บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณภาพของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต

วัตถุดิบหลักที่ใช้ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเกล็ด ปลายข้าวหอมมะลิบด และฟักทองผง มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็ก ข้าวโพดเกล็ดมีสีเหลืองอ่อนกว่าฟักทองผงเล็กน้อย ส่วนปลายข้าวหอมมะลิบดมีสีขาว (ภาพภาคผนวก ก.1) เมื่อตรวจวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่า วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมีค่าสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ปลายข้าวหอมมะลิบดมีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด (90.98$\pm$0.16) รองลงมาคือข้าวโพดเกล็ด (81.19$\pm$0.67) และฟักทองผง (73.61$\pm$0.58) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) สำหรับค่าสีแดง (a*) พบว่า วัตถุดิบหลักทั้ง 3 ชนิดมีค่าสีแดงค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง -0.81$\pm$0.06 ถึง 6.77$\pm$0.23 ส่วนค่าสีเหลือง (b*) พบว่า ฟักทองผงมีค่าสีเหลืองสูงสุด (48.67$\pm$0.90) รองลงไปคือ ข้าวโพดเกล็ด (46.47$\pm$2.28) และปลายข้าวหอมมะลิบด (7.17 $\pm$ 2.12) ตามลำดับ

เมื่อนำข้าวโพดเกล็ดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดต่างกัน พบว่า อนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20-50 เมช (ร้อยละ 68.00$\pm$2.00) (ตารางที่ 4.1) ที่เหลือเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 50 เมช และใหญ่กว่า 20 เมช (ร้อยละ 30.67$\pm$2.31 และ 1.33$\pm$1.16 ตามลำดับ) แสดงว่าผู้ผลิตได้ทำการร่อนคัดแยกขนาดใหญ่ออกไป อาจเป็นเพราะ ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและความรู้สึกขณะที่รับประทาน โดยข้าวโพดเกล็ดที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 50-60 เมช เมื่อผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ ขนมกรอบที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่มและมีโครงสร้างเล็กละเอียด และข้าวโพดเกล็ดที่มีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 16-25 เมช จะได้ขนมกรอบที่มีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็ง เนื้อแน่น เซลโครงสร้างใหญ่ รูอากาศโต (ประชา, 2537ข) เมื่อนำปลายข้าวหอมมะลิและฟักทองผงไปบดผ่านเครื่องบดที่มีการติดตั้งตะแกรงขนาด 2.5 มิลลิเมตร และนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดแตกต่างกันพบว่า ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดมีการกระจายตัว โดยมีปริมาณอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 เมช อยู่สูงถึงช่วงร้อยละ 19.33$\pm$3.51 ถึง 21.33$\pm$1.53 ที่เหลืออยู่ในช่วง 20-50 เมช และเล็กกว่า 50 เมช การที่วัตถุดิบมีอนุภาคขนาดใหญ่ปนอยู่มากอาจมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยที่อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งและแน่นขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปอาหารเช้าธัญชาติควรจะมีคุณสมบัติที่กรอบแข็ง โพรงอากาศเล็ก ดูดซับน้ำนมได้ช้า มีความพองตัวดีและความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าขนมกรอบ (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ลักษณะคุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบส่วนใหญ่ (ความชื้น โปรตีน เยื่อใยหยาบ เถ้า คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส แป้ง วอเตอร์แอคติวิตี และเบต้า-แคโรทีน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความชื้นและวอเตอร์แอคติวิตีของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่เหมาะสมของธัญชาติคือ ความชื้นร้อยละ 8-14 (Watt and Merrill, 1975) และมีวอเตอร์แอคติวิตีต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นช่วงที่ปลอดภัยจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (นิธิยา, 2545; Fellow, 1993 และ Banwart, 1983)

ปริมาณโปรตีนในฟักทองผงมีค่ามากที่สุด (ร้อยละ 10.58±0.02) รองลงมาเป็นปลายข้าวหอมมะลิบดและข้าวโพดเกล็ด (ร้อยละ 6.92±0.09 และ 5.38±0.09 ตามลำดับ) ในฟักทองผงมีปริมาณเยื่อใยหยาบและเถ้าสูงที่สุด (ร้อยละ 8.21±0.15 และ 4.62±0.04 ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณเถ้าในวัตถุดิบที่สูงเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุที่สูงขึ้นด้วย (Harber, 1998) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในปลายข้าวหอมมะลิบดมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 81.51±0.30) รองลงไปเป็น ข้าวโพดเกล็ด และฟักทองผง (ร้อยละ 80.76±0.44 และ 67.81±0.45 ตามลำดับ) แต่พบว่า ข้าวโพดเกล็ดมีปริมาณอะไมโลสสูงสุด (ร้อยละ 34.00±0.00) รองลงไปเป็นปลายข้าวหอมมะลิบด (ร้อยละ 18.67±1.15) และฟักทองผงมีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (ร้อยละ 8.00±0.00) ซึ่งส่วนใหญ่ปริมาณอะไมโลสในข้าวโพดและข้าวเจ้ามีปริมาณร้อยละ 28 และ 14-32 ตามลำดับ (Blanshard, 1987) ส่วนปริมาณแป้งพบว่า ปลายข้าวหอมมะลิบดมีปริมาณแป้ง (ร้อยละ 49.88±4.62) สูงกว่าข้าวโพดเกล็ดเล็กน้อย (ร้อยละ 45.66±3.11) ส่วนฟักทองผงมีปริมาณแป้งน้อยที่สุด (ร้อยละ 32.31±2.90)

นอกจากนี้ยังพบว่าในฟักทองผงมีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูงที่สุด (12.57±0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) รองลงมาคือข้าวโพดเกล็ด และปลายข้าวหอมมะลิบด (0.90±0.01 และ 0.01±0.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนปริมาณไขมันมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ร้อยละ 0.80±0.25 ถึง 1.24 ±0.29) อย่างไรก็ตามคุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น พบว่ามีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ความแตกต่างของสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก เขตกรรม การเก็บเกี่ยว รวมไปถึงการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ และวิธีการวิเคราะห์ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวโพดเกล็ด ปลายข้าวหอมมะลิบด และฟักทองผง

ลักษณะคุณภาพ[1/]	วัตถุดิบ		
	ข้าวโพดเกล็ด	ปลายข้าวหอมมะลิบด	ฟักทองผง
คุณภาพทางกายภาพ			
ค่าความสว่าง (L*)	$81.19^{b} \pm 0.67$	$90.98^{a} \pm 0.16$	$73.61^{c} \pm 0.58$
ค่าสีแดง (a*)	$6.77^{a} \pm 0.23$	$-0.81^{c} \pm 0.06$	$4.84^{b} \pm 0.31$
ค่าสีเหลือง (b*)	$46.47^{a} \pm 2.28$	$7.17^{b} \pm 2.12$	$48.67^{a} \pm 0.90$
ขนาดอนุภาค			
ใหญ่กว่า 20 เมช (ร้อยละ)	$1.33^{b} \pm 1.16$	$21.33^{a} \pm 1.53$	$19.33^{a} \pm 3.51$
อยู่ในช่วง 20-50 เมช (ร้อยละ)	$68.00^{a} \pm 2.00$	$45.00^{c} \pm 3.00$	$56.00^{a} \pm 3.61$
เล็กกว่า 50 เมช (ร้อยละ)	$30.67^{a} \pm 2.31$	$33.67^{a} \pm 1.53$	$24.67^{b} \pm 4.04$
คุณภาพทางเคมี[2/]			
ความชื้น (ร้อยละ)	$11.90^{a} \pm 0.20$	$9.87^{b} \pm 0.21$	$7.93^{c} \pm 0.30$
โปรตีน (ร้อยละ)	$5.38^{c} \pm 0.09$	$6.92^{b} \pm 0.09$	$10.58^{a} \pm 0.02$
ไขมัน (ร้อยละ) [ns.]	1.24 ± 0.29	0.80 ± 0.25	0.85 ± 0.03
เยื่อใยหยาบ (ร้อยละ)	$0.45^{b} \pm 0.78$	$0.52^{b} \pm 0.15$	$8.21^{a} \pm 0.15$
เถ้า (ร้อยละ)	$0.27^{c} \pm 0.03$	$0.38^{b} \pm 0.03$	$4.62^{a} \pm 0.04$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$80.76^{b} \pm 0.44$	$81.51^{a} \pm 0.30$	$67.81^{c} \pm 0.45$
อะไมโลส (ร้อยละ)	$34.00^{a} \pm 0.00$	$18.67^{b} \pm 1.15$	$8.00^{c} \pm 0.00$
แป้ง (ร้อยละ)	$45.66^{a} \pm 3.11$	$49.88^{a} \pm 4.62$	$32.31^{b} \pm 2.90$
วอเตอร์แอคติวิตี	$0.57^{a} \pm 0.00$	$0.43^{b} \pm 0.00$	$0.40^{c} \pm 0.00$
สารเบต้า-แคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	$0.90^{b} \pm 0.01$	$0.01^{c} \pm 0.00$	$12.57^{a} \pm 0.07$

หมายเหตุ: 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2/ คุณภาพทางเคมี ยกเว้นวอเตอร์แอคติวิตี คำนวณจากน้ำหนักฐานเปียก (wet basis)

ns. หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณภาพของวัตถุดิบ 3 ชนิดกับงานวิจัยอื่น

คุณภาพทางเคมี	ข้าวโพดเกล็ด			ข้าว			ฟักทองผง	
	ค่าที่วิเคราะห์ได้	สมชายและคณะ (2539)	Naivikul *et al.* (2002)	ค่าที่วิเคราะห์ได้	Juliano (1993)	กองโภชนาการ (2535)	ค่าที่วิเคราะห์ได้	จิรภาและคณะ (2546)
ความชื้น (ร้อยละ)	11.90	10.12	13.08	9.87	14.00	11.8	7.93	5.13
โปรตีน (ร้อยละ)	5.38	9.97	6.30	6.92	6.3-7.1	6.4	10.58	1.70
ไขมัน (ร้อยละ)	1.24	2.10	0.44	0.80	0.3-0.5	0.8	0.85	2.21
เยื่อใยหยาบ (ร้อยละ)	0.45	8.76	1.67	0.52	0.2-0.5	0.3	8.21	3.29
เถ้า (ร้อยละ)	0.27	0.58	0.51	0.38	0.3-0.8	-	4.62	3.24
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	80.76	78.59	-	81.51	77.89	80.4	67.81	-
เบต้า-แคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)	0.90	-	-	0.01	-	-	12.57	3.77

หมายเหตุ : - ไม่มีการวิเคราะห์

4.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

จากการเสริมฟักทองผงร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ ทดแทนในส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบด (1:1) เมื่อปรับความชื้นส่วนผสมให้เป็นร้อยละ 13 และผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวที่ความเร็วรอบสกรู 200 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 170 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่า การเสริมฟักทองผงลงในส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบดในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง (87.24±0.39 83.78±0.14 78.70±0.20 76.43±0.14 และ 74.62±0.15 ตามลำดับ) ค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มสูงขึ้น (2.33±0.23 0.16±0.14 2.70 ±0.04 3.92±0.08 และ 4.77±0.18 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับค่าสีเหลือง (b*) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับฟักทองผงที่เพิ่มขึ้น (39.99±1.06 46.79±0.65 49.23±0.51 49.84±0.27 และ 51.08±0.40 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.3) การที่ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฟักทองผงที่เสริมลงไปมีค่าความสว่างน้อยกว่าแต่มีค่าสีเหลืองสูงกว่าวัตถุดิบหลักชนิดอื่น เมื่อนำไปเสริมทดแทนส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดและปลายข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หอมมะลิบดในปริมาณที่มากขึ้น จึงทำให้อาหารเช้าธัญชาติมีแนวโน้มของค่าความสว่างและค่าสีเหลืองใกล้เคียงกับสีของฟักทองผงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรภา และคณะ (2547) ที่ใช้ฟักทองผงเสริมลงไปในผลิตภัณฑ์ขนมไทยแล้วพบว่า ขนมไทยที่เสริมฟักทองผงจะมีค่าความสว่างของสีลดลง แต่ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณของฟักทองผงที่เสริมลงไป

เมื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่น อัตราส่วนการพองตัว และแรงกดแตก พบว่า การเสริมทดแทนปริมาณฟักทองผงปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ตามลำดับในส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบด (1:1) ทำให้ความหนาแน่นและค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (0.08±0.00 0.10±0.00 0.11±0.00 0.13±0.00 และ 0.16±0.00 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ 5.802±1.03 7.880±1.67 8.368±1.16 10.918±1.56 และ 11.886±1.20 กิโลกรัม ตามลำดับ) ส่วนอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง (3.16±0.14 2.71±0.06 2.45±0.09 2.09±0.03 และ 2.01±0.08 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.3)

ความหนาแน่น ค่าแรงกดแตก และอัตราส่วนการพองตัว มีความสัมพันธ์กันคือ ถ้าความหนาแน่นและค่าแรงกดแตกมาก อัตราส่วนการพองตัวจะน้อย เช่นเดียวกันหากความหนาแน่นน้อยและค่าแรงกดแตกน้อย อัตราส่วนการพองตัวจะมาก ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คือผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูงและมีค่าแรงกดแตกมากก็จะมีความแข็งมากด้วย (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2542) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ขนาดของวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งมากขึ้น (ประชา, 2537ข) นอกจากนี้ยังอาจเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนและเส้นใยในวัตถุดิบส่วนผสม ซึ่งหากมีโปรตีนและเส้นใยในวัตถุดิบส่วนผสมมากขึ้น ความหนาแน่นและแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้น อัตราการส่วนการพองตัวจะลดลง (ประชา และคณะ, 2539; จิรจิต และคณะ, 2541; Boonyasirikool and Charunuch, 2000b และ Naivikul *el al*., 2002) จะเห็นได้ว่าในฟักทองผงมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยหยาบอยู่สูงกว่าวัตถุดิบหลักอีก 2 ชนิด เมื่อเสริมปริมาณฟักทองผงเข้าไป ทำให้วัตถุดิบส่วนผสมมีโปรตีนและเยื่อใยหยาบเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นและแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์จึงสูงขึ้น และอัตราการส่วนการพองตัวลดลง โดยโปรตีนในวัตถุดิบส่วนผสมจะจับตัวกับแป้ง ทำให้แป้งพองตัวได้ไม่ดี (Yu *et al*., 1981) เส้นใยในวัตถุดิบจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอัตราส่วนการพองตัวลดลงและมีรอยแตกร้าวที่ผิว (Colonna *et al*., 1989) Guy (1994) กล่าวว่า วัตถุดิบส่วนผสมที่มีปริมานเส้นใยมากกว่าร้อยละ 2-3 จะส่งผลต่ออัตราส่วนการพองตัว และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งยืนยันได้จาก Onwulata *et al*. (2000) ที่ว่าหากวัตถุดิบส่วนผสมมีปริมาณเส้นใยมากกว่าร้อยละ 10 อัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื้อสัมผัสจะมีความแข็งมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของอาหารเช้าธัญชาติที่เสริมฟักทองผงในระดับต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ[1/]	อัตราส่วนของส่วนผสมข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบดต่อฟักทองผง				
	94 : 0	89 : 5	84 : 10	79 : 15	74 : 20
คุณภาพทางกายภาพ					
ค่าความสว่าง (L*)	$87.24^{a} \pm 0.39$	$83.78^{b} \pm 0.14$	$78.70^{c} \pm 0.20$	$76.43^{d} \pm 0.14$	$74.62^{e} \pm 0.15$
ค่าสีแดง (a*)	$2.33^{e} \pm 0.23$	$0.16^{d} \pm 0.14$	$2.70^{c} \pm 0.04$	$3.92^{b} \pm 0.08$	$4.77^{a} \pm 0.18$
ค่าสีเหลือง (b*)	$39.99^{d} \pm 1.06$	$46.79^{c} \pm 0.65$	$49.23^{b} \pm 0.51$	$49.84^{b} \pm 0.27$	$51.08^{a} \pm 0.40$
ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	$0.08^{e} \pm 0.00$	$0.10^{d} \pm 0.00$	$0.11^{c} \pm 0.00$	$0.13^{b} \pm 0.00$	$0.16^{a} \pm 0.00$
อัตราส่วนการพองตัว	$3.16^{a} \pm 0.14$	$2.71^{b} \pm 0.06$	$2.45^{c} \pm 0.09$	$2.09^{d} \pm 0.03$	$2.01^{e} \pm 0.08$
แรงกดแตก (กิโลกรัม)	$5.802^{d} \pm 1.03$	$7.880^{c} \pm 1.67$	$8.368^{c} \pm 1.16$	$10.918^{b} \pm 1.56$	$11.886^{a} \pm 1.20$
คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
สี	$6.50^{b} \pm 1.73$	$7.75^{a} \pm 0.91$	$6.40^{b} \pm 1.31$	$4.70^{c} \pm 1.59$	$4.05^{c} \pm 1.67$
กลิ่น[ns.]	5.60 ± 1.85	6.05 ± 1.43	5.75 ± 1.45	5.60 ± 1.67	5.60 ± 1.70
รสชาติ	$5.30^{b} \pm 1.56$	$6.30^{a} \pm 0.98$	$6.20^{a} \pm 1.06$	$6.05^{ab} \pm 1.05$	$5.30^{b} \pm 1.62$
ความกรอบ	$5.90^{b} \pm 1.78$	$7.15^{a} \pm 0.99$	$6.80^{ab} \pm 1.28$	$6.75^{ab} \pm 1.07$	$6.10^{b} \pm 1.97$
ความเนียนเนื้อ	$5.70^{b} \pm 1.72$	$6.75^{a} \pm 1.07$	$6.45^{ab} \pm 1.05$	$6.65^{a} \pm 1.04$	$5.65^{b} \pm 1.72$
ความชอบโดยรวม	$5.95^{bc} \pm 1.43$	$7.05^{a} \pm 0.99$	$6.50^{ab} \pm 1.00$	$5.90^{bc} \pm 1.16$	$5.25^{c} \pm 1.62$

หมายเหตุ: 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns. หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวมของอาหารเช้าธัญชาติที่เสริมฟักทองผงในปริมาณแตกต่างกัน พบว่าคุณภาพด้านสี รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนคุณภาพทางด้าน กลิ่น มีความชอบใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (อยู่ในช่วง 5.60 ± 1.67 ถึง 6.05 ± 1.43) (ตารางที่ 4.3) เมื่อเสริมฟักทองผงในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 การยอมรับในทุกลักษณะดีใกล้เคียงกัน และได้รับการยอมรับสูงกว่าอาหารเช้าธัญชาติที่ไม่ได้เสริมฟักทองผง แต่การยอมรับจะลดลงหากเสริมฟักทองผงในปริมาณที่มากกว่านี้ (ร้อยละ 15 และ 20 ตามลำดับ) จะเห็นว่าอาหารเช้าธัญชาติที่ได้รับการยอมรับน้อยคือ

อาหารเช้าธัญชาติที่มีอัตราส่วนการพองตัวน้อย มีความหนาแน่นและค่าแรงกดแตกสูง นั่นก็คือ อาหารเช้าธัญชาตินั้นมีความแข็งมาก ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคไม่ชอบ (ประชา และ จุฬาลักษณ์, 2542 และ Sacchetti *et al*., 2004)

ดังนั้นการเลือกอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่เหมาะสมที่สุด จึงพิจารณาสูตรที่สามารถเสริมฟักทองผงได้มากที่สุด และยังคงได้รับคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สูงอยู่ โดยเฉพาะการยอมรับคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสได้แก่ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม เนื่องจากคุณภาพทางด้านอื่นๆ คือ สี กลิ่น และรสชาติ สามารถปรับปรุงได้โดยการแต่งกลิ่นและรสชาติเช่นการเคลือบคาราเมล ดังนั้นจึงเลือกอาหารเช้าธัญชาติที่เสริมฟักทองผงในปริมาณร้อยละ 10 ทดแทนในส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบด ไปศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงต่อไป

4.3 สภาวะการผลิตที่เหมาะสมของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

จากอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ส่วนผสมของข้าวโพดเกล็ดกับปลายข้าวหอมมะลิบด (1:1) ร้อยละ 84 ฟักทองผงร้อยละ 10 ผสมกับน้ำตาลทราย น้ำมันพืช และแคลเซียมคาร์บอเนต ในปริมาณร้อยละ 3 2 และ 1 ตามลำดับ นำไปศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Central Composite Design โดยกำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุด ของปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง 3 ปัจจัย คือ ความชื้นส่วนผสม ร้อยละ 12 และ 16 ความเร็วรอบสกรู 150 และ 250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้าย 150 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจะได้สภาวะในการผลิตทั้งหมด 17 สภาวะ (ตารางภาคผนวก ง.2) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 17 สภาวะ แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ความชื้นส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้าย มีผลต่อค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.10$\pm$0.00 ถึง 0.21$\pm$0.00 กรัมต่อมิลลิลิตร อัตราส่วนการพองตัวอยู่ในช่วง 2.01$\pm$0.06 ถึง 2.42$\pm$0.11 และแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 6.440$\pm$1.07 ถึง 11.279$\pm$1.89 (ตารางที่ 4.4) และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเลือกวิเคราะห์ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม เนื่องจากเนื้อสัมผัสเป็นลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติ จึงประเมินการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกสภาวะการผลิต พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบอยู่ในช่วง 4.90$\pm$1.48 ถึง 7.65$\pm$1.31 ความเนียนเนื้ออยู่ในช่วง 4.75$\pm$1.41 ถึง 7.65$\pm$0.99 ความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 4.80$\pm$1.42 ถึง 7.60$\pm$1.31 (ตารางที่ 4.5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลของสภาวะในการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

สภาวะที่	สภาวะในการผลิต			คุณภาพทางกายภาพ		
	ความชื้นส่วนผสม (ร้อยละ)	ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	อัตราส่วนการพองตัว	แรงกดแตก (กิโลกรัม)
1	12.8	170	156	0.15 ± 0.00	2.34 ± 0.12	7.428 ± 1.29
2	15.2	170	156	0.21 ± 0.00	2.08 ± 0.07	7.597 ± 1.18
3	12.8	230	156	0.10 ± 0.00	2.38 ± 0.16	8.951 ± 0.73
4	15.2	230	156	0.15 ± 0.00	2.11 ± 0.08	8.476 ± 1.11
5	12.8	170	174	0.12 ± 0.00	2.32 ± 0.08	10.590 ± 1.15
6	15.2	170	174	0.15 ± 0.00	2.01 ± 0.06	8.891 ± 1.43
7	12.8	230	174	0.11 ± 0.00	2.42 ± 0.11	10.109 ± 0.82
8	15.2	230	174	0.15 ± 0.00	2.07 ± 0.10	8.823 ± 1.25
9	12	200	165	0.11 ± 0.00	2.80 ± 0.06	7.191 ± 1.25
10	16	200	165	0.18 ± 0.00	2.04 ± 0.08	8.103 ± 1.67
11	14	150	165	0.17 ± 0.00	2.40 ± 0.07	10.084 ± 1.66
12	14	250	165	0.11 ± 0.00	2.36 ± 0.07	8.180 ± 1.26
13	14	200	150	0.15 ± 0.00	2.32 ± 0.09	6.440 ± 1.07
14	14	200	180	0.12 ± 0.00	2.16 ± 0.06	10.660 ± 1.12
15	14	200	165	0.12 ± 0.00	2.32 ± 0.07	9.939 ± 1.27
16	14	200	165	0.15 ± 0.00	2.24 ± 0.19	11.279 ± 1.89
17	14	200	165	0.12 ± 0.00	2.18 ± 0.09	9.091 ± 1.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ผลของสภาวะในการผลิตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

สภาวะที่	สภาวะในการผลิต			คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
	ความชื้นส่วนผสม (ร้อยละ)	ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	ความกรอบ	ความเนียนเนื้อ	ความชอบโดยรวม
1	12.8	170	156	6.85 ± 0.88	6.65 ± 0.86	6.50 ± 0.83
2	15.2	170	156	4.90 ± 1.48	4.75 ± 1.41	4.80 ± 1.42
3	12.8	230	156	7.65 ± 1.31	7.65 ± 0.99	7.60 ± 1.31
4	15.2	230	156	6.55 ± 1.64	6.35 ± 1.04	6.50 ± 1.10
5	12.8	170	174	7.20 ± 1.64	7.40 ± 1.10	7.10 ± 1.37
6	15.2	170	174	6.65 ± 1.63	6.40 ± 1.50	6.50 ± 1.57
7	12.8	230	174	7.45 ± 0.82	6.95 ± 0.99	7.10 ± 1.37
8	15.2	230	174	6.65 ± 1.39	5.85 ± 1.66	5.85 ± 1.60
9	12	200	165	7.55 ± 1.05	7.20 ± 1.00	7.25 ± 1.16
10	16	200	165	5.80 ± 1.64	5.10 ± 1.97	5.25 ± 1.77
11	14	150	165	5.90 ± 1.62	5.85 ± 1.33	5.40 ± 1.79
12	14	250	165	7.60 ± 1.05	7.20 ± 1.24	7.30 ± 1.34
13	14	200	150	6.55 ± 2.14	6.20 ± 2.09	6.15 ± 2.11
14	14	200	180	7.00 ± 1.49	6.70 ± 1.62	6.85 ± 1.66
15	14	200	165	7.15 ± 1.59	6.85 ± 1.60	6.90 ± 1.37
16	14	200	165	7.15 ± 1.59	6.80 ± 1.67	6.55 ± 1.57
17	14	200	165	7.50 ± 1.05	7.10 ± 1.33	7.20 ± 1.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 สมการที่ได้เป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่างๆ (coded equation) (ตารางภาคผนวก ง.3) และสมการที่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (decoded equation) สมการที่เลือกเป็นสมการที่มีค่า R^2 (Coefficient of determination) เข้าใกล้ 1 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ความชื้นส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้าย) และตัวแปรตามที่ศึกษา (ความหนาแน่น อัตราส่วนการพองตัว และคุณภาพทางประสาทสัมผัส) สมการที่มีค่า R^2 สูง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ดี นำสมการถดถอยถอดรหัสที่ได้ ไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (response surface) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica 5.0 ซึ่งสมการถดถอยถอดรหัส และกราฟพื้นที่การตอบสนอง สามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้น หากเปลี่ยนแปลงระดับของความชื้นส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้ายได้ แต่การคาดคะเนต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ-สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น

ตารางที่ 4.6 สมการถดถอยถอดรหัส (decoded equation) ของสภาวะการผลิตต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยถอดรหัส (decoded equation)	R^2
คุณภาพทางกายภาพ	
ความหนาแน่น = 1.8845+0.018391(M)-0.00911664(S)-0.011464(T)+0.0000518545(SxT)	0.92
อัตราส่วนการพองตัว = 4.39526-0.15197(M)	0.75
คุณภาพทางประสาทสัมผัส	
ความกรอบ = 10.42107-0.45214(M)+0.013692(S)	0.71
ความเนียนเนื้อ = -71.71824+3.07530(M)+0.28955(S)+0.35617(T)-0.00169706(SxT)-0.12925(M^2)	0.89
ความชอบโดยรวม = -46.02944-0.49342(M)+0.28151(S)+0.34438(T)-0.00162635(SxT)	0.82

หมายเหตุ: M หมายถึง ความชื้นส่วนผสม (ร้อยละ)

S หมายถึง ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)

T หมายถึง อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการพิจารณาสมการถดถอยเข้ารหัสของคุณภาพด้านความหนาแน่น (ตารางภาคผนวก ง.3) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิสุดท้ายมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าความชื้นส่วนผสม และความเร็วรอบสกรู เนื่องจากอุณหภูมิสุดท้ายมีสัมประสิทธิ์น้อยกว่าความชื้นส่วนผสม และความเร็วรอบสกรู เมื่อนำสมการถดถอยถอดรหัสไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง ซึ่งการสร้างกราฟสามารถทำได้กราฟละ 2 ปัจจัย จึงพิจารณาให้ปัจจัยที่เหลือเป็นค่าคงที่ จากกราฟพื้นที่การตอบสนองของความหนาแน่น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่ พบว่า เมื่อความชื้นส่วนผสมลดลง ความเร็วรอบสกรูเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง (ภาพที่ 4.1) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่ พบว่า เมื่อความชื้นส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายลดลง ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะลดลง (ภาพที่ 4.2) และ เมื่อพิจารณาความชื้นส่วนผสมคงที่ พบว่า เมื่อความเร็วรอบสกรูและอุณหภูมิสุดท้ายลดลง ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะลดลง (ภาพที่ 4.3) จากการที่ความชื้นส่วนผสมต่ำและความเร็วรอบสกรูสูง จะมีผลต่อแรงเฉือนที่กระทำกับวัตถุดิบส่วนผสมขณะที่ถูกอัดออกมา ซึ่งเมื่อความเร็วรอบสกรูสูงขึ้น แรงเฉือนก็สูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย วัตถุดิบส่วนผสมขณะที่ถูกอัดออกมาได้รับการบด อัด เสียดสีมาก มีความร้อนเกิดมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์สุกหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ผลิตภัณฑ์จึงมีการพองตัวดีและมีความหนาแน่นลดลง (ฤทัยพันธ์, 2537; ประชา และจุฬาลักษณ์, 2540; Frame, 1994) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiang and Johnson (1977) ที่ว่าการใช้วัตถุดิบมีความชื้นต่ำ ที่อุณหภูมิสูง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่พอง ลักษณะเบาและมีโครงสร้างเซลล์เปิดกว้าง เมื่อนำไปอบแห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกรอบนุ่ม

สำหรับคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราส่วนการพองตัว เห็นได้ว่าอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับความชื้นส่วนผสมเพียงอย่างเดียว โดยมีความสัมพันธ์กันแบบสมการเส้นตรง (linear equation) คือ เมื่อความชื้นส่วนผสมเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะลดลง และหากความชื้นของส่วนผสมลดลง อัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.4) ความชื้นส่วนผสมมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์คือ ถ้าความชื้นส่วนผสมสูงเกินไป จะทำให้อัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำที่มากเกินไป ทำให้ไอน้ำที่มีอยู่ในส่วนผสม ไม่สามารถระเหยออกมาได้หมดในเวลาอันรวดเร็วที่ผลิตภัณฑ์ผ่านพ้นหน้าแปลน จึงทำให้มีน้ำเหลืออยู่ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จำนวนมาก การพองตัวจึงไม่สามารถเกิดได้ดี แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะไม่ดีคือ ผลิตภัณฑ์จะแห้ง เปราะเกินไป และมีรอยร้าวที่ผิว (Chiang and Johnson, 1977 และ Ding *et al.*, 2005) ความชื้นส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันคือร้อยละ 13 ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวดีที่สุด (ศิราพร, 2534)

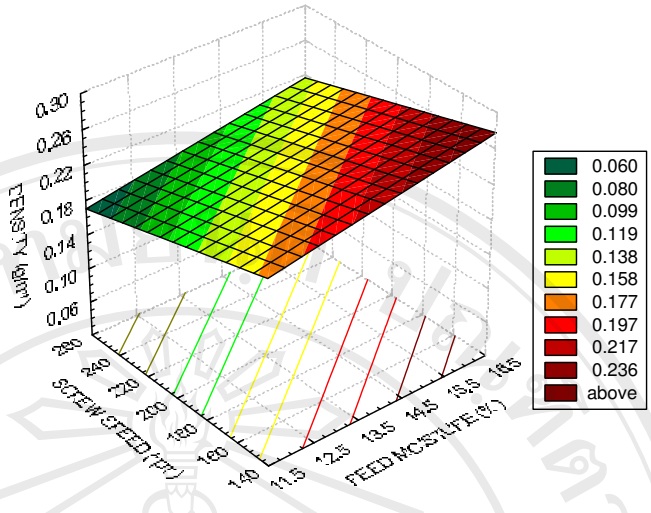
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาสมการถดถอยเข้ารหัสของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ (ตารางภาคผนวก ง.3) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านความกรอบ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นส่วนผสม และความเร็วรอบสกรู จากพื้นที่การตอบสนองของความกรอบเมื่อใช้ระดับความชื้นส่วนผสมต่ำและความเร็วรอบสกรูต่างกันพบว่า หากความชื้นส่วนผสมต่ำและความเร็วรอบสกรูสูง คะแนนการยอมรับจะสูง แต่หากความชื้นส่วนผสมสูงและความเร็วรอบสกรูต่ำ คะแนนการยอมรับจะน้อย (ภาพที่ 4.5) สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเนียนเนื้อ พบว่า อุณหภูมิสุดท้ายมีอิทธิพลต่อคะแนนการยอมรับด้านความเนียนเนื้อของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าความชื้นส่วนผสม และความเร็วรอบสกรู เมื่อสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองของความเนียนเนื้อ โดยพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่ พบว่า คะแนนการยอมรับจะสูง หากใช้ความเร็วรอบสกรูสูง ความชื้นส่วนผสมต่ำ (ภาพที่ 4.6) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่ พบว่า หากใช้ความชื้นส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายต่ำ คะแนนการยอมรับจะสูงขึ้น (ภาพที่ 4.7) และเมื่อพิจารณาความชื้นคงที่ พบว่า การใช้ความเร็วรอบสกรูสูงและอุณหภูมิสุดท้ายต่ำ หรือการใช้ความเร็วรอบสกรูต่ำและอุณหภูมิสุดท้ายสูง คะแนนการยอมรับจะมาก (ภาพที่ 4.8)

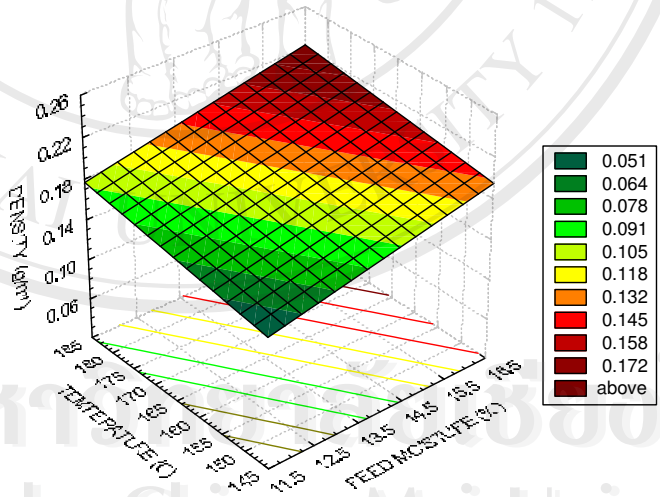
เมื่อพิจารณาสมการถดถอยเข้ารหัสของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวม (ตารางภาคผนวก ง.3) พบว่า อุณหภูมิสุดท้ายมีอิทธิพลต่อคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมน้อยกว่าความชื้นส่วนผสม และความเร็วรอบสกรู เมื่อนำสมการถดถอยถอดรหัสของความชอบโดยรวมไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่ พบว่า คะแนนการยอมรับจะสูง หากใช้ความเร็วรอบสกรูสูง ความชื้นส่วนผสมต่ำ (ภาพที่ 4.9) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่ พบว่า หากใช้ความชื้นส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายต่ำ คะแนนการยอมรับจะสูงขึ้น (ภาพที่ 4.10) และเมื่อพิจารณาความชื้นคงที่ พบว่า การใช้ความเร็วรอบสกรูสูงและอุณหภูมิสุดท้ายต่ำ หรือการใช้ความเร็วรอบสกรูต่ำและอุณหภูมิสุดท้ายสูง คะแนนการยอมรับจะมาก (ภาพที่ 4.11)

ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูง มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความพองตัวสูง และมีความหนาแน่นน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้าย ดังนั้น การคัดเลือกสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทอง จึงพิจารณาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเป็นสำคัญ โดยหาระดับของความชื้นส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้ายในช่วงที่ทำการศึกษาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 พบว่ามีสภาวะในการผลิตที่มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงทั้งหมด 5 สภาวะ (ตารางที่ 4.7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

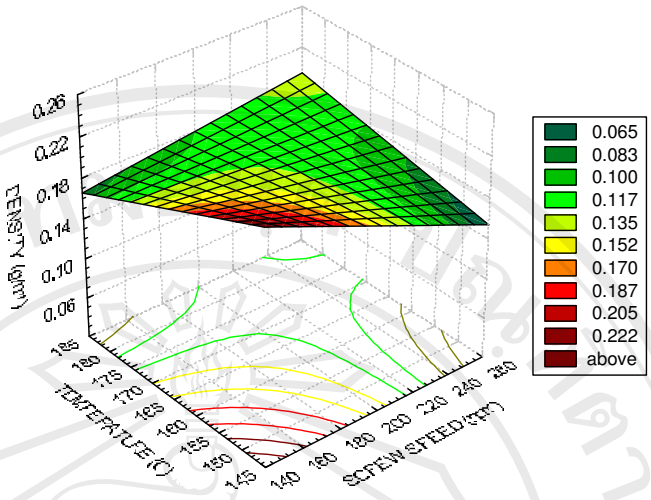


ภาพที่ 4.1 พื้นที่การตอบสนองของความหนาแน่นเนื่องจากปัจจัยระดับความชื้นส่วนผสมและความเร็วรอบสกรูในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่

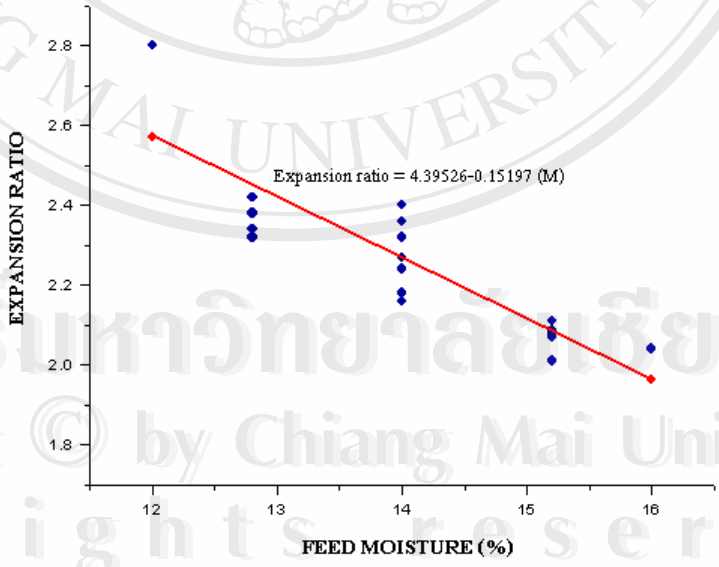


ภาพที่ 4.2 พื้นที่การตอบสนองของความหนาแน่นเนื่องจากปัจจัยระดับความชื้นส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

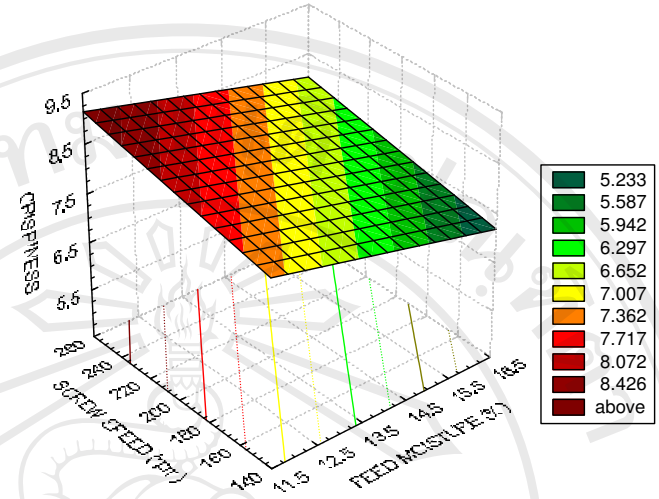


ภาพที่ 4.3 พื้นที่การตอบสนองของความหนาแน่นเนื่องจากปัจจัยระดับความเร็วรอบสกรูและอุณหภูมิสุดท้ายในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความชื้นส่วนผสมคงที่

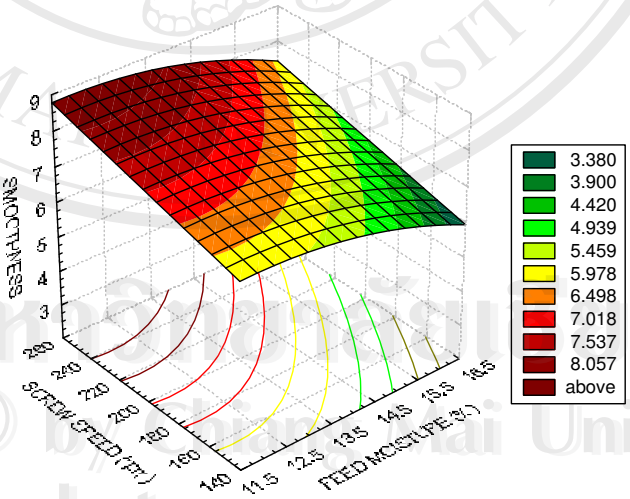


ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลของความชื้นส่วนผสมต่ออัตราส่วนการพองตัวกับสมการถดถอยถอดรหัสของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

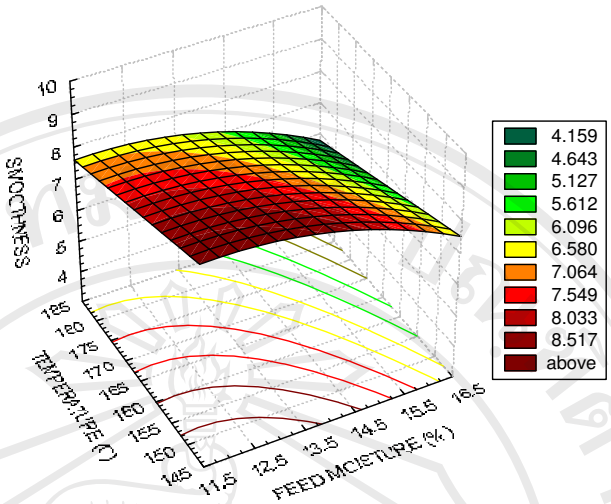


ภาพที่ 4.5 พื้นที่การตอบสนองของความกรอบเมื่อใช้ระดับความชื้นส่วนผสมและความเร็วรอบสกรูต่างกันในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

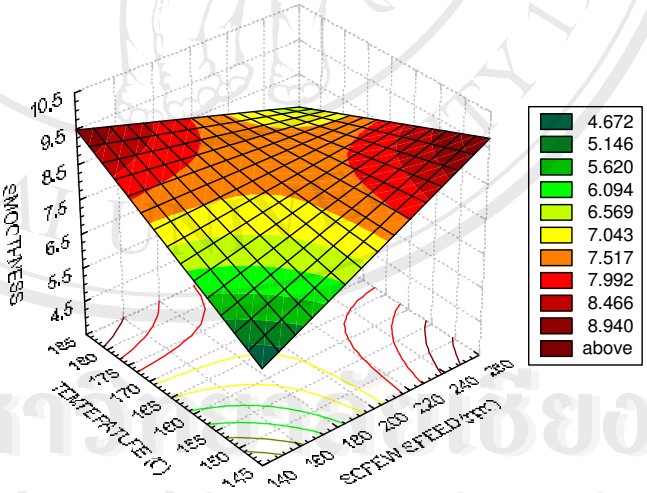


ภาพที่ 4.6 พื้นที่การตอบสนองของความเนียนเนื้อเนื่องจากปัจจัยระดับความชื้นส่วนผสมและความเร็วรอบสกรูในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

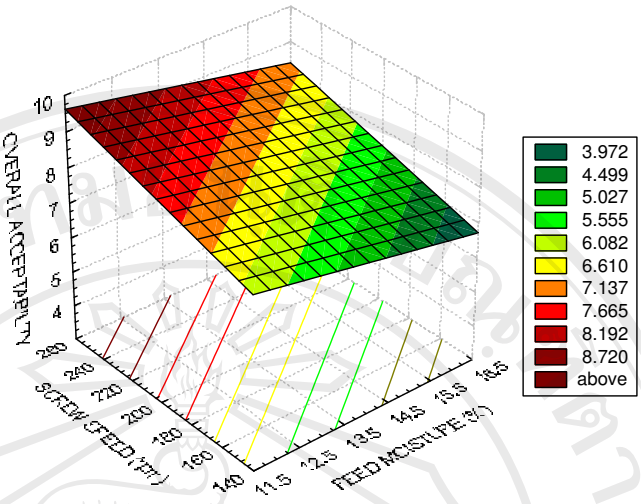


ภาพที่ 4.7 พื้นที่การตอบสนองของความเนียนเนื้อเนื่องจากปัจจัยระดับความชื้นส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่

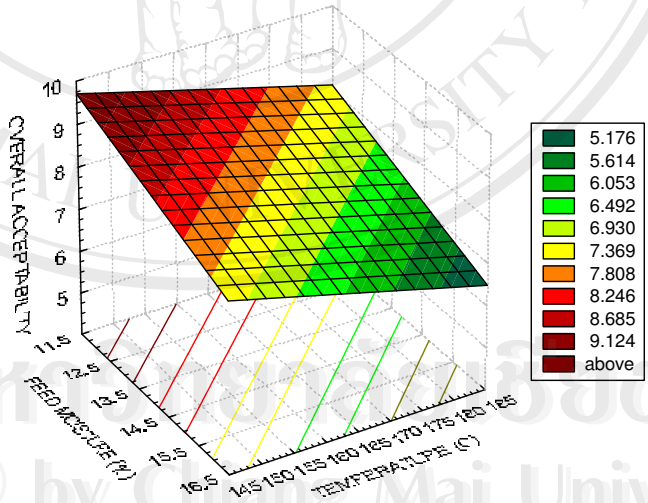


ภาพที่ 4.8 พื้นที่การตอบสนองของความเนียนเนื้อเนื่องจากปัจจัยระดับความเร็วรอบสกรูและอุณหภูมิสุดท้ายในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความชื้นส่วนผสมคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

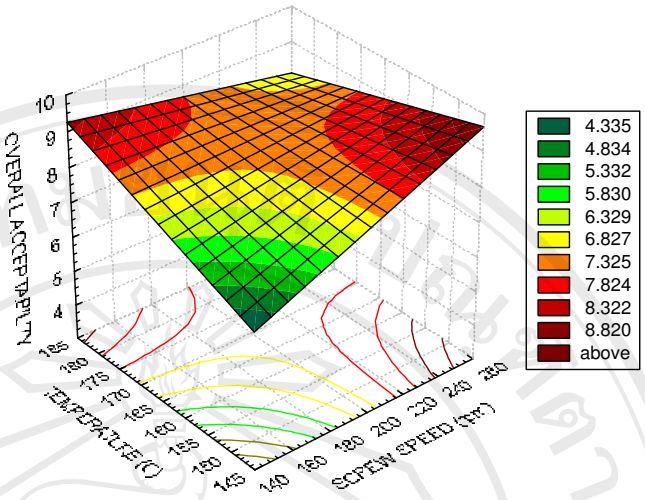


ภาพที่ 4.9 พื้นที่การตอบสนองของความชอบโดยรวมเนื่องจากปัจจัยระดับความเร็วรอบสกรูและความชื้นส่วนผสมในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายคงที่



ภาพที่ 4.10 พื้นที่การตอบสนองของความชอบโดยรวมเนื่องจากปัจจัยระดับอุณหภูมิสุดท้ายและความชื้นส่วนผสมในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความเร็วรอบสกรูคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.11 พื้นที่การตอบสนองของความชอบโดยรวมเนื่องจากปัจจัยระดับอุณหภูมิสุดท้ายและความเร็วรอบสกรูในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อพิจารณาความชื้นส่วนผสมคงที่

ตารางที่ 4.7 สภาวะในการผลิตที่เหมาะสมที่วิเคราะห์ได้สำหรับการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

สภาวะที่	สภาวะที่เหมาะสม			คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คำนวณจากสมการถดถอยถอดรหัส)			
	ความชื้นส่วนผสม (ร้อยละ)	ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	ความกรอบ	ความเนียนเนื้อ	ความชอบโดยรวม	คะแนนรวม
1	13.4	250	156	7.79	8.05	8.03	23.86
2	12.7	243	162	8.01	7.75	7.88	23.63
3	12.2	250	165	8.33	7.71	8.06	24.11
4	12.1	242	164	8.26	7.70	8.06	24.02
5	13.1	248	156	7.89	8.10	8.12	24.12

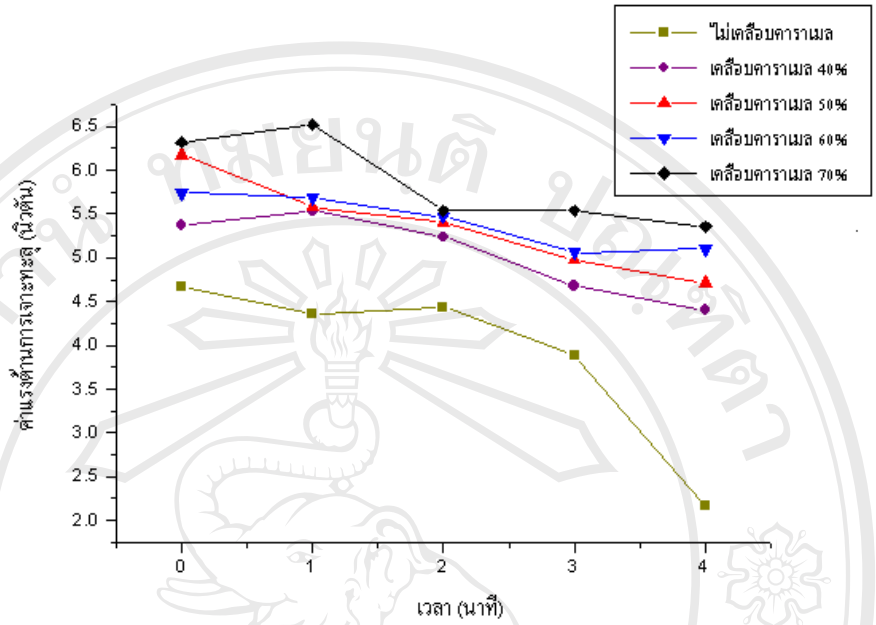
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่ได้ มีทั้งหมด 5 สภาวะ ซึ่งมีความชื้นส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 12.1-13.4 ความเร็วรอบสกรูอยู่ในช่วง 242-250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้ายอยู่ในช่วง 156-165 องศาเซลเซียส จากการคำนวณคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการแทนค่าของแต่ละปัจจัยทั้ง 5 สภาวะในสมการถดถอยถอดรหัสของความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนการยอมรับในด้านความกรอบอยู่ในช่วง 7.79-8.33 ความเนียนเนื้ออยู่ในช่วง 7.71-8.10 และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 7.88-8.12 จะเห็นว่ามีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับที่ดี คืออยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก ดังนั้นสามารถใช้สภาวะในการผลิตทั้ง 5 สภาวะเพื่อทำการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงได้ แต่ในการทดลองนี้จะเลือกสภาวะในการผลิตที่เหมาะสมที่สุด คือ มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านมากที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาโดยการจัดลำดับผลรวมของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกสภาวะ โดยสภาวะที่มีผลรวมของคะแนนที่มากที่สุดจะเป็นสภาวะในการผลิตที่ดีที่สุด ในที่นี้สภาวะที่มีผลรวมของคะแนนมากที่สุดคือสภาวะที่ 5 โดยมีคะแนนรวมเท่ากับ 24.12 จึงพิจารณาเลือกสภาวะที่ 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เมื่อแทนค่า ความชื้นส่วนผสมร้อยละ 13.1 ความเร็วรอบสกรู 248 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้าย 156 องศาเซลเซียส ลงในสมการถดถอยถอดรหัสจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่มีความหนาแน่น 0.08 กรัมต่อมิลลิลิตร อัตราส่วนการพองตัว 2.40 คะแนนการยอมรับทางด้านความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.89 8.10 และ 8.12 ตามลำดับ

4.4 ปริมาณคาราเมลที่เหมาะสมในการเคลือบอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

เมื่อนำอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่ผลิตขึ้นตามอัตราส่วนของวัตถุดิบ และสภาวะการผลิตที่เลือกได้ (จากการทดลองที่ 3.3.2 และ 3.3.3) ไปเคลือบด้วยคาราเมล 5 ระดับ ตามที่กำหนด เมื่อทดสอบความคงตัวในน้ำนม พบว่า ทุกตัวอย่างมีแนวโน้มของค่าแรงต้านการเจาะทะลุลดลงเรื่อยๆ เมื่อแช่ในน้ำนมเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น (ภาพที่ 4.12) โดยที่พบว่า แรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบคาราเมลมีแนวโน้มที่ลดลงมากที่สุด รองลงไปคือ ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบคาราเมลร้อยละ 40 50 60 และ 70 ตามลำดับ แสดงว่า การที่เคลือบคาราเมลในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่คงความกรอบมากขึ้น เนื่องจากคาราเมลที่เคลือบนี้จะไปเคลือบอยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปแช่ในน้ำนม จึงทำให้น้ำนมซึมเข้าไปได้ช้ากว่าที่ไม่ได้เคลือบคาราเมล ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติ เนื่องจากการบริโภคอาหารเช้าธัญชาติผู้บริโภคมักจะบริโภคกับนม ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่ดี ควรมีความคงตัวในน้ำนมได้นาน (วิจิตรา, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.12 ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงเคลือบคาราเมลซึ่งแช่ในน้ำนมในเวลาแตกต่างกัน

เมื่อนำอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่เคลือบคาราเมล ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการจัดลำดับคะแนน (Ranking test) และเทียบค่าผลรวมการจัดลำดับคะแนนกับตาราง Rank totals (ภาคผนวก จ.) พบว่า อาหารเช้าธัญชาติที่เคลือบคาราเมลร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ มีการจัดลำดับคะแนนความชอบที่ดีที่สุด (ตารางที่ 4.8) รองลงไปเป็นอาหารเช้าธัญชาติที่เคลือบคาราเมลร้อยละ 70 60 และ 40 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนอาหารเช้าธัญชาติที่ไม่เคลือบคาราเมล มีผลรวมการจัดลำดับคะแนนต่ำที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์ หลังการแช่ในน้ำนมได้ 4 นาที [ปรับปรุงตามวิธีการของ Burring and Kimberlee (2001) และ วิจิตรา (2546)] พบว่า อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่เคลือบคาราเมลร้อยละ 50 60 และ 70 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ มีค่าแรงต้านการเจาะทะลุที่ใกล้เคียงกัน (อยู่ในช่วง 4.71±1.13 ถึง 5.36±1.13 นิวตัน) (ตารางที่ 4.8) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้น ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์ อาจเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการจัดลำดับความชอบของผู้ทดสอบชิม อาจมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ถูกเคลือบคาราเมลจะมีสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำตาลทอง มันวาวมากขึ้น (วิจิตรา, 2546) มีกลิ่นหอมของเนย และมีรสชาติที่ดี เนื่องจากน้ำตาลและเนยที่ใช้เคลือบ (พัชรินทร์ และสุจิรา, 2542)

ตารางที่ 4.8 ค่าแรงต้านการเจาะทะลุและผลรวมการจัดลำดับคะแนนความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงเคลือบคาราเมลในระดับต่างๆ

ปริมาณคาราเมลที่เคลือบ (ร้อยละ)	ผลรวมการจัดลำดับความชอบ	ค่าแรงต้านการเจาะทะลุในนาทีที่ 4 1/ (นิวตัน)
0	70	$2.16^{c} \pm 1.20$
40	54	$4.40^{b} \pm 1.20$
50	30	$4.71^{ab} \pm 1.13$
60	37	$5.10^{ab} \pm 0.97$
70	34	$5.36^{a} \pm 1.13$

หมายเหตุ : 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.5 คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง

เมื่อเปรียบเทียบอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงที่คัดเลือกได้ (จากการทดลองที่ 3.3.4) กับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันทางการค้า 2 ชนิด จากการสังเกต อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีสีเหลืองเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด (ภาพภาคผนวก ก.6) เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี โดยวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่า ค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง มีค่าสีเหลือง (b*) สูงสุด (43.59$\pm$0.37) (ตารางที่ 4.9) สำหรับค่าความสว่าง (L*) ของผลิภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 69.91$\pm$0.04 ถึง 77.67$\pm$0.56 และมีค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 1.63$\pm$0.04 ถึง 13.31$\pm$0.04 สำหรับความหนาแน่นพบว่า อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด (0.13$\pm$0.00 กรัมต่อมิลลิลิตร) แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีของอาหารเช้าธัญชาติจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันคือ 0.137 - 0.159 กรัมต่อมิลลิลิตร (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2542) หรือ 0.146$\pm$0.01กรัมต่อมิลลิลิตร (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2540)

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าทั้ง 3 ชนิด ส่วนใหญ่ (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ คาร์โบไฮเดรต วอเตอร์แอคติวิตี และสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เบต้า-แคโรทีน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.33±0.12 ถึง 3.37±0.12 โดยผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารเช้าธัญชาติที่ผลิตโดยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์หลังจากอบแห้งแล้ว ควรจะมีความชื้นเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 1-2 ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบนาน (ประชา, 2537ก) วอเตอร์แอคติวิตีของอาหารเช้าธัญชาติทั้ง 3 ชนิดพบว่าอยู่ในช่วง 0.142±0.00 ถึง 0.303±0.00 ซึ่งเป็นช่วงที่ปลอดภัยจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่ออาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.6 (นิธิยา, 2545; Fellow, 1993; Banwart, 1983) ปริมาณโปรตีนในอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 5.82±0.01) รองลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 และผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (ร้อยละ 4.71±0.00 และ 4.39±0.01 ตามลำดับ)

สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 มีปริมาณสูงสุด (ร้อยละ 87.67±0.10) รองลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 และอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง (ร้อยละ 86.50±0.17 และ 83.43±0.07 ตามลำดับ) สำหรับปริมาณไขมันในอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง พบว่า มีปริมาณสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด คือมีปริมาณไขมันร้อยละ 4.56±0.19 เนื่องจากในขั้นตอนการเคลือบคาราเมลนั้นมีเนยเป็นส่วนผสมของคาราเมลที่ใช้ในการเคลือบ ซึ่งจากตารางแสดงคุณค่าทางอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม พบว่า เนยชนิดเค็มมีปริมาณไขมันสูงถึง 52.4 กรัม (กองโภชนาการ, 2535) อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีปริมาณเยื่อใยหยาบสูงสุด (ร้อยละ 1.27±0.04) รองลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 และผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (ร้อยละ 1.11±0.12 และ 0.43±0.05 ตามลำดับ) ส่วนปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติทั้ง 3 ชนิด พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วงร้อยละ 1.80±0.04 ถึง 1.85±0.03 โดยอาหารเช้าธัญชาติทางการค้า ส่วนใหญ่มีปริมาณเยื่อใยหยาบอยู่ในช่วงร้อยละ 0.4-3.6 และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.4-4.4 (Leslis *et al*., 1971) สำหรับปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติทั้ง 3 ชนิดพบว่า อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูงที่สุด (0.93±0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) รองลงไปคือ ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 (0.80±0.07 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมตัวอย่าง) และผลิตภัณฑ์ทางการค้า2 (0.08±0.04 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมตัวอย่าง)

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความเนียนเนื้อ และความชอบโดยรวมของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิดพบว่า การยอมรับคุณภาพด้านสี และรสชาติของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 ดีใกล้เคียงกัน (อยู่ในช่วง 7.50±0.76 ถึง 7.55±0.60 และ 7.55±1.23 ถึง 7.65±0.81 ตามลำดับ) ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (6.45±1.82 และ 6.25±1.74 ตามลำดับ) ส่วนคุณภาพทางด้านกลิ่นพบว่า อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด (7.15±1.35) รองลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 และผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (7.00±1.03 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6.15±1.87 ตามลำดับ) สำหรับคุณภาพด้านความกรอบและความเนียนเนื้อพบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติทั้ง 3 ชนิดได้รับคะแนนการยอมรับดีใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีคะแนนความชอบโดยรวมที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 และผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด จากการคำนวณ พบว่า เมื่อรับประทานอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง 30 กรัม จะได้รับไขมันทั้งหมด 1.5 กรัม (เทียบเท่า 2 % Thai RDI) โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 25 กรัม (เทียบเท่า 8 % Thai RDI) และได้รับพลังงานทั้งหมด 120 กิโลแคลอรี (ตารางที่ 4.10) จะเห็นได้ว่า อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีโปรตีนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ถึง 2 เท่า และมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด

เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ไม่รวมค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิต พบว่าอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงมีต้นทุนการผลิตทั้งหมด 32 บาทต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ง.3) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ต่ำมาก เมื่อพิจารณาจากราคาขายของผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 (433 บาทต่อกิโลกรัม) และผลิตภัณฑ์การค้า 2 (333 บาทต่อกิโลกรัม) ซึ่งราคาที่จำหน่ายของผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด อาจรวม ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าโฆษณา กำไร รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ดังนั้นอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง จึงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่ง ในการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ด้วยต้นทุนที่ไม่สูง ซึ่งนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่มีคุณค่าทางอาหารแล้ว ยังเป็นการนำวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ประโยชน์ เพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร และเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตอาหารเช้าธัญชาติ โดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 ชนิด

ลักษณะคุณภาพ[1/]	วัตถุดิบ		
	อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง	ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 (Nestle')	ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (Kellogg's)
คุณภาพทางกายภาพ			
ค่าความสว่าง (L*)	$75.39^{b} \pm 0.42$	$77.67^{a} \pm 0.56$	$69.91^{c} \pm 0.04$
ค่าสีแดง (a*)	$3.75^{b} \pm 0.15$	$1.63^{c} \pm 0.04$	$13.31^{a} \pm 0.04$
ค่าสีเหลือง (b*)	$43.59^{a} \pm 0.37$	$42.23^{a} \pm 1.00$	$21.79^{b} \pm 0.06$
ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	$0.13^{c} \pm 0.00$	$0.15^{b} \pm 0.00$	$0.16^{a} \pm 0.00$
คุณภาพทางเคมี[2/]			
ความชื้น (ร้อยละ)	$3.07^{b} \pm 0.15$	$2.33^{c} \pm 0.12$	$3.37^{a} \pm 0.12$
โปรตีน (ร้อยละ)	$5.82^{a} \pm 0.01$	$4.39^{c} \pm 0.01$	$4.71^{b} \pm 0.00$
ไขมัน (ร้อยละ)	$4.56^{a} \pm 0.19$	$3.87^{b} \pm 0.07$	$1.99^{c} \pm 0.03$
เยื่อใยหยาบ (ร้อยละ)	$1.27^{a} \pm 0.04$	$1.11^{a} \pm 0.12$	$0.43^{b} \pm 0.05$
เถ้า (ร้อยละ)[ns.]	1.85 ± 0.03	1.80 ± 0.04	1.83 ± 0.03
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$83.43^{c} \pm 0.07$	$86.50^{b} \pm 0.17$	$87.67^{a} \pm 0.10$
วอเตอร์แอคติวิตี	$0.142^{c} \pm 0.00$	$0.280^{b} \pm 0.00$	$0.303^{a} \pm 0.00$
สารเบต้า-แคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	$0.93^{a} \pm 0.02$	$0.80^{b} \pm 0.07$	$0.08^{c} \pm 0.02$
คุณภาพทางประสาทสัมผัส			
สี	$7.55^{a} \pm 0.60$	$7.50^{a} \pm 0.76$	$6.45^{b} \pm 1.82$
กลิ่น	$7.15^{ab} \pm 1.35$	$7.00^{bc} \pm 1.03$	$6.15^{c} \pm 1.87$
รสชาติ	$7.65^{a} \pm 0.81$	$7.55^{a} \pm 1.23$	$6.25^{b} \pm 1.74$
ความกรอบ[ns.]	8.05 ± 0.67	7.95 ± 0.67	7.65 ± 0.88
ความเนียนเนื้อ[ns.]	7.65 ± 0.99	7.60 ± 1.14	7.25 ± 1.16
ความชอบโดยรวม	$7.75^{a} \pm 0.72$	$7.60^{a} \pm 0.75$	$6.35^{b} \pm 1.79$

หมายเหตุ: 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2/ คุณภาพทางเคมี ยกเว้นวอเตอร์แอคติวิตี คำนวณจากน้ำหนักฐานเปียก (wet basis)

ns. หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 ชนิด

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)	อาหารเช้าธัญชาติเสริมฟักทองผง		ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 1 (Nestle')		ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 (Kellogg's)	
	กรัม	% Thai RDI*	กรัม	% Thai RDI*	กรัม	% Thai RDI*
ไขมันทั้งหมด	1.5	2	2.5	4	0.5	1
โปรตีน	2	-	1	-	1	-
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	25	8	25	8	27	9
พลังงานทั้งหมด	120 กิโลแคลอรี		130 กิโลแคลอรี		120 กิโลแคลอรี	

หมายเหตุ: * หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved