 ซม., C คือความสูง ณ จุดกึ่งกลาง และ D คือความสูง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา

4.3.2.4 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*)

บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ได้มีสีคล้ำ เป็นสีที่เกิดจากสีของรงควัตถุแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสาลี โดยบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) น้อยกว่า แต่มีค่าสีแดง (a^*) มากกว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งสาธิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่เติมและเติม สารปรับปรุงคุณภาพชนิดต่างๆ พบว่า มีค่าสีทั้งค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อค่าสีของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี

ชนิดของสารเสริมคุณภาพ	L^*	a^*	b^*
สูตรแบ่งสาธิต	73.82 ± 1.17^a	-7.81 ± 0.20^b	35.84 ± 0.71^a
สูตรแบ่งข้าวสาลี	46.55 ± 1.17^b	1.54 ± 0.21^a	20.29 ± 0.13^b
Gum (Xanthan gum+Guar gum)	47.59 ± 0.54^b	1.31 ± 0.13^a	20.47 ± 0.55^b
Cellulose	46.95 ± 0.99^b	1.54 ± 0.09^a	20.52 ± 0.15^b
Modified starch	46.72 ± 1.00^b	1.42 ± 0.14^a	20.53 ± 0.67^b
Emulsifier	47.14 ± 0.75^b	1.44 ± 0.16^a	20.92 ± 0.39^b
Gum + Emulsifier	46.95 ± 0.86^b	1.47 ± 0.14^a	20.84 ± 0.61^b
Cellulose + Emulsifier	47.25 ± 1.04^b	1.52 ± 0.25^a	20.56 ± 0.40^b
Modified starch + Emulsifier	46.78 ± 0.46^b	1.47 ± 0.06^a	20.74 ± 0.22^b

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2.5 เค้าโครงเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)

ผลการวิเคราะห์เค้าโครงเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กด้วยเครื่อง texture analyzer แสดงดังตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ cellulose และสารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum จะทำให้บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีมีความแน่นเนื้อ (firmness) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้แบ่งสาธิตล้วน และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อใช้ cellulose หรือกัมร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นั่นคือช่วยทำให้บัตเตอร์เค้กมีความนุ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Turabi และคณะ (2008a) ที่พบว่าเมื่อใช้ xanthan gum ร่วมกับ guar gum ในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กข้าวทำให้ค่าความแน่นเนื้อของบัตเตอร์เค้กมี

ความแน่นเนื้อมากขึ้น แต่เมื่อใช้ xanthan gum และ guar gum ร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ จะทำให้แบตเตอรี่เค็กข้าวมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับแบตเตอรี่เค็กที่ใช้แป้งดัดแปรเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุมทั้ง 2 สูตร คือสูตรแป้งสาลี และสูตรแป้งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อใช้ร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าจะทำให้แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่ได้มีค่าความแน่นเนื้อน้อยลงไปกว่าเมื่อใช้แป้งดัดแปรเพียงอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการเติมแป้งดัดแปรซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี จะเป็นการเพิ่มน้ำในระบบ ทำให้แบตเตอรี่เค็กที่ได้มีความนุ่มเพิ่มขึ้น ในส่วนของสารอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าแบตเตอรี่เค็กที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์เป็นสารปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ส่วนผสมเค็กมีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น จึงเกิดการสูญเสียน้ำ และฟองอากาศระหว่างการอบน้อยลง ทำให้ได้แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุม

ในส่วนของค่าการคืนตัว (springiness) พบว่าแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีในทุกๆ สูตรมีค่าการคืนตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นคือสารเสริมคุณภาพแต่ละชนิดที่เลือกใช้ไม่มีผลต่อการคืนตัวของแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลี สำหรับค่าการเกาะกันของตัวอย่าง พบว่าแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพชนิดต่างๆ มีค่าการเกาะกันของตัวอย่างไม่แตกต่างจากแบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ และมีค่ามากกว่าแบตเตอรี่เค็กแป้งสาลีล้วน โดยเนื้อเค็กที่ได้มีลักษณะเกาะตัวกันดี ไม่ร่วน

สำหรับความยากในการเคี้ยว พิจารณาจากค่า gumminess และ chewiness พบว่าแบตเตอรี่เค็กที่ใช้กัม หรือ cellulose เป็นสารเสริมคุณภาพมีความยากในการเคี้ยวมากกว่าแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุม ค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าจากการวัดความแน่นเนื้อที่กล่าวข้างต้น นั่นคือแบตเตอรี่เค็กที่ได้มีความยากในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าความแน่นเนื้อมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี

สิ่งทดลอง	ค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัส				
	Firmness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (g)
สูตรแบ่งสาลี	545.38 ± 1.96 ^a	0.929 ± 0.017	0.623 ± 0.016 ^c	339.55 ± 8.74 ^b	315.82 ± 13.09 ^b
สูตรแบ่งข้าวสาลี	524.51 ± 13.48 ^{ab}	0.945 ± 0.006	0.647 ± 0.005 ^{ab}	339.25 ± 7.06 ^b	320.44 ± 8.73 ^b
Gum (Xanthan gum+Guar gum)	525.49 ± 5.59 ^{ab}	0.932 ± 0.016	0.665 ± 0.017 ^a	349.43 ± 9.09 ^{ab}	325.55 ± 8.38 ^{ab}
Cellulose	543.25 ± 12.65 ^a	0.941 ± 0.017	0.664 ± 0.006 ^{ab}	360.98 ± 10.18 ^a	339.61 ± 8.31 ^a
Modified starch	473.15 ± 13.81 ^c	0.924 ± 0.019	0.655 ± 0.011 ^{ab}	310.01 ± 8.28 ^c	286.13 ± 1.59 ^c
Emulsifier	449.17 ± 15.72 ^d	0.948 ± 0.011	0.661 ± 0.009 ^{ab}	296.75 ± 13.72 ^{cd}	281.29 ± 14.68 ^c
Gum + Emulsifier	521.06 ± 0.42 ^b	0.935 ± 0.007	0.644 ± 0.003 ^b	335.52 ± 1.55 ^b	313.41 ± 3.06 ^b
Cellulose + Emulsifier	450.53 ± 8.48 ^d	0.931 ± 0.012	0.644 ± 0.005 ^b	290.15 ± 6.40 ^d	270.26 ± 7.04 ^c
Modified starch + Emulsifier	446.71 ± 16.79 ^d	0.930 ± 0.005	0.651 ± 0.014 ^{ab}	290.69 ± 6.60 ^d	269.94 ± 7.77 ^c

^{a,b, ...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2.6 ลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบเชิงพรรณนา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive test) ของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งสาละ บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้สารเสริมคุณภาพชนิดต่างๆ ได้แก่ไฮโดรคอลลอยด์ แป้งดัดแปร และอิมัลซิไฟเออร์ ทั้งการใช้เพียงชนิดเดียว และการใช้ร่วมกัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งสาละ บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ พบว่ามีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่รวบรวมได้ทั้งหมด 34 ลักษณะ ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนของคำศัพท์ คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงแสดงไว้ก่อนหน้านี้ดังตารางที่ 4.5 และในส่วนของระดับความเข้มของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแสดงดังตารางที่ 4.15

เมื่อนำค่าระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง บัตเตอร์เค้กแบ่งสาละ บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis, PCA) หมุนแกนแบบ Varimax ผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถสร้างองค์ประกอบใหม่ได้ 4 องค์ประกอบหลัก (principal component; PC) ใช้อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 93.10 แสดงดังตารางที่ 4.16 แผนภาพ PCA ของค่าตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัส 34 ลักษณะ และตัวอย่าง บัตเตอร์เค้กแบ่งสาละ บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.6 ถึง 4.9

องค์ประกอบที่ 1 (PC 1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 61.44 ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 24 ลักษณะ ซึ่งแบ่งตามความสัมพันธ์ต่อองค์ประกอบหลัก กลุ่มที่มีความสำคัญเชิงลบกับเส้นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ สีเหลือง (Yellow) ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ (Air regularity) กลิ่นรสเนย (butter_f) กลิ่นรสหวานโดยรวม (overall sweet_f) กลิ่นรสวานิลลา (vanilla_f) กลิ่นแป้งสุก (cooked flour_f) กลิ่นรสไข่ (egg_f) กลิ่นรสเนยตกค้าง (butter_af) และกลิ่นรสแป้งสุกตกค้าง (cooked flour_af) ในส่วนของกลุ่มที่มีความสัมพันธ์ต่อองค์ประกอบหลักในด้านบวก ได้แก่ สีน้ำตาล (Brown) จุดดำบนเนื้อบัตเตอร์เค้ก (Black spot) ขนาดของโพรงอากาศ (Air size) ความชุ่มชื้นของเนื้อเค้ก (Moistness) กลิ่นรสใบตอง (banana leaf_f) กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ (black sticky rice_f) กลิ่นรสถั่ว (nutty_f) กลิ่นรสข้าวเหนียวดำตกค้าง (black sticky rice_af) ความฝืด (astringency_af) ความแห้งผืดคอ (dryness_af) ความรู้สึกเคลือบในปาก (coating_af) ความระคายเคืองในคอ (irritate_af) ลักษณะ Particle (partical_af) ความมันติดริมฝีปาก (oily_t) และความหยาบของเนื้อเค้ก (roughness_t)

องค์ประกอบที่ 2 (PC 2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 14.03 ใช้
อธิบายคำจำกัดความของแต่ละคำศัพท์ได้ 5 ลักษณะ แบ่งความสัมพันธ์ต่อองค์ประกอบหลัก
ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับเส้นองค์ประกอบหลักด้านบวก ประกอบด้วยรส
หวาน (sweet_f) และ การร่วนติดริมฝีปาก (loose crumbly_t) อีกกลุ่มคือกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับ
เส้นองค์ประกอบหลักด้านลบ ได้แก่ค่าความแน่นเนื้อ (firmness_t) การเกาะกันของตัวอย่าง
(cohesiveness_t) และการเกาะกันของตัวอย่างระหว่างเคี้ยว (cohesiveness of mass_t)

องค์ประกอบที่ 3 (PC 3) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ
10.78 ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 3 ลักษณะ และมีความสัมพันธ์ในด้านบวกเพียง
ด้านเดียว ได้แก่รสชาติเค็ม (salt_f) รสชาติหวานตกค้าง (sweet_af) และรสชาติเค็มตกค้าง
(salt_af)

องค์ประกอบที่ 4 (PC 4) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 6.85
สามารถอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 2 ลักษณะได้แก่ ความแข็ง (hardness_t) ซึ่งม
ีความสัมพันธ์กับเส้นองค์ประกอบหลักทางด้านบวก และความชุ่มชื้น (moistness_t) ซึ่งม
ีความสัมพันธ์กับเส้นองค์ประกอบหลักทางด้านลบ

จากแผนภาพ PCA ที่แสดงดังภาพที่ 4.7 – 4.9 พบว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่ง
สาลิ้งวน และแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวนมีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน โดยแบตเตอรี่
เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวนจะมีลักษณะของกลิ่นรสเนย กลิ่นรสแป้งสุก กลิ่นรสไข่สูง มีเนื้อสัมผัสเกาะ
รวมตัวกันได้ดี ไม่ร่วน ซึ่งเป็นลักษณะที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค (ภาพที่ 4.6) ในขณะที่แบตเตอรี่
เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวนจะมีลักษณะกลิ่นรสเฉพาะตัวของข้าวสาลีลิ้งวน คือกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ และกลิ่นรส
ไบตอง มีจุดดำนบนเนื้อเค้ก มีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบ แข็ง มีความแน่นเนื้อมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่
ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อนำสารไฮโดรคอลลอยด์ แบ่งัดแปร และสารอิมัลซิไฟเออร์มาทดลองใช้เพื่อ
ปรับปรุงคุณภาพด้านต่างๆ ของแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวน ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับแบตเตอรี่เค้ก
แบ่งสาลิ้งวนมากยิ่งขึ้น พบว่าเมื่อมีการเติมสารชนิดต่างๆ แล้วแบตเตอรี่เค้กที่ได้ยังคงมีกลิ่นรสของ
ข้าวสาลีลิ้งวน คือกลิ่นรสข้าวเหนียวดำ และกลิ่นรสไบตอง อีกทั้งมีจุดดำนบนเนื้อเค้กไม่แตกต่างจาก
แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวน แต่สารดังกล่าวมีส่วนช่วยในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของ
แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวน โดยสารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum, และสารผสม
ระหว่าง xanthan gum, guar gum และอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีลิ้งวนมี
ความแข็ง ความแน่นเนื้อ และการเกาะตัวกันของตัวอย่างระหว่างเคี้ยวลดลง ทั้งนี้สารผสมระหว่าง
xanthan gum, guar gum และอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแบตเตอรี่เค้ก

แป้งสาลีมากที่สุด ในขณะที่สารชนิดอื่นๆ สามารถทำให้แบตเตอรี่เค็กแป้งข้าวสาลีมีลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันแต่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum

ตารางที่ 4.15 ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ								
	แป้งสาลี	แป้งข้าวสาลี	Gum (xanthan gum +Guar gum)	Cellulose	Modified starch	Emulsifier	Gum+ Emulsifier	Cellulose+ Emulsifier	Modified starch+ Emulsifier
ลักษณะปรากฏ									
สีเหลือง	3.71 ± 0.51^a	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^b
สีน้ำตาล	0.00 ± 0.00^e	7.71 ± 0.49^a	6.87 ± 0.71^d	7.33 ± 0.67^{bc}	7.69 ± 0.46^a	7.65 ± 0.80^{ab}	7.04 ± 0.61^{cd}	8.00 ± 0.44^a	7.31 ± 0.44^{bc}
จุดดำบนเนื้อเค้ก	0.00 ± 0.00^d	0.54 ± 0.33^c	1.04 ± 0.55^a	0.77 ± 0.51^{bc}	0.67 ± 0.35^c	0.58 ± 0.32^c	0.96 ± 0.51^{ab}	0.60 ± 0.29^c	0.60 ± 0.36^c
ขนาดของโพรงอากาศ	9.23 ± 0.78^c	10.35 ± 0.48^{ab}	9.50 ± 1.05^c	10.35 ± 0.50^{ab}	9.98 ± 0.54^b	10.21 ± 0.41^{ab}	10.23 ± 0.74^{ab}	10.15 ± 0.48^{ab}	10.42 ± 0.54^a
ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ	9.15 ± 1.13^a	8.21 ± 0.78^{bc}	9.02 ± 1.14^a	8.29 ± 0.78^{bc}	8.48 ± 0.81^b	8.27 ± 0.95^{bc}	8.33 ± 1.05^{bc}	8.15 ± 0.76^{bc}	7.81 ± 1.02^c
ความชุ่มชื้น	7.44 ± 0.74^c	8.12 ± 0.45^{ab}	7.96 ± 0.57^b	8.15 ± 0.37^{ab}	8.31 ± 0.46^a	8.40 ± 0.33^a	8.00 ± 0.44^b	8.19 ± 0.35^{ab}	8.21 ± 0.25^{ab}
กลิ่นรส									
กลิ่นรสเนย	5.65 ± 0.80^a	4.77 ± 0.64^b	4.56 ± 0.61^b	4.75 ± 0.72^b	4.69 ± 0.64^b	4.67 ± 0.46^b	4.54 ± 0.84^b	4.71 ± 0.67^b	4.71 ± 0.55^b
กลิ่นรสหวานโดยรวม	5.67 ± 0.92^a	5.02 ± 0.72^b	4.71 ± 0.46^b	4.65 ± 0.58^b	5.04 ± 0.70^b	4.92 ± 0.58^b	4.81 ± 0.83^b	4.90 ± 0.72^b	4.90 ± 0.64^b
กลิ่นรสวานิลลา	2.87 ± 0.47^a	1.92 ± 0.38^b	1.94 ± 0.49^b	1.85 ± 0.34^b	2.04 ± 0.36^b	1.96 ± 0.41^b	1.96 ± 0.51^b	1.92 ± 0.43^b	2.02 ± 0.40^b
กลิ่นรสแป้งสุก	2.56 ± 0.42^a	2.12 ± 0.40^b	2.12 ± 0.49^b	2.17 ± 0.38^b	2.06 ± 0.52^b	2.08 ± 0.43^b	1.90 ± 0.57^b	2.12 ± 0.47^b	2.17 ± 0.46^b
กลิ่นรสไข่	2.77 ± 0.51^a	1.87 ± 0.34^b	1.73 ± 0.46^b	1.87 ± 0.42^b	1.85 ± 0.23^b	1.77 ± 0.33^b	1.75 ± 0.49^b	1.83 ± 0.46^b	1.77 ± 0.33^b

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มข้นของลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่ใช้สารเสริมคุณภาพชนิดต่างๆ								
	แป้งสาลี	แป้งข้าวสาลี	Gum (xanthan gum +Guar gum)	Cellulose	Modified starch	Emulsifier	Gum+ Emulsifier	Cellulose+ Emulsifier	Modified starch+ Emulsifier
กลิ่นรส									
กลิ่นรสใบตอง	0.12 ± 0.30 ^b	2.52 ± 0.73 ^a	2.25 ± 0.66 ^a	2.54 ± 0.70 ^a	2.54 ± 0.72 ^a	2.35 ± 0.65 ^a	2.46 ± 0.81 ^a	2.42 ± 0.65 ^a	2.42 ± 0.62 ^a
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ	0.00 ± 0.00 ^d	5.96 ± 0.46 ^a	5.23 ± 0.71 ^c	5.85 ± 0.37 ^{ab}	5.83 ± 0.46 ^{ab}	5.54 ± 0.78 ^{bc}	5.19 ± 0.96 ^c	5.85 ± 0.54 ^{ab}	5.42 ± 0.83 ^c
กลิ่นรสถั่ว	0.98 ± 0.43 ^b	1.81 ± 0.51 ^a	1.79 ± 0.62 ^a	1.81 ± 0.53 ^a	1.96 ± 0.57 ^a	1.73 ± 0.46 ^a	1.62 ± 0.68 ^a	1.83 ± 0.46 ^a	1.73 ± 0.51 ^a
รสหวาน	7.27 ± 0.78 ^{ab}	7.19 ± 0.91 ^{ab}	6.92 ± 0.60 ^b	7.31 ± 0.72 ^{ab}	7.33 ± 0.54 ^{ab}	7.29 ± 0.78 ^{ab}	7.19 ± 0.67 ^{ab}	7.27 ± 0.71 ^{ab}	7.44 ± 0.71 ^a
รสเค็ม	2.69 ± 0.57 ^a	2.65 ± 0.60 ^{ab}	2.33 ± 0.50 ^b	2.67 ± 0.54 ^{ab}	2.54 ± 0.51 ^{ab}	2.50 ± 0.47 ^{ab}	2.54 ± 0.41 ^{ab}	2.67 ± 0.50 ^{ab}	2.65 ± 0.40 ^{ab}
เนื้อสัมผัส									
<i>Lip feel</i>									
Oily	5.79 ± 0.81 ^b	7.02 ± 0.54 ^a	7.02 ± 0.40 ^a	7.19 ± 0.35 ^a	7.15 ± 0.34 ^a	7.31 ± 0.48 ^a	7.04 ± 0.44 ^a	7.19 ± 0.41 ^a	7.31 ± 0.37 ^a
Loose Crumbly	5.02 ± 0.65 ^c	4.37 ± 0.65 ^c	4.29 ± 0.76 ^c	4.92 ± 0.52 ^a	4.81 ± 0.46 ^{ab}	5.04 ± 0.72 ^a	4.48 ± 0.84 ^{bc}	4.77 ± 0.66 ^{bc}	5.02 ± 0.56 ^a
<i>First bite</i>									
Firmness	2.48 ± 0.37 ^{ab}	2.60 ± 0.61 ^a	2.46 ± 0.66 ^{ab}	2.37 ± 0.66 ^{abc}	2.27 ± 0.53 ^{abc}	2.21 ± 0.51 ^{bc}	2.40 ± 0.39 ^{abc}	2.17 ± 0.50 ^{bc}	2.10 ± 0.49 ^c
Hardness	1.23 ± 0.46 ^c	1.75 ± 0.47 ^{ab}	1.90 ± 0.59 ^a	1.90 ± 0.59 ^a	1.73 ± 0.49 ^{ab}	1.52 ± 0.43 ^b	1.65 ± 0.40 ^{ab}	1.60 ± 0.39 ^{ab}	1.73 ± 0.33 ^b
Cohesiveness	5.83 ± 1.35 ^{ab}	6.58 ± 1.36 ^a	6.35 ± 1.07 ^a	5.79 ± 1.07 ^{ab}	5.77 ± 1.19 ^{ab}	5.81 ± 1.17 ^{ab}	6.21 ± 1.28 ^{ab}	6.06 ± 1.93 ^{ab}	5.46 ± 0.96 ^b
<i>Chew down</i>									
Moistness ^{ns}	7.54 ± 0.84	7.77 ± 0.81	7.65 ± 0.71	7.73 ± 0.95	7.69 ± 0.84	7.87 ± 0.69	7.94 ± 0.58	7.87 ± 0.84	7.79 ± 0.69

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่ใช้สารเสริมคุณภาพชนิดต่างๆ								
	แป้งสาลี	แป้งข้าวสาลี	Gum (xanthan gum +Guar gum)	Cellulose	Modified starch	Emulsifier	Gum+ Emulsifier	Cellulose+ Emulsifier	Modified starch+ Emulsifier
เนื้อสัมผัส									
Roughness	3.81 ± 0.51 ^d	5.17±0.56 ^{abc}	4.96 ± 0.41 ^c	5.19 ± 0.46 ^a	5.33 ± 0.41 ^{ab}	5.31 ± 0.44 ^{ab}	5.04 ± 0.39 ^{bc}	5.19±0.59 ^{abc}	5.23±0.55 ^{abc}
Cohesiveness of mass ^{ns}	5.46 ± 1.10 ^a	5.19 ± 0.92 ^{ab}	5.44 ± 0.99 ^a	5.00 ± 0.77 ^{ab}	4.98 ± 0.71 ^{ab}	4.83 ± 0.72 ^b	5.37 ± 0.85 ^{ab}	5.02 ± 0.90 ^{ab}	4.87 ± 0.49 ^b
ความรู้สึกตกค้าง									
กลิ่นรสเนยตกค้าง ^{ns}	1.31 ± 0.59	1.02 ± 0.43	1.10 ± 0.49	1.12 ± 0.49	1.12 ± 0.38	1.04 ± 0.36	1.10 ± 0.69	1.02 ± 0.60	1.12 ± 0.49
กลิ่นรสแป้งสูงตกค้าง	0.98 ± 0.54 ^a	0.77 ± 0.53 ^{ab}	0.87 ± 0.54 ^{ab}	0.65 ± 0.34 ^b	0.73 ± 0.44 ^{ab}	0.71 ± 0.36 ^{ab}	0.69 ± 0.48 ^{ab}	0.77 ± 0.53 ^{ab}	0.75 ± 0.44 ^{ab}
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ ตกค้าง	0.00 ± 0.00 ^c	1.12 ± 0.42 ^{ab}	0.90 ± 0.33 ^b	1.02 ± 0.40 ^b	1.29 ± 0.51 ^a	1.00 ± 0.42 ^b	0.96 ± 0.57 ^b	1.12 ± 0.52 ^{ab}	1.00 ± 0.39 ^b
รสหวานตกค้าง ^{ns}	1.52 ± 0.40	1.52 ± 0.40	1.40 ± 0.33	1.58 ± 0.38	1.62 ± 0.37	1.50 ± 0.47	1.48 ± 0.40	1.54 ± 0.41	1.54 ± 0.41
รสเค็มตกค้าง ^{ns}	0.79 ± 0.39	0.83 ± 0.43	0.75 ± 0.25	0.81 ± 0.25	0.79 ± 0.29	0.77 ± 0.39	0.71 ± 0.33	0.79 ± 0.46	0.79 ± 0.25
ความฝืด	1.08 ± 0.48 ^b	1.44 ± 0.47 ^a	1.35 ± 0.45 ^{ab}	1.42 ± 0.46 ^a	1.35 ± 0.37 ^{ab}	1.35 ± 0.37 ^{ab}	1.42 ± 0.50 ^a	1.46 ± 0.46 ^a	1.50 ± 0.44 ^a
Dryness ^{ns}	2.10 ± 0.67	2.35 ± 0.63	2.27 ± 0.67	2.50 ± 0.62	2.50 ± 0.51	2.52 ± 0.54	2.50 ± 0.66	2.40 ± 0.66	2.44 ± 0.66
Coating ^{ns}	2.42 ± 0.50	2.58 ± 0.67	2.56 ± 0.59	2.60 ± 0.71	2.58 ± 0.64	2.50 ± 0.67	2.56 ± 0.59	2.56 ± 0.74	2.58 ± 0.64
ความระคายเคืองในคอ	2.19 ± 0.62 ^b	2.69 ± 0.60 ^a	2.65 ± 0.54 ^a	2.73 ± 0.64 ^a	2.79 ± 0.53 ^a	2.67 ± 0.58 ^a	2.65 ± 0.56 ^a	2.60 ± 0.75 ^a	2.69 ± 0.64 ^a
Particle	1.69 ± 0.60 ^b	2.17 ± 0.52 ^a	2.04 ± 0.59 ^{ab}	2.33 ± 0.64 ^a	2.17 ± 0.67 ^a	2.19 ± 0.51 ^a	2.02 ± 0.58 ^{ab}	2.19 ± 0.62 ^a	2.25 ± 0.61 ^a

^{a,b, ...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05)

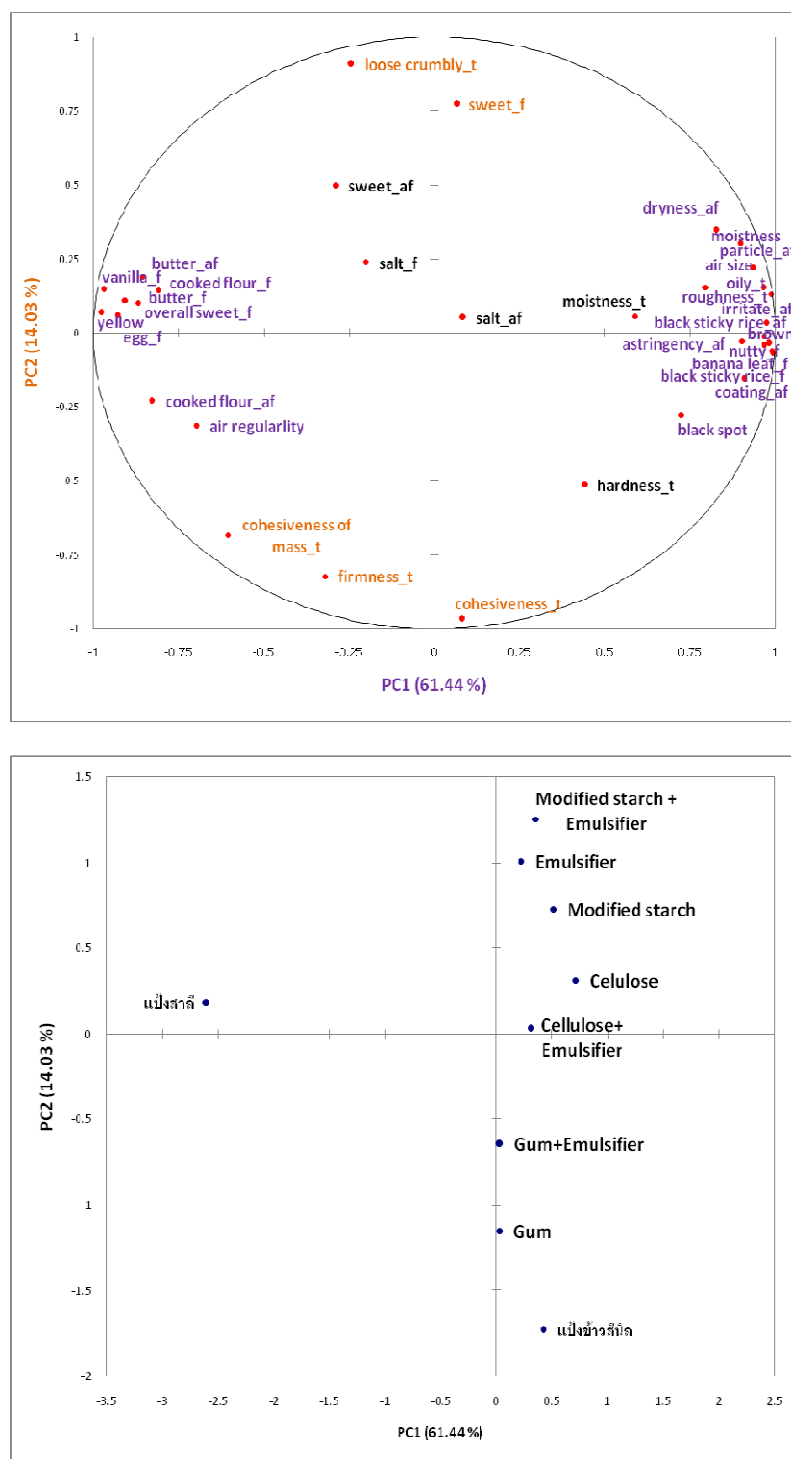
ตารางที่ 4.16 ค่าน้ำหนักปัจจัย (factor loading) ของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง
 บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เต็มสารชนิดต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบ (PC)*			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ลักษณะปรากฏ				
สีเหลือง (Yellow)	<u>-0.976</u>	0.069	0.181	0.083
สีน้ำตาล (Brown)	<u>0.980</u>	-0.035	-0.091	-0.117
จุดดำบนเนื้อบัตเตอร์เค้ก (Black spot)	<u>0.723</u>	-0.277	-0.570	0.104
ขนาดของโพรงอากาศ (Air size)	<u>0.795</u>	0.154	0.302	-0.439
ความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ (Air regularity)	<u>-0.698</u>	-0.313	-0.315	0.511
ความชุ่มชื้น (Moistness)	<u>0.896</u>	0.301	-0.010	-0.110
กลิ่นรส				
กลิ่นรสเนย (butter_f)	<u>-0.906</u>	0.111	0.392	0.101
กลิ่นรสหวานโดยรวม (overall sweet_f)	<u>-0.869</u>	0.103	0.321	-0.064
กลิ่นรสวานิลลา (vanilla_f)	<u>-0.968</u>	0.147	0.133	0.071
กลิ่นรสแป้งสุก (cooked flour_f)	<u>-0.810</u>	0.145	0.384	0.305
กลิ่นรสไข่ (egg_f)	<u>-0.929</u>	0.061	0.327	0.113
กลิ่นรสใบตอง (banana leaf_f)	<u>0.989</u>	-0.059	-0.089	-0.088
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำ (black sticky rice_f)	<u>0.992</u>	-0.065	-0.048	-0.058
กลิ่นรสถั่ว (nutty_f)	<u>0.966</u>	-0.039	-0.034	0.129
รสหวาน (sweet_f)	0.066	<u>0.773</u>	0.531	-0.276
รสเค็ม (salt_f)	-0.202	0.237	<u>0.837</u>	-0.320
เนื้อสัมผัส				
<i>Lip feel</i>				
Oily (oily_t)	<u>0.963</u>	0.153	-0.148	-0.116
Loose Crumbly (loose crumbly_t)	-0.243	<u>0.910</u>	0.269	-0.047
<i>First bite</i>				
ความแน่นเนื้อ (firmness_t)	-0.320	<u>-0.822</u>	0.166	0.217
ความแข็ง (hardness_t)	0.428	-0.513	-0.030	<u>0.668</u>
การเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness_t)	0.080	<u>-0.966</u>	-0.064	-0.094

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบ (PC)*			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
เนื้อสัมผัส				
<i>Chew down</i>				
ความชุ่มชื้น (moistness_t)	0.586	0.055	-0.181	<u>-0.760</u>
ความหยาบ (roughness_t)	<u>0.987</u>	0.131	0.005	-0.017
การเกาะกันของตัวอย่างระหว่างเคี้ยว (cohesiveness of mass_t)	-0.604	<u>-0.683</u>	-0.285	0.108
ความรู้สึกตกค้าง				
กลิ่นรสเนยตกค้าง (butter_af)	<u>-0.857</u>	0.190	0.012	0.255
กลิ่นรสแป้งสุกตกค้าง (cooked flour_af)	<u>-0.828</u>	-0.230	-0.054	0.240
กลิ่นรสข้าวเหนียวดำตกค้าง (black sticky rice_af)	<u>0.966</u>	-0.010	0.010	-0.045
รสหวานตกค้าง (sweet_af)	-0.289	0.499	<u>0.681</u>	0.119
รสเค็มตกค้าง (salt_af)	0.083	0.052	<u>0.902</u>	0.286
ความฝืด (astringency_af)	<u>0.903</u>	-0.029	0.042	-0.272
ความแห้ง (dryness_af)	<u>0.826</u>	0.347	-0.090	-0.238
ความรู้สึกเคลือบในปาก (coating_af)	<u>0.909</u>	-0.154	0.104	0.124
ความระคายเคืองในคอ (irritate_af)	<u>0.973</u>	0.035	0.063	0.090
Particle (partical_af)	<u>0.936</u>	0.220	0.197	0.030
ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนได้ (ร้อยละ)	61.44	14.03	10.78	6.85
ความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ (ร้อยละ)	93.10			

* ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้ หมายถึงค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่จัดอยู่ในองค์ประกอบนั้น

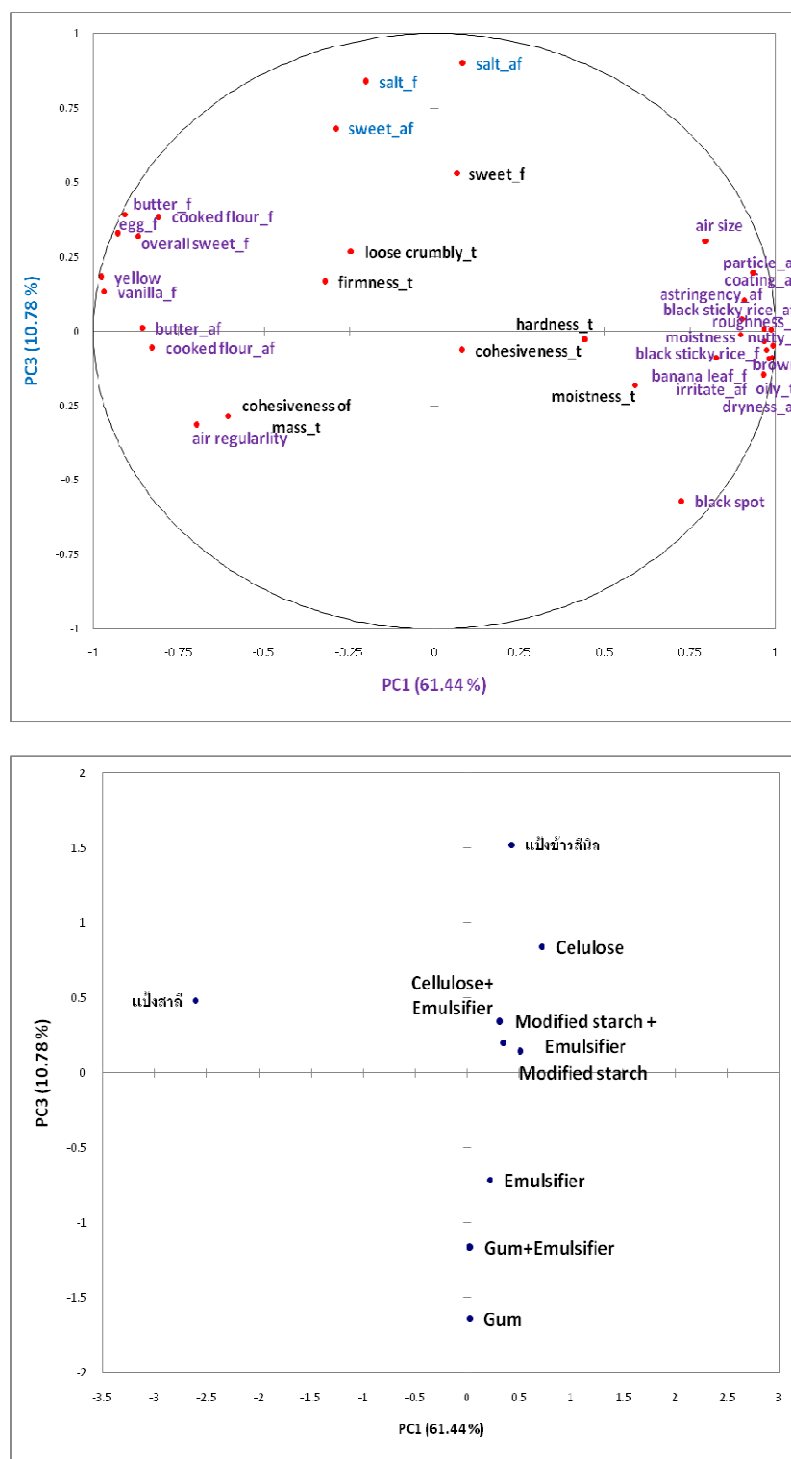
(PC1 PC2 PC3 หรือ PC4)



ภาพที่ 4.7 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 2 (PC 2) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมสารเสริมคุณภาพ

(A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

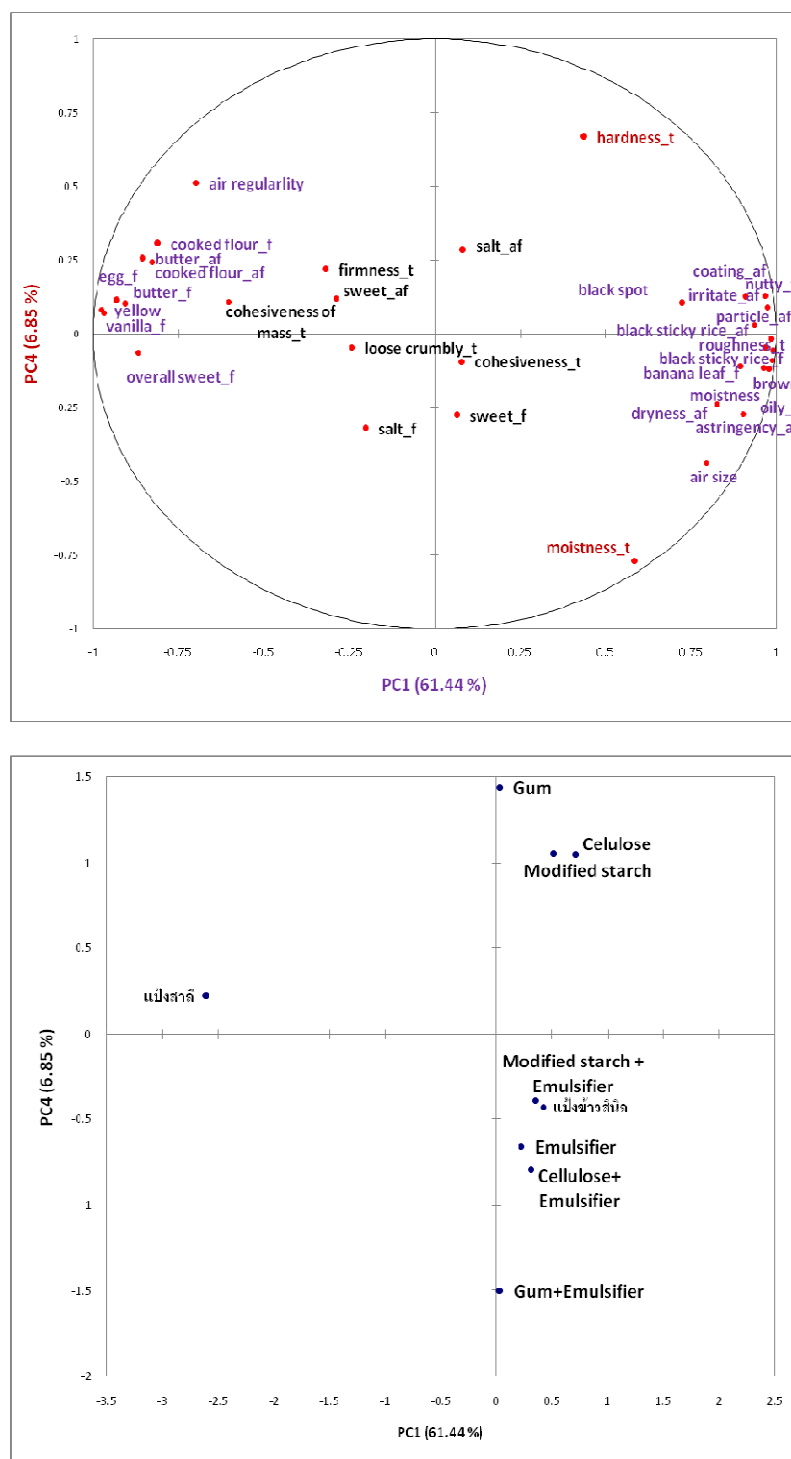
(B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 9 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.8 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 3 (PC 3) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมสารเสริมคุณภาพ

(A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

(B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 9 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.9 แผนภาพ Principal component analysis (PCA) ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) และ 4 (PC 4) ของบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมสารเสริมคุณภาพ

(A) Correlation loading plot ของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

(B) Factor score plot ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก 9 ตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาแผนภาพ PCA (ภาพที่ 4.7 ถึง 4.9) ร่วมกับเทคนิคการจัดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Hierarchical cluster analysis (ภาพที่ 4.10) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันดังนี้

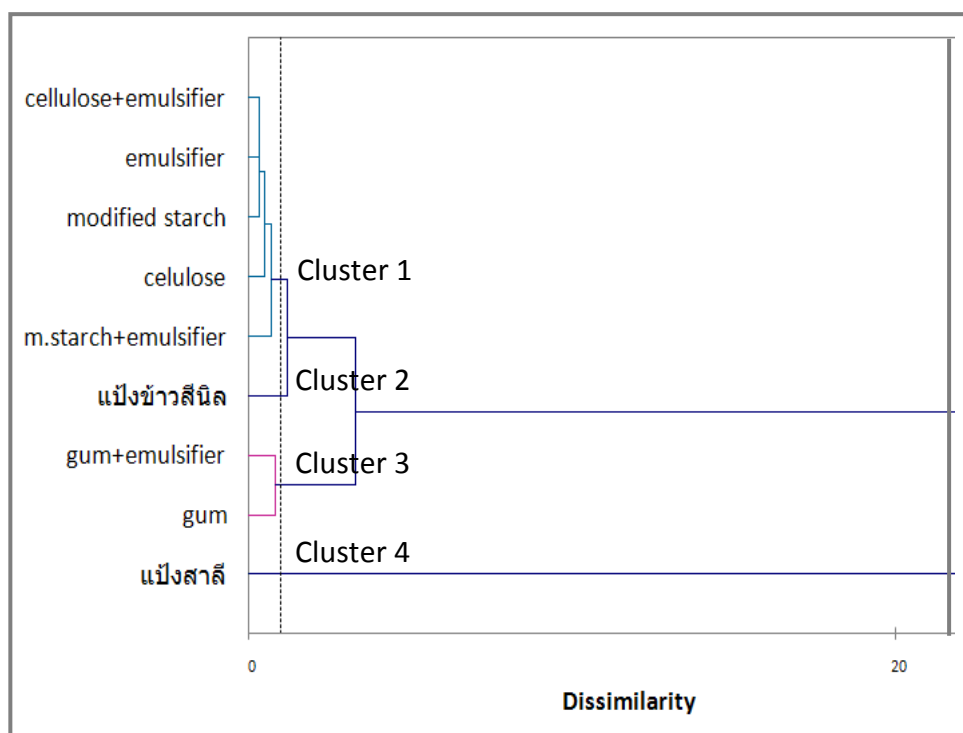
กลุ่มที่ 1 (cluster 1) ประกอบด้วยตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่เติม cellulose, แป้งดัดแปร, อิมัลซิไฟเออร์, สารผสมของ cellulose ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ และสารผสมของแป้งดัดแปรร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ ตัวอย่างในกลุ่มนี้เป็นแบตเตอรี่เค็กที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสส่วนตติริมฝีปาก มีความนุ่ม และเนื้อเค็กมีการเกาะตัวกันน้อย

กลุ่มที่ 2 (cluster 2) เป็นตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุมที่ใช้แบ่งข้าวสาลีโดยไม่มีการเติมสารปรับปรุงคุณภาพ เป็นตัวอย่างที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง มีความแน่นเนื้อสูง และเนื้อเค็กอัดแน่นเกาะรวมตัวกันได้ดี

กลุ่มที่ 3 (cluster 3) ประกอบด้วยตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่มีการเติมสารผสมระหว่าง xanthan gum กับ guar gum และสารผสมระหว่าง xanthan gum, guar gum และสารอิมัลซิไฟเออร์ เป็นตัวอย่างกลุ่มที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม มีการเกาะรวมตัวกันดี เนื้อเค็กไม่ร่วนตติริมฝีปาก และมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดอื่น

กลุ่มที่ 4 (cluster 4) เป็นตัวอย่างแบตเตอรี่เค็กสูตรควบคุมที่ใช้แบ่งสาเลีทั้งหมด เนื้อเค็กมีสีเหลือง มีความสม่ำเสมอของโพรงอากาศ มีกลิ่นรสเนย กลิ่นรสหวาน กลิ่นรสแป้งสุก กลิ่นรสไข่ กลิ่นรสวานิลลา เนื้อสัมผัสของเค็กเกาะรวมตัวกันได้ดี มีความแน่นเนื้อน้อย

ดังนั้นในการทดลองลำดับถัดไป ผู้วิจัยเลือกสิ่งทดลองซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มคือ แบตเตอรี่เค็กที่เติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (กลุ่มที่ 1) แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีล้วน (กลุ่มที่ 2) แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารผสมของ xanthan gum กับ guar gum (กลุ่มที่ 3) และแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาเลีล้วน (กลุ่มที่ 4) ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากในการเลือกใช้วัตถุดิบอาหาร ควรเลือกใช้สารจำนวนน้อยที่สุด เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และเพื่อลดต้นทุนการผลิต



ภาพที่ 4.10 แผนภาพการจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่มีการเติมชนิดต่างๆ ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ Hierarchical cluster analysis โดยใช้ลักษณะทางประสาทสัมผัส

4.3.2.7 การยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กทั้ง 4 ตัวอย่าง คือ บัตเตอร์เค้กแป้งสาลีล้วน บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีล้วน บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารผสมของ xanthan gum กับ guar gum และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ แสดงดังตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพประเภทกัม มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากกัม ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งจะทำให้ส่วนผสมเค้กมีความชื้นเหนียวมากขึ้น มีความเนียนมากขึ้น ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กที่ได้มีเนื้อเค้กเนียน ไม่หยาบกระด้าง และเนื้อเค้กที่ไดยังมีเนื้อสัมผัสนุ่ม เกาะตัวกันได้ดี ไม่ร่วน แห้งจึงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากขึ้น สำหรับบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่เติมสารอิมัลซิไฟเออร์มีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามบัตเตอร์เค้ก

แป้งข้าวสาลีที่เติมกัม และสารอิมัลซิไฟเออร์ยังคงได้รับคะแนนการยอมรับในทุกๆ ด้านน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sae-eaw และคณะ (2007) ที่ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อบatteryเค้กข้าวที่มี การเติมสารปรับปรุงคุณภาพประเภทอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งมีส่วนผสมของ propylene glycol และ diacetyl tartaric acid ester of monoglyceride พบว่าbatteryเค้กแป้งข้าวที่เติมอิมัลซิไฟเออร์มี คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏโดยรวม สี และกลิ่นมากกว่าbatteryเค้กแป้งข้าวที่ไม่เติม สารอิมัลซิไฟเออร์ ไม่แตกต่างจากbatteryเค้กสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีทางสถิติ และมีคะแนนการ ยอมรับต่อลักษณะความนุ่ม ความชุ่มชื้น เนื้อสัมผัสโดยรวม รสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่าbatteryเค้กแป้งข้าวที่ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ แต่ยังคงได้รับคะแนนการยอมรับในทุกด้าน น้อยกว่าbatteryเค้กแป้งข้าวสาลี นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้แป้งดัดแปรในการปรับปรุง คุณภาพของbatteryเค้กข้าว โดย Varavinit และ Snobsngob (2000) รายงานว่าแป้งดัดแปรซึ่งมี ความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ทำให้batteryเค้กแป้งข้าวมีคะแนนการยอมรับด้านสี ลักษณะ ปรากฏโดยรวม กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้ แป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

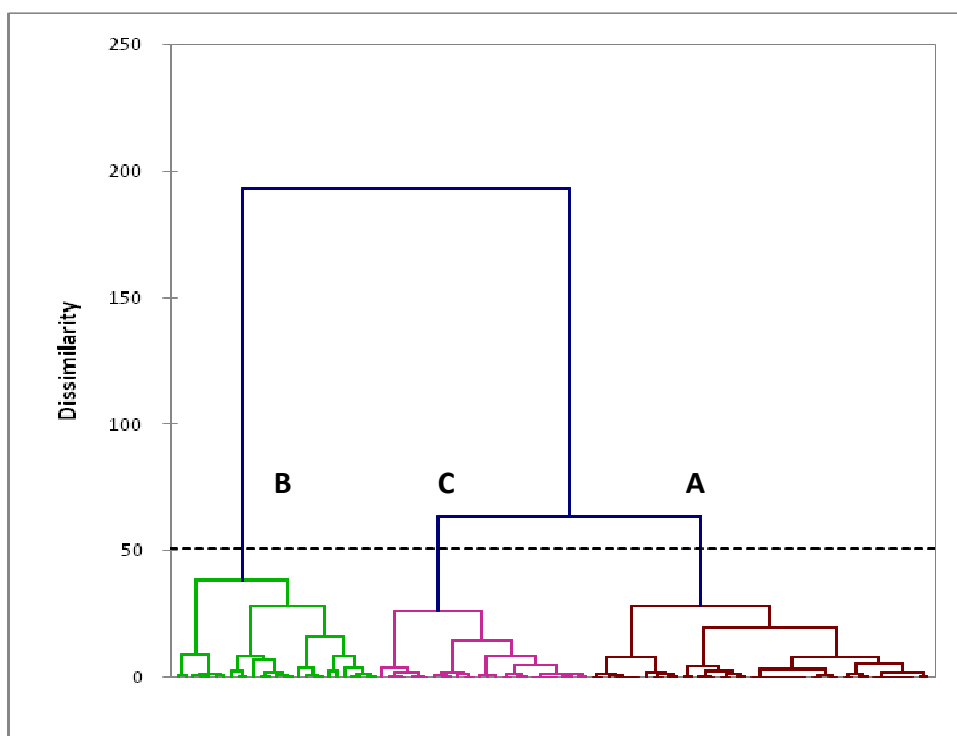
ตารางที่ 4.17 คะแนนความชอบในแต่ละลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแบ่งสาลี และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารชนิดต่างๆ

สิ่งทดลอง	คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส*					ความชอบโดยรวม
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
สูตรแบ่งสาลี	7.56 ± 0.97^a	7.78 ± 0.79^a	7.55 ± 1.12^a	7.66 ± 1.12^a	7.55 ± 1.31^a	7.68 ± 0.93^a
สูตรแบ่งข้าวสาลี	5.47 ± 1.34^c	5.30 ± 1.38^b	5.92 ± 1.55^b	6.06 ± 1.37^b	5.48 ± 1.67^c	5.80 ± 1.39^d
Gum	6.54 ± 1.01^b	5.42 ± 1.41^b	6.25 ± 1.58^b	6.41 ± 1.51^b	6.61 ± 1.43^b	6.82 ± 1.09^b
Emulsifier	5.64 ± 1.45^c	5.25 ± 1.40^b	6.13 ± 1.59^b	6.15 ± 1.56^b	5.84 ± 1.49^c	6.14 ± 1.31^c

* คะแนน 1 คะแนน คือไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 5 คะแนน คือชอบมากที่สุด

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 100 คน มาวิเคราะห์จัดกลุ่มผู้บริโภคด้วยเทคนิค Hierarchical cluster analysis พบว่าสามารถจัดกลุ่มผู้บริโภคได้เป็น 3 กลุ่ม (ภาพที่ 4.11) โดยคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในแต่ละกลุ่มต่อแต่ละตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.18 จะเห็นว่าผู้บริโภคในกลุ่ม A ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 45 ของผู้บริโภคทั้งหมด เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ในทุกตัวอย่าง ทั้งแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ และแบตเตอรี่เค็กที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ แต่ยังคงให้การยอมรับน้อยกว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยให้การยอมรับต่อบatteryเค็กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารประเภทกัมมากที่สุด รองลงมาคือแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ และแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพตามลำดับ ส่วนผู้บริโภคในกลุ่ม B ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27 ของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี ถึงแม้ว่าจะใช้สารปรับปรุงคุณภาพก็ยังคงมีคะแนนการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 6 คะแนน อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผู้บริโภคกลุ่ม C ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28 ของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี โดยการเติมสารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum ไม่มีผลทำให้คะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น แต่การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์จะทำให้แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมแล้ว การเติมสารปรับปรุงคุณภาพจะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น โดยสารปรับปรุงคุณภาพประเภทกัมทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับมากกว่าสารอิมัลซิไฟเออร์



ภาพที่ 4.11 แผนภาพการจัดกลุ่มผู้บริโภคด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ Hierarchical cluster analysis โดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมจากการทดสอบการยอมรับของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กแบ่งสาส์ และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่มีการเติมสารชนิดต่างๆ

ตารางที่ 4.18 คะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคแต่ละกลุ่มต่อผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งสาส์ และบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้สารชนิดต่างๆ

ชนิดของสารเสริมคุณภาพ	คะแนนความชอบโดยรวม		
	Cluster A (n=45)	Cluster B (n=27)	Cluster C (n=28)
สูตรแบ่งสาส์	8.13 ± 0.66^a	6.93 ± 1.11^a	7.61 ± 0.69^a
สูตรแบ่งข้าวสาลี	6.36 ± 0.98^d	4.15 ± 1.20^d	6.71 ± 0.76^b
Gum	7.58 ± 0.66^b	5.81 ± 0.96^b	6.43 ± 0.74^b
Emulsifier	7.00 ± 0.85^c	5.19 ± 1.36^c	5.71 ± 1.05^c

* คะแนน 1 คะแนน คือไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 คะแนน คือชอบมากที่สุด

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาจากปริมาณ ค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัส และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งเป็นคุณสมบัติที่คาดว่าจะจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้กัม cellulose อิมัลซิไฟเออร์ สารผสมกัมร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ และแบ่งดัดแปรร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์เป็นสารปรับปรุงคุณภาพจะมีปริมาณมากกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่ได้ใช้สารปรับปรุงคุณภาพ แต่ยังคงมีปริมาณน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลี ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.12) ในส่วนของค่าเค้าโครงเนื้อสัมผัสพบว่า แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพประเภทสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัม และ cellulose มีค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคั้นตัว และค่าความยากในการเคี้ยวไม่แตกต่างจากแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลี ($p > 0.05$) โดยเนื้อแบตเตอรี่เค้กที่ได้จะมีความนุ่มมากขึ้นเมื่อใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ (ตารางที่ 4.14) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพประเภทกัมจะมีคะแนนการยอมรับทางด้านความชอบต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ไม่มีการเติมสารปรับปรุงคุณภาพ และแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (ตารางที่ 4.17) ดังนั้น จากข้อมูลการทดลองที่ได้ กัมน่าจะเป็นสารปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีมากที่สุด เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสูง มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลี และได้รับคะแนนการยอมรับจากการทดสอบผู้บริโภคสูงที่สุดรองจากแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาเลี ($p \leq 0.05$)

4.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกระหว่างการเก็บรักษา

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เดิมกัมเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ โดยนำผลิตภัณฑ์มาเก็บไว้ในถุงพลาสติกชนิดไนลอนเคลือบติดกับโพลีเอทิลีน ชนิด food grade ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 5 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และค่า TBA) คุณภาพทางกายภาพ (ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส) คุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.19 – 4.23 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1.1 ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้น

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้นของ บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.19) เนื่องจากเกิดการสูญเสียความชื้นไปสู่บรรยากาศ จึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้นลดลงเมื่อเทียบกับบัตเตอร์เค้กที่เพิ่งอบเสร็จใหม่ๆ สอดคล้องกับ Gómez และคณะ (2007) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์เลเยอร์เค้กจะเกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้กัมในผลิตภัณฑ์จะช่วยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยเฉพาะเมื่อใช้ Locust bean gum จะทำให้การสูญเสียน้ำลดลงร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับเลเยอร์เค้กที่ไม่เติม Locust bean gum

ตารางที่ 4.19 ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	น้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.902 ± 0.003^a	35.26 ± 0.14^a
3	0.884 ± 0.006^b	34.24 ± 0.08^b
5	0.870 ± 0.008^c	33.27 ± 0.11^c

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.1.2 Thiobarbituric acid value (TBA)

ค่า TBA เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน ผลการวิเคราะห์ค่า TBA (ตารางที่ 4.20) พบว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นั่นคือมีการเปลี่ยนแปลงของไขมันเกิดขึ้น โดย Lean และ Mohamed (1999) พบว่าแบตเตอรี่เค็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่า TBA เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงถึง 2.43 ± 0.05 mg malonaldehyde/kg เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4.20 ค่า Thiobarbituric acid ของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	Thiobarbituric acid value (mg malonaldehyde/kg)
1	0.55 ± 0.03^c
3	0.80 ± 0.01^b
5	0.92 ± 0.01^a

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.1.3 เค้าโครงเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์เค้าโครงเนื้อสัมผัสของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกแสดงดังตารางที่ 4.21 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีความแน่นเนื้อ (firmness) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการคืนตัว (springiness) และค่าการเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับความยากในการเคี้ยว พบว่ามีค่าความเหนียวคล้ายยาง (gumminess) และค่าความยากในการเคี้ยว (chewiness) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีลักษณะแข็ง เนื้อเค็กเหนียว และร่วนมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการสูญเสียความชื้น และการคืนตัวของสตาร์ช (retrogradation) ในระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้แบตเตอรี่เค็กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Gómez และคณะ (2007) ที่พบว่าเลย์เออร์เค็กที่มีการเติม guar gum และเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน จะมีค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวมากกว่า แต่จะมีค่าการคืนตัว และค่าการเกาะตัวกันน้อยกว่าเลย์เออร์เค็กที่อบเสร็จใหม่ๆ

ตารางที่ 4.21 ค่าค่าโครงเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าค่าโครงเนื้อสัมผัส				
	Firmness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (g)
1	515.92 ± 11.23 ^c	0.960 ± 0.035 ^a	0.462 ± 0.017 ^a	238.33 ± 11.68 ^c	228.97 ± 15.93 ^c
3	595.77 ± 18.72 ^b	0.944 ± 0.021 ^{ab}	0.446 ± 0.026 ^b	265.41 ± 14.22 ^b	250.43 ± 13.79 ^b
5	701.88 ± 16.25 ^a	0.940 ± 0.027 ^b	0.439 ± 0.019 ^b	308.51 ± 14.94 ^a	290.11 ± 17.68 ^a

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.1.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 วันยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค (ตารางที่ 4.22) โดยมีในปริมาณที่น้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก (มผช.459/2549) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ที่กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วันพบว่าโคโลนีของเชื้อราปรากฏอยู่บนเนื้อเค้ก จึงไม่ได้นำมาทำการทดสอบ ดังนั้นจากข้อมูลคุณภาพทางจุลินทรีย์สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 5 วันที่อุณหภูมิห้อง จากงานวิจัยของอุศมา (2545) พบว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวหอมมะลิสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 3 วันที่อุณหภูมิห้อง โดยผลิตภัณฑ์ยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์ และยีสต์ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.22 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกเมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)
1	1.24×10^3	< 100
3	1.90×10^3	< 100
5	2.53×10^3	< 100
6*	-	-

* ปรากฏเชื้อราบนเนื้อเค้ก บัตเตอร์เค้กเสื่อมคุณภาพทางจุลินทรีย์ จึงไม่ได้ทำการทดสอบ

4.4.1.5 การยอมรับของผู้บริโภค

บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมีคะแนนการยอมรับทางด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยได้รับคะแนนการยอมรับในทุกด้านในมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับ
การคัดเลือกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		
	1	3	5
ลักษณะปรากฏ	7.22 ± 0.99^a	6.83 ± 0.92^b	6.30 ± 0.67^c
สี	6.20 ± 0.88^a	5.95 ± 0.83^{ab}	5.80 ± 0.66^b
กลิ่นรส	6.65 ± 0.66^a	6.43 ± 0.56^b	6.20 ± 0.51^c
รสชาติ	6.82 ± 0.62^a	6.38 ± 0.72^b	6.02 ± 0.57^c
เนื้อสัมผัส	6.80 ± 0.63^a	6.38 ± 0.67^b	6.07 ± 0.52^c
ความชอบโดยรวม	7.23 ± 0.62^a	6.63 ± 0.76^b	6.07 ± 0.55^c

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีมีอายุการเก็บรักษานาน 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลอดภัยต่อการบริโภค

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เติมกัมเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ โดยนำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาไว้ถุงพลาสติกชนิดในลอนเคลือบติดกับโฟลีโอทิลีน ชนิด food grade ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลานาน 7 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และค่า TBA) คุณภาพทางกายภาพ (ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส) คุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.24 – 4.28 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.4.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้น

บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น จะมีปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากการสูญเสียความชื้นสู่บรรยากาศในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณความชื้นที่ลดลงนี้ มีอัตราการลดลงที่ช้ากว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้อง

(ตารางที่ 4.19 และตาราง 4.23) ทั้งนี้เกิดจากสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงเกิดการสูญเสียความชื้นได้ง่ายกว่า และเร็วกว่าแบตเตอรี่เค็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C

ตารางที่ 4.24 ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับ การคัดเลือก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	น้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.896 ± 0.010^a	35.22 ± 0.07^a
2	0.883 ± 0.010^b	34.24 ± 0.07^b
3	0.876 ± 0.010^c	34.18 ± 0.02^c
4	0.874 ± 0.003^c	34.16 ± 0.02^c
5	0.873 ± 0.003^{cd}	34.15 ± 0.02^c
6	0.872 ± 0.004^{cd}	34.03 ± 0.06^d
7	0.868 ± 0.003^d	33.99 ± 0.05^d

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.2.2 Thiobarbituric acid value (TBA)

เมื่อพิจารณาค่า TBA ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของไขมัน เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าแบตเตอรี่เค็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อผ่านการเก็บรักษาถึง 7 สัปดาห์จะมีค่า TBA เท่ากับ 0.79 mg malonaldehyde/kg (ตารางที่ 4.25) ทั้งนี้การเปลี่ยนที่เกิดขึ้นนั้นน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงในแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 วันมีค่า TBA ถึง 0.92 mg malonaldehyde/kg (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.25 ค่า Thiobarbituric acid ของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	Thiobarbituric acid value (mg malonaldehyde/kg)
1	0.53 ± 0.01^g
2	0.56 ± 0.01^f
3	0.66 ± 0.01^e
4	0.69 ± 0.02^d
5	0.71 ± 0.01^c
6	0.74 ± 0.02^b
7	0.79 ± 0.01^a

^{a,b, ...} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.2.3 ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (gumminess) และความยากในการเคี้ยว (chewiness) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ค่าการคืนตัว (springiness) และค่าการเกาะกันของตัวอย่าง (cohesiveness) ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.21) ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น มีความเหนียวมากขึ้น เนื้อเค้กไม่ร่วน

ตารางที่ 4.26 ค่าค่าโครงเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสาลีชนิดสุตรที่ได้รับการคัดเลือกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Firmness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}	Gumminess (g)	Chewiness (g)
1	509.85 ± 15.60 ^f	0.957 ± 0.050	0.420 ± 0.032	214.00 ± 18.87 ^c	204.21 ± 13.38 ^b
2	531.80 ± 19.36 ^e	0.918 ± 0.042	0.419 ± 0.030	222.56 ± 10.35 ^{bc}	204.37 ± 15.88 ^b
3	544.50 ± 12.51 ^{de}	0.923 ± 0.058	0.416 ± 0.046	227.02 ± 28.44 ^{abc}	209.35 ± 28.25 ^b
4	555.56 ± 9.97 ^d	0.910 ± 0.044	0.413 ± 0.031	229.60 ± 17.93 ^{abc}	209.37 ± 22.20 ^b
5	579.48 ± 8.27 ^c	0.932 ± 0.058	0.403 ± 0.048	233.82 ± 27.36 ^{ab}	217.15 ± 22.21 ^{ab}
6	601.90 ± 24.25 ^b	0.934 ± 0.060	0.390 ± 0.033	234.38 ± 15.66 ^{ab}	218.36 ± 12.38 ^{ab}
7	627.07 ± 13.93 ^a	0.941 ± 0.062	0.388 ± 0.038	243.39 ± 24.41 ^a	228.79 ± 24.75 ^a

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.2.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยมีในปริมาณที่น้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค็ก มผช.459/2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ที่กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์เค็กจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม โดยที่ระยะเวลา 7 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.79×10^3 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (ตารางที่ 4.27) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานกว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิห้อง คือประมาณ 27°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในที่อุณหภูมิ 4°C จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จะเจริญเติบโตได้ช้าลง จึงทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น

ตารางที่ 4.27 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)
1	1.48×10^3	< 100
2	1.89×10^3	< 100
3	2.06×10^3	< 100
4	2.31×10^3	< 100
5	2.42×10^3	< 100
6	2.57×10^3	< 100
7	2.79×10^3	< 100

4.4.2.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.28 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสีน้ำตาลที่ได้รับ การคัดเลือกมีคะแนนการยอมรับทางด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 สัปดาห์ แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลียังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคะแนนการยอมรับโดยรวมมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้คะแนนการยอมรับน้อยกว่า 6 คือสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการที่คะแนนการยอมรับด้าน กลิ่นรสมีค่าลดลงนั้น อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันในผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 สัปดาห์ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีจะมีค่า TBA สูงถึง 0.79 mg malonaldehyde/kg (ตารางที่ 4.25)

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีอายุการเก็บรักษา นานอย่างน้อย 7 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C โดยที่ผลิตภัณฑ์ได้ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 4.28 คะแนนการยอมรับของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลาต่างๆ

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
ลักษณะปรากฏ	7.22 ± 0.78^a	7.08 ± 0.74^{ab}	6.90 ± 0.63^b	6.68 ± 0.47^c	6.55 ± 0.50^c	6.27 ± 0.45^d	6.13 ± 0.34^d
สี	6.27 ± 0.63^a	6.18 ± 0.57^a	5.98 ± 0.50^b	5.85 ± 0.48^{bc}	5.80 ± 0.51^{bc}	5.73 ± 0.48^c	5.67 ± 0.48^c
กลิ่นรส	6.83 ± 0.67^a	6.53 ± 0.60^b	6.33 ± 0.54^c	6.20 ± 0.51^{cd}	6.10 ± 0.44^{de}	6.02 ± 0.47^{de}	5.93 ± 0.45^e
รสชาติ	6.97 ± 0.55^a	6.63 ± 0.55^b	6.43 ± 0.53^c	6.32 ± 0.47^{cd}	6.22 ± 0.42^{de}	6.13 ± 0.39^e	6.08 ± 0.42^e
เนื้อสัมผัส	6.93 ± 0.61^a	6.58 ± 0.56^b	6.37 ± 0.52^c	6.33 ± 0.51^c	6.27 ± 0.45^{cd}	6.25 ± 0.44^{cd}	6.12 ± 0.37^d
ความชอบโดยรวม	7.20 ± 0.44^a	7.08 ± 0.38^a	6.73 ± 0.45^b	6.65 ± 0.48^b	6.43 ± 0.50^c	6.25 ± 0.44^d	6.17 ± 0.46^d

^{a,b,...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.5 การศึกษาสมบัติทางเคมี และการทดสอบผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกก่อนนำออกสู่ตลาด

4.5.1 การศึกษาสมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาค่าประกอบทางเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีที่มีการเติมสารผสมระหว่าง xanthan gum และ guar gum (50:50) ร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลีล้วน มีรายละเอียดดังนี้

4.5.1.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงดังตารางที่ 4.29 พบว่า แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และเส้นใยมากกว่า แบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลี แต่มีปริมาณโปรตีน และปริมาณความชื้นน้อยกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวสาลีที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี (ภักร์ภณ, 2552) อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมีปริมาณไขมัน และเถ้าไม่แตกต่างจากแบตเตอรี่เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.5.1.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก และแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลี เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างในช่วงระดับความเข้มข้น 0 – 300 mg ของตัวอย่าง พบว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมีค่า EC_{50} เท่ากับ 176.4 mg ของตัวอย่าง ในขณะที่แบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่ถึงร้อยละ 50 ในช่วงระดับความเข้มข้นที่ศึกษา จึงไม่สามารถคำนวณค่า EC_{50} ได้ (ตารางที่ 4.29 และภาพที่ 4.12) เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในทุกระดับความเข้มข้นของแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลี พบว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าแบตเตอรี่เค้กแบ่งสาลีในช่วงระดับความเข้มข้นที่ศึกษา โดยมีความสามารถมากกว่าโดยเฉลี่ยประมาณ 1.6 เท่า ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของภักร์ภณ (2552) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของขนมปังที่ใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และพบว่ามีสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าขนมปังแป้งสาลี 1.3 เท่า ทั้งนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีเกิดขึ้นเนื่องมาจากสารแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสาลีซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (ณัฐภูมิ, 2550)

ตารางที่ 4.29 องค์ประกอบทางเคมีของบัตเตอร์เค้กแป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลี
สูตรที่ได้รับการคัดเลือก

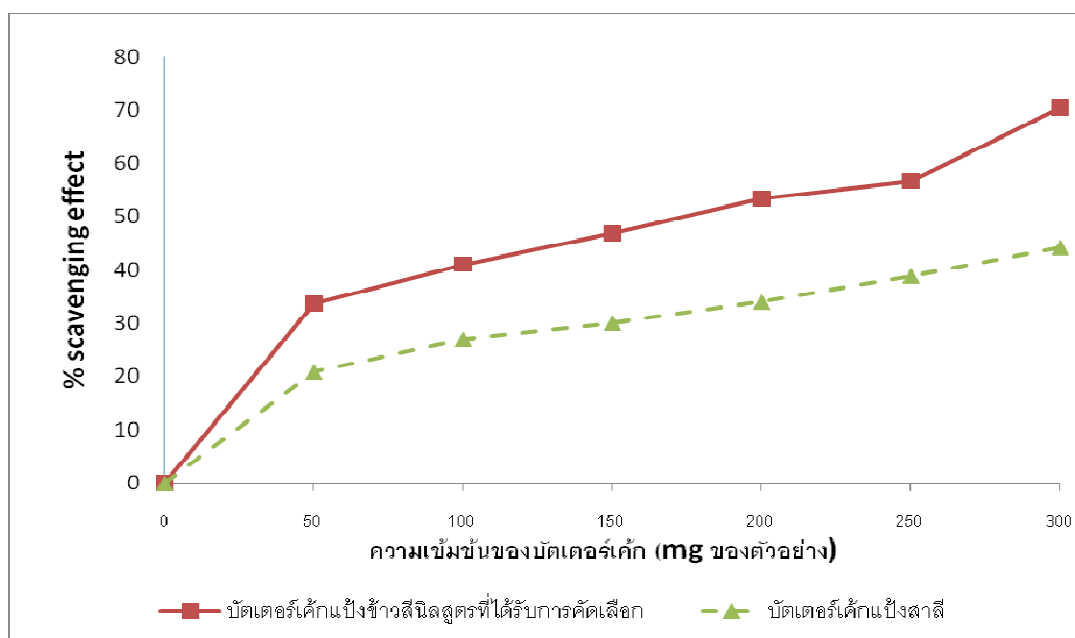
องค์ประกอบทางเคมี	บัตเตอร์เค้กแป้งสาลี	บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลี
โปรตีน (ร้อยละ)*	7.53 ± 0.09 ^a	7.18 ± 0.12 ^b
ไขมัน (ร้อยละ)* ^{ns}	9.75 ± 0.11	9.70 ± 0.07
เส้นใย (ร้อยละ)*	0.13 ± 0.00 ^b	0.14 ± 0.00 ^a
ความชื้น (ร้อยละ)*	38.39 ± 1.11 ^a	34.21 ± 0.24 ^b
เถ้า (ร้อยละ)* ^{ns}	0.90 ± 0.07	0.83 ± 0.04
คาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)*	43.29 ± 0.99 ^b	47.94 ± 0.14 ^a
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ, EC ₅₀ (mg ของตัวอย่าง)	-**	176.4 ± 0.5

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.5$)

* ร้อยละโดยน้ำหนักเปียกของบัตเตอร์เค้ก (wet basis)

** คือมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่ถึงร้อยละ 50 (EC₅₀) ในช่วงระดับความเข้มข้น (mg/ml) ของตัวอย่างที่ศึกษา



ภาพที่ 4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (% scavenging effect) ของบัตเตอร์เค้ก
แป้งสาลี และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก

4.5.2 การทดสอบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก ก่อนนำออกสู่ตลาด

4.5.2.1 การคัดเลือกบรรจุภัณฑ์

ผลการคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ จากบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 7 แบบ (ภาพที่ 4.13 และ 4.14) โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 – 4 เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับมากกว่าแบบที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการทดลองลำดับต่อไป จึงเลือกใช้บรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด



แบบที่ 1



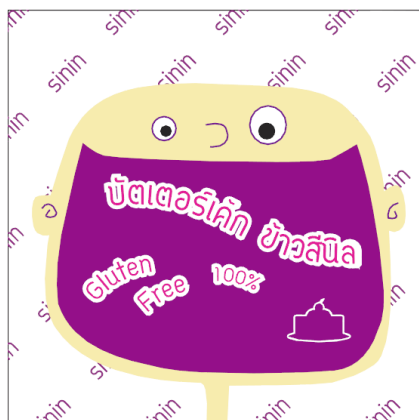
แบบที่ 2



แบบที่ 3



แบบที่ 4



แบบที่ 5

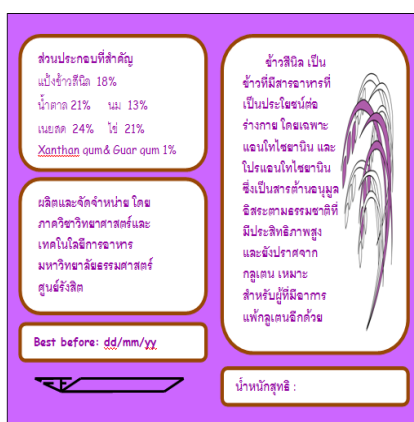


แบบที่ 6



แบบที่ 7

ภาพที่ 4.13 บรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ สำหรับผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวสีนิน (ด้านหน้า)



ภาพที่ 4.14 ด้านหลังของบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 4.30 คะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ

แบบบรรจุภัณฑ์	คะแนนความชอบโดยรวม
แบบที่ 1	8.80 ± 0.51^a
แบบที่ 2	8.88 ± 0.41^a
แบบที่ 3	8.76 ± 0.55^a
แบบที่ 4	8.74 ± 0.58^a
แบบที่ 5	8.43 ± 0.76^b
แบบที่ 6	8.21 ± 0.77^c
แบบที่ 7	6.68 ± 0.65^d

a,b, ... ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.15 ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กแบ่งข้าวสินิลสูตรที่ได้รับการคัดเลือก พร้อมบรรจุภัณฑ์

4.5.2.2 การกำหนดราคาคาผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีมีต้นทุนของวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 4.31 และมีต้นทุนรวมต่อหน่วย 10.12 บาท (ตารางที่ 4.32) เมื่อนำไปคำนวณเพื่อกำหนดราคาคาผลิตภัณฑ์ พบว่าที่ราคา 15 บาทต่อผลิตภัณฑ์ 1 แผ่นสไลด์ (30 กรัม) เป็นราคาที่ทำได้กำไรคิดเป็นร้อยละ 30 ดังนั้นจึงกำหนดราคาคาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีที่ราคา 15 บาทต่อแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี 1 แผ่นสไลด์

ตารางที่ 4.31 ต้นทุนผันแปรของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมการผลิต แบตเตอรี่เค็ก 1 loaf (กรัม)	ราคา (บาท)
แบ่งข้าวสาลี	90.00	8.46
เนยสดชนิดเค็ม	116.47	13.98
ไข่ไก่	105.88	6.00
น้ำตาลทรายขาว	105.88	2.54
นมข้นจืด	65.65	3.49
ผงฟู	1.69	0.20
เกลือ	0.60	0.006
ค่าแรง (6,000 บาท/เดือน)	-	20.00
ราคารวม		54.68

ตารางที่ 4.32 ต้นทุนรวมต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี

ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนผันแปร ต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนคงที่ ต่อหน่วย (บาท)*	ต้นทุนรวม ต่อหน่วย (บาท)
แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี (1 แผ่นสไลด์ 30 กรัม)	5.47	5.00	10.47

* ต้นทุนคงที่ต่อหน่วย คำนวณจาก (ค่าเสื่อมของเครื่องจักร+ค่าน้ำ+ค่าไฟ)/จำนวนที่คาดว่าจะขายได้ต่อเดือน ดังนี้ $(12,000+500+2,500) / 3,000 = 5.00$ บาท

4.5.2.3 การทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กสูตรที่ได้รับการคัดเลือกพร้อมบรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 4.15) มาทดสอบการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคจำนวน 200 คน ทำการทดลองแล้วเสร็จภายในระยะเวลา 3 วัน โดยเก็บผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้ทำการทดลองไว้ที่ห้องแช่เย็น อุณหภูมิ 4°C เนื่องจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในการทดลองที่ 4.4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ก่อนการทดสอบจะนำผลิตภัณฑ์มาไว้ที่อุณหภูมิห้องจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.33 ถึง 4.37

จากการพิจารณาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ที่เข้าร่วมการทดสอบ พบว่าผู้บริโภคที่เข้าร่วมเป็นเพศชายร้อยละ 29.5 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 70.5 มีอายุอยู่ในช่วง 21 – 30 ปี มากที่สุดคือร้อยละ 44.5 รองลงมาคือ 15 – 20 ปี ร้อยละ 30.0 อายุ 31 – 40 ปี ร้อยละ 11.0 อายุ 41 – 50 ปี ร้อยละ 10.5 และมากกว่า 50 ปี ร้อยละ 4 ตามลำดับ ในส่วนของการศึกษา ผู้บริโภค พบว่าส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คือร้อยละ 87.5 รองลงมาคือ ระดับปริญญาโท ร้อยละ 4.0 ทางด้านอาชีพ พบว่าผู้ทดสอบเป็นนักเรียน นักศึกษามากที่สุดคือ ร้อยละ 65.5 รองลงมาคือรับราชการร้อยละ 16 รายได้ส่วนบุคคลต่อเดือนอยู่ในช่วงต่ำกว่า 10,001 บาทมากที่สุด คือร้อยละ 66 รองลงมาคือ 15,001 – 20,000 ร้อยละ 15 และช่วง 10,001 – 15,000 บาท ร้อยละ 10 (ตารางที่ 4.33)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการยอมรับ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบโดยรวม 6.63 คะแนน (ตารางที่ 4.34) สำหรับการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนที่ผู้บริโภคจะทราบถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 81.0 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลี (ตารางที่ 4.35) โดย ผู้บริโภคร้อยละ 19.0 ที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่อาจจะเกิดจากสีของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากแบตเตอรี่เค็กโดยทั่วไปซึ่งจะมีสีเหลือง จึงทำให้เกิดความไม่ชอบในตัวผลิตภัณฑ์ขึ้น นอกจากนี้ ยังมีเนื้อสัมผัสไม่นุ่มเหมือนแบตเตอรี่เค็กแบ่งสาลี จากนั้นสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 จะซื้อผลิตภัณฑ์ และร้อยละ 54.0 ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.36) แต่หลังจากที่ผู้บริโภคทราบถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตน รวมทั้งข้าวสาลีที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูง แล้วทำการทดสอบอีกครั้ง พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น โดยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากร้อยละ 81.0 เป็นร้อยละ

95.0 (ตารางที่ 4.35) และมีความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากร้อยละ 46.0 เป็นร้อยละ 78.5 (ตารางที่ 4.36) สำหรับราคาของผลิตภัณฑ์ 15 บาท / 1 แผ่นสไลด์ (30 กรัม) พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 83.0 คิดว่าราคาเหมาะสมกับคุณภาพ รองลงมาคือราคาแพงกว่าคุณภาพร้อยละ 9.0 และราคาถูกเกินกว่าคุณภาพร้อยละ 8.0 (ตารางที่ 4.37) โดยมีงานวิจัยที่สำรวจการยอมรับ และความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวหอมมะลิ พบว่าผู้บริโภคชาวอเมริกันร้อยละ 83 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภคร้อยละ 42 มีความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์ หากมีผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กข้าวหอมมะลิต่อออกวางจำหน่าย (Sae-eaw และคณะ, 2007)

จากผลการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีมีโอกาสประสบความสำเร็จในตลาด โดยเทคนิคการตลาดที่ควรนำมาใช้ คือการประชาสัมพันธ์ หรือติดฉลากที่ระบุถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ เน้นจุดเด่นเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพ และเป็นอาหารที่ปราศจากกลูเตน ซึ่งเป็นเรื่องสุขภาพที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ในปัจจุบันให้ความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากการที่ผู้บริโภคทราบถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์นั้น จะส่งผลให้การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวสาลีเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.33 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบผลิตภัณฑ์
แบตเตอรี่เค็กที่ใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือก

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	141	70.5
ชาย	59	29.5
อายุ		
15 – 20 ปี	60	30.0
21 – 30 ปี	89	44.5
31 – 40 ปี	22	11.0
41 – 50 ปี	21	10.5
มากกว่า 50 ปี	8	4.0
การศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	2	1.0
มัธยมต้น	2	1.0
มัธยมปลาย	6	3.0
อนุปริญญา	3	1.5
ปริญญาตรี	175	87.5
ปริญญาโท	8	4.0
ปริญญาเอก	4	2.0
อาชีพ		
นักเรียน / นักศึกษา	131	65.5
พนักงานบริษัทเอกชน	1	0.5
รับราชการ	32	16.0
รับจ้างทั่วไป	18	9.0
ค้าขาย	12	6.0
พ่อบ้าน / แม่บ้าน	4	2.0
อื่นๆ	2	1.0

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 10,001 บาท	132	66.0
10,001 – 15,000 บาท	20	10.0
15,001 – 20,000 บาท	30	15.0
20,001 – 25,000 บาท	2	1.0
25,001 – 30,000 บาท	7	3.5
มากกว่า 30,001	9	4.5

ตารางที่ 4.34 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็ก แบ่งข้าวสาลีสีน้ำตาลที่ได้รับการคัดเลือก

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนการยอมรับระดับต่างๆ									คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ลักษณะปรากฏ	0.0	0.0	0.0	3.0	25.5	36.5	15.0	16.0	4.0	6.28
สี	0.0	0.0	0.0	0.5	17.0	47.5	25.0	9.5	0.5	6.28
กลิ่นรส	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	45.5	24.0	9.5	0.0	6.22
รสชาติ	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	47.5	35.0	6.0	0.0	6.36
เนื้อสัมผัส	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	49.0	44.0	5.5	0.0	6.54
ความชอบโดยรวม	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	41.0	49.5	7.5	0.0	6.63

ตารางที่ 4.35 การยอมรับผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสีน้ำตาลที่ได้รับการคัดเลือกของผู้บริโภคก่อน และหลังทราบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

จำนวน	ยอมรับ		ไม่ยอมรับ	
	ก่อนทราบคุณสมบัติ	หลังทราบคุณสมบัติ	ก่อนทราบคุณสมบัติ	หลังทราบคุณสมบัติ
จำนวน (คน)	162 ^b	190 ^a	38 ^a	10 ^b
ความถี่ (ร้อยละ)	81.0	95.0	19.0	5.0

^{a,b} ค่าจำนวนคนในแนวนอนใน 2 คอลัมน์แรก และ 2 คอลัมน์หลังที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.36 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกของผู้บริโภคก่อนทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

จำนวน	ซื้อ*		ไม่ซื้อ*	
	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์
จำนวน (คน)	92 ^b	157 ^a	108 ^a	43 ^b
ความถี่ (ร้อยละ)	46.0	78.5	54.0	21.5

^{a,b} ค่าจำนวนคนในแนวนอนใน 2 คอลัมน์แรก และ 2 คอลัมน์หลังที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* จำนวนผู้บริโภคที่ซื้อผลิตภัณฑ์คิดจากผู้ให้คำตอบ “ซื้ออย่างแน่นอน” และ “อาจจะซื้อ” สำหรับผู้ที่ไม่ซื้อคิดจากผู้ให้คำตอบ “อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อ”, “อาจจะไม่ซื้อ” และ “ไม่ซื้ออย่างแน่นอน”

ตารางที่ 4.37 ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวสาลีสูตรที่ได้รับการคัดเลือกหลังจากทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (แบตเตอรี่เค็ก 1 แผ่น 30 กรัม ราคา 15 บาท)

ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มี ต่อราคาของผลิตภัณฑ์	ความถี่	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ราคาถูกกว่าคุณภาพ	16	8.0
ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ	166	83.0
ราคาแพงเกินกว่าคุณภาพ	18	9.0