



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วน
กรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

**DEVELOPMENT OF REDUCED CALORIE THAI
STYLED EGG CUSTARD AND FATTY ACID PROPORTION
IMPROVEMENT WITH SUCRALOSE AND CEREAL CREAM**

นางสาววรรัตน์ สานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2552



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

ปริญญา

คหกรรมศาสตร์

คหกรรมศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

Development of Reduced Calorie Thai Styled Egg Custard and Fatty acid Proportion Improvement with Sucralose and Cereal Cream

نامผู้วิจัย นางสาววรรัตน์ สานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลลิตา อิงศรีสว่าง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรัส ภิรมย์ธรรมศิริ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาขนมหม้อแกวไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวาน
ซูคราโลสและกะทิธัญพืช

Development of Reduced Calorie Thai Styled Egg Custard and Fatty acid Proportion
Improvement with Sucralose and Cereal Cream

โดย

นางสาววรรัตน์ สานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สหกรรมศาสตร์)
พ.ศ. 2552

วารสาร สานนท์ 2552: การพัฒนาขนมหม้อแกวไข่ลดพลังงานและการปรับปรุง
สัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ปรินญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์) สาขาหกรรมศาสตร์ ภาควิชา
คหกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ,
Ph.D. 119 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขนมหม้อแกวไข่ลดพลังงานด้วยการใช้สารให้
ความหวานซูคราโลสและการปรับปรุงสัดส่วนของกรดไขมันด้วยการใช้กะทิธัญพืช
ผลการทดลองพบว่าการใช้ซูคราโลสที่ปริมาณร้อยละ 30 40 และ 50 และการใช้กะทิธัญพืช
ทดแทนกะทิมะพร้าว ที่ปริมาณร้อยละ 75 และ 100 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p>0.05$) ของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบ
สูงสุด คือ สูตรที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75 ไปทดสอบ
การยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ด้วยวิธีให้คะแนนแบบ 9- point hedonic scale พบว่า
ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อขนมหม้อแกวไข่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.56 –
8.14) และร้อยละ 100 ให้การยอมรับขนมหม้อแกวไข่ที่ใช้ซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยร้อยละ
93 ระบุว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของขนมหม้อแกวไข่ที่ใช้สารให้
ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชพบว่ามีค่าความแข็ง 2,501.16 กรัม ค่าแรงเกาะติดผิว
-152.56 กรัม:มิลลิกรัม และค่าการเกาะตัวกันเท่ากับ 0.16

ด้านคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกวไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ
40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75 พบว่ามีพลังงานลดลงร้อยละ 27.52 ไขมันลดลงร้อยละ 34.27
คาร์โบไฮเดรตลดลงร้อยละ 24.99 น้ำตาลทั้งหมดลดลงร้อยละ 35.51 ไขมันอิ่มตัวลดลงร้อยละ
57.73 ไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.76 ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งเพิ่มขึ้น
ร้อยละ 271.70 และมีโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.13 จากสูตรพื้นฐาน ในส่วนของต้นทุนการผลิต
ของขนมหม้อแกวไข่สูตรพื้นฐานและขนมหม้อแกวไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและ
กะทิธัญพืชเท่ากับ 3.40 และ 6.50 บาทต่อชิ้น ตามลำดับ

Wararat Sanon 2009: Development of Reduced Calorie Thai Styled Egg Custard and Fatty acid Proportion Improvement with Sucralose and Cereal Cream. Master of Science (Home Economics), Major Field: Home Economics, Department of Home Economics. Thesis Advisor: Associate Professor Tassanee Limsuwan, Ph.D.
119 pages.

The objectives of this research were to develop the reduced calorie Thai styled egg custard by using sucralose and to improve its fatty acid proportion with cereal cream. Results showed that the substitution of sucralose at 30, 40 and 50% of coconut sugar and the substitution of cereal at 75 and 100% of coconut cream had no significant difference in sensory evaluation with $p\text{-value} > 0.05$. Egg custard with 40% sucralose and 75% cereal cream received the highest score of sensory evaluation and was chosen for consumer acceptability test. From the overall liking test using 9-point hedonic scale, a hundred consumers rated the products as like moderately to like very much (7.56–8.14) and 100% of consumers accepted the product. Ninety-three percent of consumers indicated their willingness to buy the developed product. Hardness, adhesive force and cohesiveness of the developed product were 2,501.16 g., -152.56 g:mg. and 0.16, respectively.

As for the nutritive value, the content of calories, total fat, total carbohydrate, total sugar and saturated fatty acid of the developed product were lower than those of the original product by 27.52, 34.27, 24.99, 35.51 and 57.73%, respectively. Monounsaturated fatty acid, polyunsaturated fatty acid and total protein of the developed product increased by 27.76, 271.70 and 11.13%, respectively when compared to those of the original product. The cost per piece of original product was 3.40 baht whereas that of the developed Thai styled egg custard by using sucralose and cereal cream was 6.50 baht

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ ลีมสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลีลี อิงศรีสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ จิวเจริญสกุล ประธานการสอบ และ ดร.น้ำฝน ศีตะจิตต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์ เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณ คณาจารย์สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ที่ช่วยเหลือในการทดสอบในงานวิจัย และขอขอบคุณสำนักเขตหนองแขม กรุงเทพมหานครสำหรับสถานที่ในการทดสอบการยอมรับผู้บริโภคในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่สาว ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านต่างๆ เป็นอย่างดีینگ ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ และให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีได้กล่าวนาม ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือเสมอมาโดยตลอดจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบส่วนที่ดีของวิทยานิพนธ์ให้แก่ครูอาจารย์ และท่านผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว

วรรัตน์ สานนท์

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	93
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย	99
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	107
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล	13
2	เปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันของกะทิธัญพืช	16
3	คุณค่าทางโภชนาการของกะทิธัญพืชในปริมาณ 100 กรัมที่รับประทานได้	17
4	ปริมาณกรดไขมันในกะทิมะพร้าวและกะทิธัญพืช	18
5	ส่วนผสมในขนมหม้อแกงในการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน	32
6	แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD	32
7	แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษาปริมาณสารให้ความหวานชูคราโลสในขนมหม้อแกงไข่โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD	34
8	แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษานิดและปริมาณของกะทิธัญพืชในขนมหม้อแกงไข่โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD จัดการทดลองแบบ 2^2 factorial	36
9	ลักษณะของขนมหม้อแกงไข่ในการทดลองคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร	42
10	คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของขนมหม้อแกงไข่ 3 สูตร	43
11	คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานจากปริมาณ 100 กรัม	44
12	คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน	45
13	ส่วนผสมของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานชูคราโลสทดแทนน้ำตาลมะพร้าวในปริมาณต่างกัน	46
14	คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานชูคราโลส 3 ระดับ	47
15	คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานชูคราโลส 3 ระดับ	49
16	ส่วนผสมและปริมาณของขนมหม้อแกงไข่ 4 สูตร ที่มีการทดแทนกะทิด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดและปริมาณต่างกัน	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้ปริมาณและชนิดของกะทิธัญพืชต่างกันทดแทนกะทิมะพร้าวทั้ง 4 สูตร	53
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน	53
19	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวจัดการทดลองแบบ RCBD ทั้ง 4 สูตร	56
20	แสดงคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่ด้วยค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D. ใช้ปริมาณและชนิดของกะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวใน 4 สูตร	58
21	ส่วนผสมในขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชกั่วไรฟร้อยละ 75	61
22	คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชกั่วไรฟร้อยละ 75 ในปริมาณ 100 กรัม	62
23	คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชกั่วไรฟร้อยละ 75	63
24	เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่	63
25	เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่	67
26	ลักษณะทางด้านประสาทศาสตร์ของผู้บริโภค	69
27	คะแนนเฉลี่ยความชอบขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช	71
28	ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเกี่ยวกับขนมหม้อแกงลดพลังงาน	71
29	ข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับขนมหวานไทยลดพลังงาน	73
30	ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยเพศของกลุ่มตัวอย่าง	74
31	ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยอายุของกลุ่มตัวอย่าง	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง	76
33	ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่าง	77
34	ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง	78
35	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรปัจจัยด้านความชอบของขนมหม้อแกงไข่	80
36	ผลการวิเคราะห์โลจิสติกในการอธิบายผลการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช	82
37	ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน	84
38	ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40	85
39	ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรใช้กะทิธัญพืชร้อยละ 75	86
40	ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารแทนความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช	87
41	ต้นทุนการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรต่างๆ	88
ตารางผนวกที่		
ข1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	108
ข2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	109
ข4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	109
ข5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	110
ข6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	110
ข7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแข็งของขนมหม้อแกงทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	111
ข8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงเกาะติดผิวของขนมหม้อแกงทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	111
ข9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการเกาะตัวกันของขนมหม้อแกงทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	111
ข10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน	112
ข11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณ ต่างกัน	113
ข13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน รสชาติ จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดใน ปริมาณต่างกัน	113
ข14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อ สัมผัส จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดใน ปริมาณต่างกัน	114
ข15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน ความชอบโดยรวม จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่าง ชนิดในปริมาณต่างกัน	114
ข16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	115
ข17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี ของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	115
ข18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น ของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	115
ข19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน รสชาติของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	116
ข20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อ สัมผัสของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	116
ข21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน ความชอบโดยรวมของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการใช้กะทิ ธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial	117
ข23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิวของการใช้ กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial	117
ข24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยค่าการเกาะตัวกันของการใช้ กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial	118

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างของซูคราโลส	20
2 เปรียบเทียบลักษณะรสชาติซูคราโลสและน้ำตาล	21
3 กรรมวิธีการผลิตขนมหม้อแกงไข่	30
4 ผังแสดงสูตรในการศึกษาการทดแทนกะทิมะพร้าวด้วยกะทิธัญพืช	34
5 ค่าเฉลี่ยความแข็ง (กรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	49
6 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน	50
7 ค่าเฉลี่ยค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดกัน	58
8 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดกัน	59
9 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชในปริมาณที่ต่างกัน	59
10 คุณค่าทางโภชนาการที่ลดลงของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	64
11 คุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	65
12 สัดส่วนกรดไขมันชนิดต่างๆของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	66
13 ขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน	67
14 ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช	68
15 ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชในการทดสอบการยอมรับผู้บริโภค	68

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

SFA	=	Saturated fatty acids
MUFA	=	Monounsaturated fatty acids
PUFA	=	Polyunsaturated fatty acids
RCBD	=	Randomized Complete Block Design
ANOVA	=	Analysis of Variance
DMRT	=	Duncan's New Multiple Range Test

การพัฒนาขนมหม้อแกวไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

Development of Reduced Calorie Thai Styled Egg Custard and Fatty acid Proportion Improvement with Sucralose and Cereal Cream

คำนำ

ขนมหม้อแกวเป็นขนมไทยที่รู้จักกันโดยทั่วไป ซึ่งได้มีการพัฒนาปรับปรุงจากตำรับในอดีตจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับมากขึ้น มีรสชาติอร่อยและมีลักษณะที่ดี ขนมหม้อแกวที่ดีต้องมีความหอม รสชาติหวานมัน เนื้อนุ่มเนียน ผิวหน้าเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างเรียบ เนื้อขนมไม่แตกเป็นชั้น ขนมหม้อแกวมีหลายชนิดมีชื่อเรียกตามส่วนผสมที่ใส่ในขนม เช่น ขนมหม้อแกวไข่ หม้อแกวถั่ว หม้อแกวเผือก เป็นต้น การทำขนมหม้อแกวนั้นสามารถใช้ไข่ทั้งฟองมาเป็นส่วนผสม โดยนิยมใช้ไข่เป็ดมากกว่าไข่ไก่ เพราะมีเนื้อไข่ที่ไม่เหลวและทำให้ขนมอยู่ตัวดี และมีขั้นตอน การอบซึ่งถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำขนม ซึ่งต้องอบในอุณหภูมิพอเหมาะ มีความสม่ำเสมอ จึงทำให้ขนมมีลักษณะที่ดี ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบขนมหม้อแกวให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้มีรสชาติที่ดึงดูดผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้า ทั้งการเพิ่มส่วนผสมที่แปลกใหม่ และการผลิตขนมหม้อแกวบรรจุกระป๋อง

ขนมหม้อแกวไข่มีส่วนประกอบของน้ำตาลและกะทิ ซึ่งอุดมด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ทำให้ขนมหม้อแกวไทยเป็นอาหารที่มีพลังงานสูง ซึ่งกระแสการบริโภคในปัจจุบัน ผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสำคัญของอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม การรับประทานอาหารที่มีพลังงานสูงนั้นนอกจากจะก่อให้เกิดโรคอ้วนแล้ว ยังส่งผลให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่นๆด้วย

จากการรายงานขององค์อนามัยโลกพบว่าประชากรทั่วโลกราว 1 พันล้านคนมีภาวะน้ำหนักเกิน ในจำนวนนี้มี 300 ล้านคนเป็นโรคอ้วน และจากการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 5 พ.ศ.2546 พบว่าในกลุ่มผู้ใหญ่อายุที่ 19 – 59 ปี พบความชุกของโภชนาการเกินระยะท้วม อ้วนปานกลาง และอ้วนมาก จำนวนร้อยละ 17.5 23.7 และ 7.8 ตามลำดับ ซึ่งโดยรวมพบว่าในวัยผู้ใหญ่มีภาวะโภชนาการเกิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากด้วยวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไป ทำให้ขาดการออกกำลังกายเพียงพอ ประกอบกับการมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารไม่เหมาะสม

การพัฒนาอาหารที่มีพลังงานต่ำจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภค นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าการรับประทานอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันที่เหมาะสมจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ด้วยเหตุนี้จึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาส่วนผสมในขนมหม้อแกงไข่เพื่อให้มีพลังงานต่ำโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่ให้รสหวาน แต่ไม่ให้พลังงานแทนการใช้น้ำตาลมะพร้าว และปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยการใช้กะทิ ไขมันพืชแทนกะทิจากมะพร้าว เพื่อให้ได้ขนมหม้อแกงไข่ที่มีพลังงานต่ำและมีสัดส่วนกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นทางเลือกของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลมะพร้าวในขนมหม้อแกงไข่
2. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิในขนมหม้อแกงไข่
3. ศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชกับขนมหม้อไข่แกงสูตรพื้นฐาน
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช
5. ศึกษาต้นทุนในการผลิตของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชในการผลิตขนมหม้อแกงไข่
2. สามารถลดพลังงานงาน และปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันในขนมหม้อแกงให้มีความเหมาะสม เพื่อเป็นทางเลือกในการบริโภคขนมหม้อแกงไข่และเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภค
3. เป็นแนวทางในการประกอบอาหารลดพลังงานเพื่อใช้ในดำเนินธุรกิจด้านอาหารได้

การตรวจเอกสาร

1. ขนมหมั่วแกง

ขนมไทยเป็นมรดกทางวัฒนธรรมอย่างหนึ่งที่อยู่กับคนไทยมาอย่างยาวนานตั้งแต่โบราณ ขนมไทยมีส่วนประกอบหลัก 3 ชนิด คือ แป้งหรือข้าว มะพร้าวหรือกะทิ และน้ำตาล เมื่อ ประเทศไทยมีการติดต่อกับชาวยุโรปมากขึ้น มีการได้รับวัฒนธรรมทางด้านอาหารเข้ามา ทำให้ลักษณะของขนมไทยเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ในสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีบันทึกของชาวตะวันตกว่าพระองค์โปรดให้จัดอาหารต้อนรับคณะทูตฝรั่งเศสที่เดินทางมาเจริญสัมพันธไมตรีกับประเทศไทยถึง 150 ชนิด (แดงด้อย, 2535) ซึ่งทำให้ต้องมีการคิดค้นประดิษฐ์อาหารหวานคาวในแบบต่างๆ ขึ้นมาก่อนหน้านั้นแล้วมากมาย และส่วนหนึ่งอาจได้อาหารชนิดอื่นมาจากชาติต่างๆ ที่เข้ามาค้าขายกับไทยในขณะนั้นมาแล้ว เช่น โปรตุเกส เปอร์เซีย จีน ญี่ปุ่น เป็นต้น โดยเฉพาะประเทศโปรตุเกสนั้นเชื่อว่าเป็นต้นตำรับขนมหวานที่น่าเอาใจได้ และน้ำตาลทราย มาเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ทองหยิบทองหยอด ฝอยทอง แต่ยังไม่มียุคที่หลักฐานยืนยันที่แน่นอน เนื่องจากบันทึกความเป็นอยู่ของชาวไทยในอดีตอาจมีการสูญหายหรือถูกทำลาย

ในหนังสือประชุมพงศาวดาร ภาคที่ 40 ฉบับหอสมุดแห่งชาติ เรื่องจดหมายเหตุของพ่อค้าฝรั่งเศส ได้กล่าวถึงบุคคลสำคัญท่านหนึ่ง ซึ่งถือได้ว่าเป็นต้นตำรับในการทำอาหารหวานคาวต่างๆ บุคคลดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในนามท้าวทองกีบม้า หรือมารี กีมาร์ (Marie Guimar) ซึ่งรับราชการเป็นหัวหน้าห้องเครื่องในวังหลวง หรือเป็นผู้กำกับชาวเครื่องพนักงานของหวานในแผ่นดินพระเจ้าอยู่หัวท้ายสระเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2251 ถึง พ.ศ. 2275 ซึ่งทำให้เริ่มมีการนำเข้ามาทำเป็นขนมหวาน ได้แก่ ขนมทองหยอด ขนมทองหยิบ ขนมฝอยทอง ขนมสัมปันนี ขนมทองม้วน เป็นต้น (มิตรา, ม.ป.ป.) โดยขนมที่กล่าวมาจะใช้น้ำตาลฝรั่ง หรือน้ำตาลทรายที่ละลายได้ง่ายกว่าน้ำตาลมะพร้าวซึ่งเป็นน้ำตาลที่คนไทยนิยมใช้ ท้าวทองกีบม้าซึ่งมีหน้าที่ในการปรุงขนมหวานส่งเข้าไป ในวังเป็นผู้คิดค้นขนมไทยในรูปร่างต่างๆ ขึ้น และประดิษฐ์อาหารหวานคาวชนิดใหม่ๆถวายพระเจ้าแผ่นดิน ผนวกกับการทดลองนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศไทย และวัตถุดิบที่เหลืจากการทำขนมหวานแบบยุโรปซึ่งใช้แต่เฉพาะไข่แดงล้วนมาผสมกัน จึงได้ขนมไทยใหม่ๆอีกหลายชนิด

หนึ่งในขนมหวานที่เกิดขึ้นในสมัยนั้น คือขนมหม้อแกง หรือขนมกุมภมาส ซึ่งสันนิษฐานว่า ท้าวทองกีบม้าเป็นผู้ประดิษฐ์คิดค้นวิธีทำขนมหม้อทอง โดยนำวัตถุดิบที่มีในประเทศไทยกับ วิธีการทำขนมแบบตะวันตกมาผสมผสานจนได้ขนมชนิดนี้ขึ้นมา มีการกล่าวว่าที่เรียกชื่อว่า กุมภมาส เพราะเรียกตามส่วนผสมสำคัญของขนมคือถั่วกุมภมาส หมายถึง ถั่วชนิดหนึ่งนำมา บดละเอียด ผสมน้ำตาลโตนดจากมะพร้าว แบ่งที่ได้มาจากข้าวสารบดละเอียดและไข่ขาว ใส่ลงใน หม้อทองเหลือง แล้วผิงไฟจนสุกทั่วกัน เมื่อได้ที่แล้วโรยด้วยหอมเจียวให้มีกลิ่นหอม แต่จาก การสันนิษฐานที่ถูกต้อง และความเป็นจริงตามเหตุผล ขนมกุมภมาสอาจจะเรียกตามภาษาคนที่ใส่ ขนมมากกว่า โดยนำคำว่ากุมภมาสมาแปลตามคำ พบว่า “กุมภ” เป็นคำนาม แปลว่า หม้อ และ “มาส” แปลว่า ทอง ดังนั้นคำว่า “กุมภมาส” จึงแปลว่า หม้อทอง แต่ที่ปัจจุบันใช้คำว่าขนมหม้อแกง (วันชัย, 2545) เนื่องจากไทยมีการทำอาหารทั้งคาวและหวาน โดยมักจะเรียกกับข้าวที่ทำเป็นน้ำ ทั้งหลายว่าแกงมาตั้งแต่ครั้งโบราณ เช่น แกงเผ็ด แกงจืด แกงส้ม ส่วนขนมที่มีลักษณะเป็นน้ำบาง ชนิดที่มีส่วนผสมของกะทิและน้ำตาลปึก แล้วเติมส่วนประกอบจำพวกเผือก มัน ฟักทอง หรือถั่ว ลงไป โดยเรียกว่าแกง แต่เพื่อให้มีความแตกต่างไปจากแกงทั่วไปซึ่งเป็นอาหารคาว จึงเดิมคำว่า “บวด” ลงไปข้างท้าย เมื่อขนมหม้อทองมีส่วนผสมของกะทิและน้ำตาลปึกแถมด้วยหอมเจียวซึ่งใช้ สำหรับทำแกง จึงเรียกขนมชนิดนี้ว่าขนมหม้อแกง

ขนมหม้อแกงเป็นขนมที่ใช้กรรมวิธีการอบแบบขนมฝรั่งทำให้มีลักษณะที่แตกต่างจาก ขนมอื่นๆ ในสมัยก่อนการทำค่อนข้างมีความยุ่งยากเนื่องจากไม่มีเตาอบเหมือนกับปัจจุบัน จึงต้อง สร้างเตาสำหรับผิงขนม โดยใช้เตาที่ขุดลงไปใต้ดิน เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นฟืน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น เตาอิฐโล่และถ่านในการอบขนม ขนมหม้อแกงเป็นขนมไทยที่รู้จักกันโดยทั่วไป นิยมใช้ในงาน มงคล งานบุญต่างๆ หรือนำไปถวายพระสงฆ์ ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงจากตำรับในอดีต จนกระทั่งเป็นที่ยอมรับมากขึ้น มีรสชาติอร่อยและรูปร่างลักษณะดี ในอดีตส่วนผสมของขนม หม้อแกงประกอบด้วยถั่วบดละเอียด น้ำตาลโตนด กะทิ แป้งข้าวสาร และไข่ขาว ผสมกันจนได้ที่ แล้ว บรรจุลงในหม้อทองคำ ผิงไฟให้สุก โรยด้วยหอมเจียวเพื่อให้มีกลิ่นหอม แต่ในปัจจุบันได้ใช้ ไข่ทั้งฟอง โดยนิยมใช้ไข่เป็ดมากกว่าไข่ไก่ เพราะมีเนื้อไข่ที่ไม่เหลวละ ทำให้ขนมอยู่ตัวดีกว่า และมีขั้นตอนการอบซึ่งถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำขนม ซึ่งต้องอบในอุณหภูมิที่เหมาะสม มีความสม่ำเสมอ จึงทำให้ขนมมีลักษณะที่ดี ขนมหม้อแกงควรมีผิวหน้าเรียบ สีน้ำตาลเสมอกัน เนื้อ ขนมไม่แตกเป็นชั้น เมื่อตัดเป็นชิ้นสามารถทรงตัวได้ ไม่ละและ ไม่แข็งเกินไป (สมคิด, ม.ป.ป.)

ในปัจจุบันนั้นมีการพัฒนารูปแบบขนมหม้อแกงให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้มีรสชาติที่ดึงดูดผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้า เช่น จากหม้อแกงที่มีส่วนผสมของถั่วทอง

เปลี่ยนเป็นการใช้เผือก เม็ดบัวที่บดละเอียดแทน จนกลายเป็นอุตสาหกรรมขนมหม้อแ่งที่ทำรายได้ให้แก่ชุมชนเป็นอย่างมาก เพราะนอกจากผู้ประกอบการที่ผลิตขนมหม้อแ่งแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจให้แก่แหล่งวัตถุดิบ และวัสดุอุปกรณ์ในการทำขนมหม้อแ่งตามนิคมเกษตรกรรมผู้ปลูกเผือก มะพร้าว และส่งเสริมการเลี้ยงเป็ด ผู้ประกอบจึงมีรายได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน และวิวัฒนาการใหม่ที่ได้ปรากฏขึ้นคือการทำขนมหม้อแ่งบรรจุกระป๋อง ทั้งนี้มาจากข้อจำกัดของขนมหม้อแ่งที่บรรจุในถาดอะลูมิเนียมไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยเมื่อซื้อแล้วต้องรับประทานให้หมดภายใน 2 – 3 วัน ทำให้มีการคิดทำม้อแ่งบรรจุกระป๋องซึ่งทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะนำขนมหม้อแ่งกระป๋องมาแช่ด้วยระบบสเตอริไลซ์ จึงเก็บได้นาน โดยต้องแช่ตู้เย็นถึง 2 เดือน เหมาะที่จะซื้อเป็นของฝาก และเป็นการขยายตลาดการจำหน่ายไปยังต่างประเทศ ออสเตรเลีย เนื่องจากเป็นสินค้าส่งออกที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง ขนมหม้อแ่งกระป๋องนี้ได้ส่งออกไปจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ และทำให้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ขนมหม้อแ่งอีกทาง

2. ไข่

ไข่เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากสัตว์ปีก เป็นอาหารที่ให้โปรตีนคุณภาพดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (เข้มทอง, 2538) ประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนประเภทสมบูรณ์ มีกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูง คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เป็นต้น ไข่สามารถเพิ่มรสชาติให้แก่อาหาร และในไข่มีไขมันและของแข็งอื่นๆมาก ทำให้เมื่อประกอบอาหารด้วยความร้อนทำให้อาหารจากไข่มีลักษณะข้น ช่วยให้มีสีส้มของอาหารหรือขนมน่ารับประทาน ในการทำขนมไทยนิยมใช้ไข่เป็ดมากกว่าไข่ไก่ เนื่องจากมีเนื้อไข่ที่ไม่เหลวและเกินไป

2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของไข่

ไข่มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 77 โดยไข่มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เปลือกไข่ร้อยละ 9 – 12 ไข่ขาวร้อยละ 55 – 60 และไข่แดงร้อยละ 29 – 34 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ทั้งฟอง ไข่แดง และไข่ขาว พบว่าไข่ขาวมีน้ำมากที่สุด ขณะที่ไข่แดงมีน้ำน้อยที่สุด ส่วนองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ จะมีในไข่แดงมากกว่าไข่ขาว ยกเว้นน้ำตาลและแร่ธาตุบางชนิด จึงกล่าวได้ว่าไข่แดง มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าไข่ขาวและไข่ทั้งฟอง ดังนั้นการเลือกใช้ไข่จึงมีความคำนึงถึงองค์ประกอบในไข่ด้วย โดยเฉพาะปริมาณน้ำและไขมัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจน จะมีผลต่อ ความสมดุลของสูตรอาหารได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของไข่ประกอบมี (คณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหาร, 2539) ดังนี้

2.1.1 เปลือกไข่ (egg shell)

เปลือกไข่อาจมีสีน้ำตาลหรือสีขาวขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์แม่ไก่ สีไข่ไม่มีผลใดๆต่อคุณค่าทางโภชนาการแต่อย่างใด เช่น ไข่ไก่พันธุ์เล็กฮอร์นมีเปลือกสีขาว ส่วนไข่ไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์มีเปลือกสีน้ำตาล ในเปลือกไข่จะมีคอลลาเจน(collagen) สารเป็นตัวตายาย และมีหินปูน(แคลเซียมคาร์บอเนต) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้เปลือกแข็ง เปลือกไข่จะมีรูขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นหมด อากาศและความชื้นสามารถแทรกผ่านรูเล็กๆที่อยู่ในไข่ได้ อากาศจำเป็นสำหรับตัวอ่อนหายใจ เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆ จะมีเมือกเคลือบที่เปลือกไข่ด้านบน เพื่อป้องกันไม่ให้ อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ เปลือกไข่ในช่วงแรกๆจึงมีลักษณะเป็นนวล เมื่อเก็บไว้นานๆ เมือกเหล่านี้จะแห้งไป เปลือกไข่จึงมีอากาศถ่ายเทเข้าออกได้มากขึ้น ทำให้ไข่เสียเร็ว

2.1.2 เยื่อหุ้มไข่ (egg membrane)

มีอยู่ด้วยกัน2ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือกมีชื่อเรียกว่า shell membrane ชั้นในที่ติดกับไข่ขาวเรียกว่า egg membrane เยื่อชั้นนอกและชั้นในจะชิดกันตลอด แต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ

2.1.3 โพรงอากาศ (air cell)

เป็นช่องว่างที่อยู่บริเวณด้านป้านของไข่ อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นใน เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆ อุณหภูมิของไข่ยังสูง จึงไม่มีช่องว่าง ต่อเมื่อไข่เย็นลง ของเหลวภายในไข่หดตัว ทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศขึ้น และถ้าหากมีน้ำระเหยออกไปมากจะทำให้ โพรงอากาศใหญ่ขึ้น

2.1.4 ไข่ขาว (albumen)

มีทั้งหมด 3 ชั้น ไข่ขาวชั้นนอกสุดจะค่อนข้างเหลว อยู่ติดกับเยื่อหุ้มไข่ ถัดมาเป็นไข่ขาวชั้น มีปริมาณมากกว่าครึ่งของไข่ขาวทั้งหมด ส่วนชั้นในสุดเป็นไข่ขาวอย่างเหลว ในไข่ขาวประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ มีไขมันบ้างเล็กน้อย ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวชั้น เกิดจากการโบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่

2.1.5 ไข่แดง (Yolk)

ไข่แดงจะอยู่กลางฟองโดยการยึดของเยื่อ ที่เป็นเกลียวแข็ง อยู่ด้านหัวและท้ายของไข่แดง และยื่นเข้าไปในไข่ขาว ไข่แดงมีความเข้มข้นมากกว่าไข่ขาว เพราะมีน้ำน้อย กว่ามีไขมันและโปรตีนมากกว่า ในไข่แดงบางฟองอาจมีจุดเลือด มีสาเหตุมาจากเส้นเลือดฝอยในรังไข่ของแม่ไก่แตก ต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้จุดเลือดดังกล่าวกลายเป็นชั้นเนื้อเล็กๆ ไม่ได้ให้โทษแต่อย่างใด

3. กะทิ

มะพร้าวเป็นพืชในวงศ์ปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linnp. กล่าวได้ว่ามะพร้าวเป็นพืชที่มีประโยชน์ในบรรดาพืชเศรษฐกิจเขตร้อน เพราะแทบทุกส่วนของต้นมีประโยชน์ทั้งสิ้น มะพร้าวประกอบด้วยส่วนที่บริโภคได้และไม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 72 และ 28 ตามลำดับ เนื้อมะพร้าวที่สุกแก่เต็มที่มีความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยหยาบ และเถ้า คิดเป็นร้อยละ 46.30 4.08 37.29 11.29 3.39 และ 1.03 ตามลำดับ ในเนื้อมะพร้าว 100 กรัม ประกอบด้วยวิตามินบีหนึ่ง 150 หน่วยสากล (IU) วิตามินซี 1 มก. วิตามินอี 0.2 มก. และวิตามินเอ เล็กน้อย นอกจากนี้โปรตีนในมะพร้าวมีคุณค่าทางอาหารสูง มะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งจากใบมะพร้าว ลำต้น จาวมะพร้าว ผลมะพร้าว หรือแม้แต่กะลามะพร้าว สำหรับผลมะพร้าวนั้นส่วนที่สำคัญ คือ เนื้อมะพร้าวแก่ซึ่งเป็นที่มาของกะทิ อันเป็นส่วนผสมสำคัญในอาหารไทย และเนื้อมะพร้าวที่คั้นกะทิแล้วยังสามารถนำมาทำเป็นมะพร้าวแห้งเพื่อสกัดเป็นน้ำมันมะพร้าวได้

กะทิได้จากการนำเนื้อมะพร้าวแก่จัดมาขูดเป็นฝอยละเอียด แล้วคั้นเป็นน้ำกะทิ ลักษณะเป็นของเหลวสีขุ่น ได้จากการบีบอัดเนื้อมะพร้าวที่ถูกกลดขนาด อาจมีการเติมน้ำหรือไม่ก็ได้ กะทิมีลักษณะเป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ ซึ่งคงตัวได้ด้วยโปรตีน และ ไอออนบางอย่างที่ดูดซับอยู่ระหว่างเฟสของน้ำและน้ำมัน (Clement และ Villacorte, 1933) เมื่อตั้งกะทิทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้น ชั้นบนเรียกว่าหัวกะทิ (coconut cream) ชั้นล่างเรียกว่าหางกะทิ (coconut skim milk) กะทิควรมีไขมันและโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.30 และ 3 ตามลำดับ ส่วนน้ำ ต้องไม่เกินร้อยละ 55 ขณะที่หัวกะทิซึ่งได้จากการแยกอิมัลชันของกะทิโดยตั้งทิ้งไว้หรือทำการหมุนเหวี่ยง ควรมีไขมันและโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 และ 5 ตามลำดับ (Anonymous, 1988)

กะทิเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการประกอบอาหารและขนมไทย เนื่องจากมีรสชาติหอมหวาน กะทิเมื่อคั้นแล้วถูกอากาศนานๆจะมีกลิ่นหืน และบูดเสียได้ง่ายเนื่องจากกะทิเป็นแหล่งอาหารที่ดี สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียได้ จึงทำให้กะทิที่ไม่ได้ผ่านวิธีการใดๆ จะมีการเน่าเสียอย่างรวดเร็วแม้เก็บที่อุณหภูมิต่ำ มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มาจากกะลามะพร้าว เครื่องมือเครื่องใช้ อุปกรณ์การแปรรูปและอื่นๆ จึงมีการพัฒนาการแปรรูปกะทิเป็นกะทิพาสเจอร์ไรซ์ กะทิสเตอร์ไรซ์ และกะทิยูเอชที เป็นต้น นอกจากนี้มีการศึกษาการเก็บรักษาและยืดอายุกะทิให้นานขึ้น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้วิจัยการทำกะทิสำเร็จรูปบรรจุขวด กระป๋อง และถุงพลาสติก โดยใช้สารปรุงแต่งในอาหาร เช่น การเติมสารกันหืน สารกันเสีย ร่วมกับการใช้ความร้อนที่ 117 °C 3 นาที หรือ 120 °C 2 นาที พบว่ากะทิที่ได้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 6 – 22 วัน โดยไม่เสีย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

จากกะทิสดที่เข้มข้นสามารถนำมาทำกะทิแห้งหรือกะทิผงโดยผ่านกระบวนการที่ทำให้แห้งแบบพ่น โดยการนำกะทิที่เข้มข้นผ่านเข้าเครื่องพ่นฝอย ทำให้กะทิเป็นละอองคล้ายหมอกในกระแสน้ำร้อน อุณหภูมิของกะทิลึกมากนี้จะปลดปล่อยความชื้นออกทันทีและหล่นลงสู่เบื้องล่างเป็นกะทิแห้งผง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 90% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ประมาณ 10% โดยกรดลอริก (lauric acid) เป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุด การบริโภคกรดไขมันอิ่มตัวพบว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณคอเลสเตอรอลที่มีสูงในเลือดเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ภาวะหลอดเลือดแข็งตัว (Arteriosclerosis) ซึ่งเป็นภาวะที่หลอดเลือดแดงเสื่อม ขาดความยืดหยุ่น เนื่องจาก เกิดการสะสมของไขมันในผนังหลอดเลือดแดงขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นสาเหตุสำคัญของการเป็นโรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic Heart Disease) อย่างไรก็ตามการวิจัยจำนวนหนึ่งได้ชี้ให้เห็นประโยชน์ของกรดลอริกซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีขนาดกลาง (medium chain fatty acid) ซึ่งพบเฉพาะในน้ำมันมะพร้าว มีในปริมาณที่สูงประมาณ 48 – 53 % และกรดลอริกมีคุณสมบัติพิเศษในการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยกรดลอริกจะถูกเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ที่มีชื่อว่า โมโนลอรีน (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่อยู่ในน้ำมันแม่ ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารกในระยะ 6 เดือนแรก (ณรงค์, 2548)

4. น้ำตาลมะพร้าว

น้ำตาล หมายถึง สารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย (อบเชย และขนิษฐา, 2544) ในทางเคมีแบ่งน้ำตาลออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำตาลชั้นเดียว เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโทส เป็นต้น และน้ำตาลหลายชั้น เช่น น้ำตาลทราย หรือน้ำตาลซูโครสซึ่งมีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ และจัดเป็นน้ำตาลสองชั้น เพราะประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโทส กับ น้ำตาลกลูโคส พืชจะสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารตามธรรมชาติหน่วยสุดท้ายของการสังเคราะห์สารที่ได้ คือน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกลูโคสจะถูกเก็บสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชในรูปของแป้ง แต่มีพืชหลายชนิด เช่น อ้อย มะพร้าว ตาล หรือพืชหัว เช่น หัวผักกาดหวาน ที่มีน้ำย่อยพิเศษสามารถเปลี่ยนส่วนหนึ่งของน้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลฟรุคโทส และสังเคราะห์ น้ำตาลทั้งสองนี้ขึ้นเป็นน้ำตาลซูโครสได้

มะพร้าวพันธุ์ตาลจะเริ่มมีจั่นให้น้ำหวาน เพื่อนำไปทำน้ำตาลเมื่ออายุประมาณ 5 ปี โดยเมื่อต้นมะพร้าวเริ่มออกจั่น ประมาณ 45 วัน ก็ใช้เชือกไน้มวงให้ต่ำลงมา เพื่อไม่ให้วงกระดกกลับ และน้ำหวานที่ได้ไหลลงมาสะดวก ต่อจากนั้นใช้มีดปาดตรงปลายจั่น น้ำหวานที่ไหลออกมานั้นเรียกว่าน้ำตาลสด นำกระบอกที่สะอาดผ่านการฆ่าเชื้อโรคมารองน้ำตาลสด โดยใส่ไม้พะยอม ไม้ตะเคียน ไม้เคี่ยมชิ้นเล็กๆ หรือสารกันบูดในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลสดบูดเสีย ใช้เวลารองประมาณ 6 – 14 ชั่วโมง จนเต็มกระบอก จึงกรองเอาเปลือกไม้ออก เทน้ำตาลสดใส่กระทะ ตั้งไฟให้เดือดด้วยไฟแรง

4.1 น้ำตาลที่เกี่ยวได้อาจแบ่งเป็นขั้นของการเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ดังนี้

4.1.1 น้ำตาลสด

เมื่อเกี่ยวน้ำตาลจนเด็ดแล้ว ใส่สารเบนโทไนด์ เพื่อให้ให้น้ำตาลสดตกตะกอนใส (สารเบนโทไนด์ 1 ช้อนโต๊ะ : น้ำตาลสด 20 กิโลกรัม) ตัมน้ำตาลให้เด็ด อีก 10 นาที เกี่ยวจนให้ได้ความหวาน 12 องศาบริกซ์ ยกลงทิ้งไว้ให้เย็น นำมากรอง และบรรจุในขวดที่ฆ่าเชื้อ

4.1.2 น้ำผึ้ง

การทำเป็นน้ำผึ้ง หรือน้ำเชื่อมไว้รับประทานต้องเคี้ยวน้ำตาลสดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง จนน้ำตาลสดงวดในขณะที่เคี้ยวไปจนเหลือน้ำหวานประมาณ 1 ใน 6 ซึ่งมีลักษณะข้น เป็นน้ำเชื่อม หรือน้ำผึ้งสีเหลืองอ่อน มีรสหวาน หอม และเก็บในภาชนะปิดสนิท

4.1.3 น้ำตาลหม้อ หรือน้ำตาลปี๊บ

ทำได้โดยเคี้ยวน้ำผึ้งที่ได้ต่อไปอีก โดยลดไฟอ่อนลง ใช้พายกวาน เวลาในการเคี้ยวประมาณ 45 – 60 นาที น้ำตาลที่ได้จะข้นเหนียว ขกกลงและใช้เครื่องตีตีน้ำตาลเพื่อให้เย็นลงและเปลี่ยนลักษณะจากใสเป็นขาวขุ่น จากนั้นใช้ไม้ตีน้ำตาลอีกรอบก่อนเทลงปี๊บ เมื่อน้ำตาลเย็น ตัวยกลงจึงเทใส่ปี๊บ หรือภาชนะที่ต้องการ (น้ำตาลใส 7 ปี๊บ กวนได้น้ำตาลปี๊บประมาณ 1 ปี๊บ หรือน้ำตาล สด 5 ลิตร กวนได้น้ำตาลปี๊บหนัก 1 กิโลกรัม)

4.1.3 น้ำตาลปี๊ก

ทำได้โดยเคี้ยวน้ำตาลให้ข้นลงอีก เหลือประมาณ 1 ใน 8 และต้องใช้ไม้กลม ขนาดเท่าข้อมือ ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร กวนน้ำตาลปี๊บ เพื่อให้แข็งเร็วขึ้น เมื่อได้ที่แล้วตักน้ำตาลขณะร้อน ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ โดยมีผ้าขาวบางรองไว้ข้างใน เมื่อน้ำตาลในถ้วยเย็นลงจึงเอาออกจากถ้วย เก็บไว้เป็นบๆ (2 ปี๊บประกบกัน เรียกน้ำตาล 1 งบ น้ำตาล 1 ปี๊บจะหนัก 1 กิโลกรัม)

ขนมไทยนั้นส่วนใหญ่มิ้น้ำตาลเป็นส่วนประกอบ โดยใช้น้ำตาลจากมะพร้าวมาเป็นส่วนประกอบ โดยมีสามารถผลิตได้จากการนำน้ำตาลใสจากงวงมะพร้าว มาเคี่ยวจนข้นได้ที่ ขกกลงป่นให้เป็นเนื้อขุ่นจึงไปหยอดในภาชนะตามรูปที่ต้องการ เมื่อแห้งจึงนำมาประกอบอาหาร

4.2 คุณสมบัติของน้ำตาล มีดังนี้ (อบเชย และขนิษฐา, 2544)

4.2.1 ความหวานน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานตามธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบความหวานของ กลูโคสซึ่งถือว่าเท่ากับ 100 ฟรุคโทสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส และกลูโคส ตามลำดับ โดยทั่วไปในการปรุงอาหารนิยมใช้น้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลทราย ในอาหารและขนม ไทยนั้นมักนิยมใช้น้ำตาลมะพร้าวในการปรุงรส

4.2.2 การละลายของน้ำตาล

น้ำตาลทั่วไปละลายน้ำได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายขึ้นกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยน้ำตาลฟรุคโทสเป็น น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือซูโครส กลูโคส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

4.2.3 การเกิดสีน้ำตาล

เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสารเคียวไหม้ (caramelization) ระยะแรกการเกิดสารน้ำตาลเคียวไหม้ น้ำตาลจะสูญเสียน้ำไปหนึ่งโมเลกุล เกิด น้ำตาลที่เรียกว่า น้ำตาลแอนไฮโดร (anhydro sugar) กรณีของซูโครสเมื่อถูกความร้อนประมาณ 200°C ผลึกของซูโครสจะละลายพร้อมทั้งเดือดเป็นฟอง และจะหยุดเมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที สารเคมีที่เกิดขึ้นในระยะนี้จะไม่หวานแต่จะมีรสขม หลังจากที่ได้เดือดเป็นฟองในระยะเวลาผ่านไป 55 นาที จะเกิดสารคาราเมลลัน (caramelan) ซึ่งมีรสขม สารสีน้ำตาลเคียวไหม้ ถูกนำมาใช้ในการแต่งสีซีอิ๊วดำ ซีอิ๊วหวาน แต่งสีน้ำตาลอมประเภทโคล่า และชาชู่

4.2.4 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Mallard reaction)

การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารจะเร็ว ขึ้น หากอาหารมีไนโตรเจน โดยเฉพาะ สารประเภทเอมีน ปฏิกิริยาเริ่มต้นเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาล (-CO) และ กลุ่มอะมีน (-NH₂) เกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 112 °C หรือที่ pH สูงกว่า 7 ของกรดอะมิโน มักจะเกิดขึ้นในอาหารแห้ง หรือเข้มข้นมีปริมาณน้ำน้อย

4.2.5 การดูความชื้นและการเก็บรักษาความชื้น

โดยน้ำตาลมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร น้ำตาลแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูความชื้นต่างกัน โดยฟรุกโทสดูความชื้นได้ดีมาก รองลงมาคือ กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อความนุ่มและความชุ่มชื้นของอาหาร การเก็บรักษาความชื้นเกี่ยวข้องกับการดูความชื้น การเก็บรักษาความชื้นหมายถึงการที่น้ำตาล สามารถยึดความชื้นไว้ไม่คายออกสู่บรรยากาศ มีประโยชน์ในการช่วยให้ขนมอบไม่แห้งแข็ง

4.3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 99.5 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายได้ โดยคิดน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี นอกเหนือจากพลังงานแล้ว น้ำตาลทรายขาวไม่ให้อาหารชนิดอื่น น้ำตาลสีน้ำตาลให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก สำหรับน้ำตาลมะพร้าวนอกจากให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็กแล้วยังให้วิตามินเอ และไนอะซิน

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

ชนิดของน้ำตาล	พลังงาน (Kcal)	โปรตีน (g.)	ไขมัน (g.)	คาร์โบไฮเดรต (g.)	แคลเซียม (mg.)	ฟอสฟอรัส (mg.)	เหล็ก (mg.)	วิตามินเอ (IU.)
น้ำตาลทราย	385	0	0	99.5	-	-	-	0
น้ำตาลสีน้ำตาล	370	0	0	99.5	76	37	2.6	0
น้ำตาลมะพร้าว	383	0.4	0.1	95	80	40	11.4	280

ที่มา: ออบเชย และชนินฐา (2544)

5. กะทิธัญพืช

กะทิเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในการประกอบอาหารทั้งคาวและหวานที่คนไทยบริโภคเป็นประจำ เมื่อคำนึงถึงปัจจัยด้านโภชนาการซึ่งพบว่าในกะทิมีปริมาณไขมันสูง และกรดไขมัน

ส่วนใหญ่ในกะทิเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ จึงมีแนวโน้มให้หลีกเลี่ยงหรือรับประทานในปริมาณน้อยลง

สมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกาแนะนำว่าควรรับประทานอาหารที่มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 30 ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับต่อวัน โดยที่สัดส่วนของกรดไขมันที่ดีควรประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง ให้ใกล้เคียงกับสัดส่วน 1:1:1 จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะทิให้มีสัดส่วนของกรดไขมันที่เหมาะสมกับสุขภาพมากขึ้น คือปรับให้มีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยลง ขณะที่เพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดหนึ่งตำแหน่งและหลายตำแหน่ง ทำให้กะทิที่ดัดแปลงนี้มีค่าของกรดไขมันใกล้เคียงที่แนะนำ โดยการใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันอาจมีส่วนผสมของกะทิมะพร้าว หรือไม่มีส่วนผสมของกะทิมะพร้าวเลย โดยมีวัตถุประสงค์ในการผลิตกะทิขุ่นขึ้นเพื่อสามารถนำผลิตภัณฑ์มาปรุงอาหารทดแทนกะทิจากมะพร้าว เพื่อให้มีคุณภาพทางโภชนาการของไขมันดีขึ้น

การผลิตกะทิขุ่นมีการนำส่วนผสมผ่านกระบวนการที่เรียกว่าโฮโมจิไนเซชัน (Homogenization) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตนมสด ทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลงและสามารถรวมตัวอยู่กับน้ำได้ จึงไม่แยกชั้นเป็นน้ำมัน ทั้งนี้ด้วยขนาดของไขมันที่เล็กลงนี้จึงสะท้อนแสงและทำให้ตาเห็นเป็นสีขาว กะทิขุ่นมีสีขาวเหมือนกะทิมะพร้าว มีรสชาติใกล้เคียงกะทิจากมะพร้าว สามารถใช้แทนกะทิในการปรุงอาหารได้

5.1 ส่วนประกอบสำคัญในการผลิตกะทิขุ่น มีดังนี้

5.1.1 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันพืชที่ผลิตและสกัดได้จากรำข้าวดิบ มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ในกลุ่มโทโคฟีรอลประมาณร้อยละ 19-40 และกลุ่มโทโคไตรอีนอล ร้อยละ 51-81 มีสารโอรีซานอล ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอลได้ มีวิตามินอีสูงถึง 6 เท่า และช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน นอกจากนี้ยังมีสารประกอบกลุ่มไฟโตสเตอรอล ซึ่งมีส่วนช่วยลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล มีกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 18 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 45 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 37 (Onanong, 2008)

5.1.2 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน

น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีกรดไลโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ในเมล็ดดอกทานตะวันนั้นอุดมไปด้วยน้ำมัน และวิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันที่ได้จากเมล็ดทานตะวันมีกรดไลโนเลอิกสูงถึงร้อยละ 44-75 ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกาย สามารถป้องกันการแข็งตัวของเลือดในหลอดเลือด ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ ส่วนวิตามินอีทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ คอยดักจับ และทำลายของเสียที่จะมาทำลายเซลล์ต่างๆ ช่วยให้ผิวพรรณเต่งตึง ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดมะเร็ง บำรุงสายตา และป้องกันเนื้อเยื่อปอดถูกทำลายจากอากาศ นอกจากนี้ยังมีกรดไขมัน CLA (Conjugated Acid) คือ กรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถผลิตเองได้ มีประโยชน์ในการเร่งการเผาผลาญไขมันที่สะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยเพิ่มฮอร์โมนที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการเผาผลาญไขมันสะสมมาใช้เป็นพลังงานอย่างเต็มที่ พร้อมทั้งลดปริมาณการเกิดไขมันสะสมที่จะเกิดใหม่ด้วย (Herbel and another, 1998)

5.1.3 โปรตีนจากถั่วเหลือง

ในโปรตีนถั่วเหลืองมีสารไอโซฟลาโวน ซึ่งเป็นฮอร์โมนจากธรรมชาติ มีประโยชน์ช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้ไอโซฟลาโวนยังทำหน้าที่คล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน ช่วยป้องกันการสูญเสียมวลกระดูก ปรับสมดุลของฮอร์โมนลดอาการต่างๆ ในวัยทอง และบำรุงผิวพรรณให้ชุ่มชื้น (คันธรส และคณะ, 2548) Soy Protein เป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นโปรตีนจากพืชเพียงชนิดเดียว ที่มีกรดอะมิโนครบทั้ง 22 ชนิด นิยมเตรียมในรูปของโปรตีนสกัดให้มีความเข้มข้น เพื่อให้ได้เป็น Soy Protein Isolate เป็นแหล่งรวมของกรดอะมิโนที่มีความเข้มข้นสูงสุด ซึ่งช่วยผู้ที่เสริมสร้างกล้ามเนื้อ ให้ยังคงได้รับโปรตีนคุณภาพสูงในระหว่างที่ควบคุมอาหาร Soy Protein ยังจะไปเพิ่มการผลิตฮอร์โมน (Thyroid hormone) คือ ธีร็อกซิน (Thyroxin) ที่ต่อมธัยรอยด์ ซึ่งทำให้ร่างกายมีอัตราการเผาผลาญสารอาหารเพิ่มมากขึ้น ทำให้ไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมีปริมาณลดลง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันของกะทิธัญพืช

ปริมาณสารอาหาร	WHO/FAO แนะนำ*	กะทิธัญพืช ฟอรัคเร้**
Saturated fatty acids	< 10% (สำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการ เป็นโรคหัวใจ ควรได้รับ < 7%)	6.89 %
Polyunsaturated fatty acids (PUFAs)	6 – 10 %	10.86 %
Trans fatty acids	< 1 %	< 0.1 %
Monounsaturated fatty acids (MUFAs)	7 – 13 %	12.24 %

หมายเหตุ * จากเอกสาร WHO Technical Report Series 916 เรื่อง Diet, Nutrition and The Prevention of Chronic Diseases (Geneva 2003)

** จากเอกสารผลวิเคราะห์จาก SGS และคิดที่ปริมาณไขมันที่แนะนำที่ 30% จากพลังงานที่ได้รับใน 1 วัน

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ข้อมูลของกะทิธัญพืชตราฟอรัคเร้ (2550)

การบริโภคอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวสูง ในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกายโดยต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสะสมไว้ในร่างกายทำให้เกิดโรคอ้วนและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น ทำให้เกิดการสะสมที่ผนังหลอดเลือดจนนำไปสู่การไหลเวียนของเลือดไม่สะดวก ส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายลดลง เช่น หลอดเลือดหัวใจตีบ ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจอ่อนแอและตาย หลอดเลือดไปเลี้ยงสมองตีบ ทำให้เซลล์สมองตายเป็นโรคความจำเสื่อม อัมพาต เส้นเลือดไปเลี้ยงไตตีบ เกิดโรคไตพิการและโรคความดันโลหิตสูง (วิจิตร, 2535)

5.2 คุณค่าทางโภชนาการของกะทิธัญพืช

กะมิธัญพืชผลิตมาจากการใช้ส่วนผสมของน้ำมันพืช และส่วนผสมอื่นเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกะทิ เช่น น้ำมันรำข้าว น้ำมันดอกทานตะวัน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ดังนั้นในด้านคุณค่าทางโภชนาการของกะมิธัญพืชจะมีพลังงานต่ำกว่ากะทิมะพร้าวไม่มากนัก

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของกะมิธัญพืชในปริมาณ 100 กรัมที่รับประทานได้

ชนิดอาหาร	พลังงาน (Kcal.)	โปรตีน (g.)	ไขมัน (g.)	คอเลสเตอรอล (g.)	คาร์โบไฮเดรต (g.)	วิตามินอี (mg.)
กะมิธัญพืช	160	< 0.5	180	0	0.1	6.29

ที่มา: คัดแปลงมาจาก <http://www.4care.co.th> (2550)

ทั้งนี้ปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันในกะมิธัญพืชและกะทิมะพร้าวจึงมีความแตกต่างกัน โดยพบว่ากะมิธัญพืชมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่า แต่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและหลายตำแหน่งเพิ่มขึ้น การทดสอบผลทางสุขภาพของกะมิธัญพืชโดยการให้อาหารให้บริโภคมียีสต์ส่วนของพลังงานจากไขมันไม่เกินร้อยละ 30 โดยที่ไขมันส่วนใหญ่มาจากกะทิ โดยรับประทานอาหารที่มีส่วนประกอบของกะทิโดยเฉลี่ย 2 มื้อต่อวัน ไม่มีอาหารทอดหรือผัดที่ใช้ไขมันในการประกอบอาหาร ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลโดยรวมลดลง (วันทนีย์, 2551)

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดไขมันในกะทิมะพร้าวและกะทิธัญพืช

กรดไขมัน	กะทิมะพร้าว	กะทิธัญพืช
กรดไขมันอิ่มตัว	91.5	33.2
C6:0	0.3	0.1
C8:0	6.0	1.6
C10:0	5.3	1.3
C12:0	46.4	11.1
C14:0	19.8	4.8
C16:0	10.3	11.2
C18:0	3.4	3.1
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่ง	7.1	29.7
ตำแหน่ง	7.1	29.7
C18:1		
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลาย	1.3	37
ตำแหน่ง	1.3	36.2
C18:2	0	0.8
C18:3 n3		

ที่มา: วันทนีย์ (2551)

6. กรดไขมัน

ไขมันเป็นสารอาหารหลักที่จำเป็นชนิดหนึ่ง ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม กรดไขมัน (fatty acid) คือ กรดอินทรีย์ที่พบในไลโปคธรรมชาติ และไลโปคเชิงประกอบทุกตัว กรดไขมันประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คาร์บอนอะตอมมักเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 2 ขึ้นไป มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ ซึ่ง n มีค่าตั้งแต่ 2 – 24 เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด มีสูตรเป็น $C_2H_4O_2$ กรดไขมันแบ่งเป็น 2 ประเภท (สุนีย์, 2543) คือ

6.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids, SFA)

กรดไขมันอิ่มตัว หมายถึง กรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยว เชื่อมต่อระหว่างธาตุคาร์บอนและมีพันธะเชื่อมต่ออะตอมของไฮโดรเจน หรือสารอื่นซึ่งจับเกาะอยู่เต็มแล้ว ไม่สามารถรับไฮโดรเจน หรือสารอื่นไว้ในโมเลกุลได้อีก การบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะทำให้ปริมาณไขมันในเลือดสูง และเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดตีบ อาหารที่มีกรดไขมันประเภทนี้ ได้แก่ กะทิ เนย นม หมูเนื้อแดงรวมถึงอาหารไขมันจากสัตว์ ช็อกโกแลต และน้ำมันมะพร้าว

6.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) หมายถึง กรดไขมันที่ภายในโมเลกุลมีพันธะคู่เชื่อมระหว่างธาตุคาร์บอนตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งตำแหน่ง และทำให้เกิดช่องว่างในโมเลกุลทำให้สามารถรับเอาไฮโดรเจน หรือสารอื่นไว้ในโมเลกุลได้อีก กรดไขมันประเภทนี้มีประโยชน์มากในทางโภชนาการแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

6.2.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (Monounsaturated fatty acid, MUFA)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง หมายถึง กรดไขมันที่คาร์บอนต่อกันด้วยพันธะคู่เพียง 1 ตำแหน่ง การบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันประเภทนี้แทนอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมีแนวโน้มที่จะช่วยลดไขมันในเลือด สามารถช่วยลดคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ นอกจากนี้ยังช่วยให้ น้ำเลือดไม่หนืดข้น ซึ่งให้ผลดีต่อสุขภาพหัวใจและหลอดเลือด และพบว่ามีส่วนช่วยเพิ่ม HDL ช่วยในการลดคอเลสเตอรอลในเลือด อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง ได้แก่ ถั่ว น้ำมันมะกอก และอะโวคาโด

6.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid, PUFA)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง หมายถึง กรดไขมันที่มีคาร์บอนต่อกันด้วยพันธะคู่มากกว่าหนึ่งตำแหน่ง การบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งแทนอาหารที่มีกรด

ไขมันอิ่มตัวจะไม่เพิ่มระดับไขมันในร่างกาย อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง ได้แก่ น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง โดยมีในกลุ่มโอเมก้า 3 (กรดไลโนเลนิก) และ กลุ่มโอเมก้า 6 (กรดไลโนเลอิก) อย่างไรก็ดีภายหลังพบว่าการบริโภคไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในปริมาณมากให้ผลทำงานร่วมกับกรดไขมันประเภทอิ่มตัว

การบริโภคอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวสูง ในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย ก่อให้เกิดโรคอ้วน และมีผลให้คอเลสเตอรอลในร่างกายเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นเลือดตีบหรือแข็ง เกิดภาวะหัวใจขาดเลือด อาหารที่มีบทบาททำให้ระดับคอเลสเตอรอลลดลง เช่น การบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบ ซึ่งพบในน้ำมันที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ คือ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง ในทางเดียวกันหากรับประทานกรดไขมันแต่ละชนิดในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยลด LDL-cholesterol หรือ คอเลสเตอรอลตัวร้ายได้

การรับประทานอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวมากเกินไป เป็นปัญหาทางสุขภาพ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวสูง (ศิริวรรณ, 2547) ในแต่ละวันร่างกายต้องการพลังงานจากไขมันร้อยละ 30 องค์การอนามัยโลก แนะนำให้รับประทานไขมันในอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวควรได้รับร้อยละ 10 -15 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งประมาณร้อยละ 10 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน หรือประมาณเท่ากับ 1 : 1 : 1

7. สารให้ความหวาน

น้ำตาลนอกจากทำหน้าที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ขนมอบแล้ว ยังทำหน้าที่อื่นที่ส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมอบอีกด้วย เช่น ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง เช่น เค้ก น้ำตาลจะทำให้เกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) ซ้ำลง ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม นอกจากนี้ น้ำตาลมีความสามารถในการดูดความชื้น และช่วยในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

สารให้ความหวานที่มีประสิทธิภาพในการให้ความหวานสูงนั้นสามารถนำมาทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนม เพื่อลดระดับพลังงานในอาหารให้ลดลงจากเดิมแต่ยังคงรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์ สารทดแทนน้ำตาลที่ใช้แทนน้ำตาลเพื่อลดพลังงานในผลิตภัณฑ์อาหารควรมีคุณสมบัติให้ความหวานในระดับสูง ทนความร้อนได้ดี ไม่สลายตัว ไม่มีสี กลิ่น และรสอื่นๆแทรก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่สลายตัวกลายเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สารทดแทนน้ำตาลบางชนิดดูด

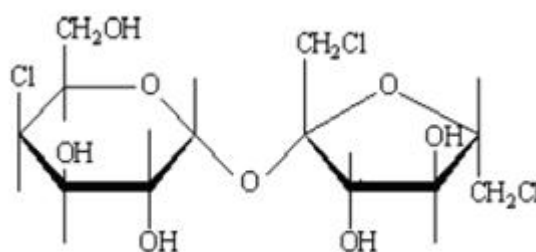
ความชื้นได้ดีกว่าน้ำตาลทราย ทำให้ผลผลิตภัณฑ์มีน้ำเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเสียจากจุลินทรีย์ได้

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ใช้ในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. สารให้ความหวานที่ให้พลังงาน เช่น ฟรุคโตส ซอร์บิทอล เป็นต้น
2. สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน เช่น ซูคราโลส สตีวียา ไซค์ แอสปาร์แตม ซัคคาริน และอะซีซัลเฟมเค

8. ซูคราโลส (Sucralose)

Sucralose หรือชื่อทางการค้าว่า Splenda มีความหวานเป็น 600 เท่าของน้ำตาลซูโครส ถูกสังเคราะห์จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น แล้วแทนที่ด้วยกลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมคลอรีน ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายน้ำตาล ซูคราโลสมีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาววุ่น ละลายน้ำได้ดี เป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ไม่ให้พลังงาน (นิลวรรณ, 2549) มีรสหวานเป็นธรรมชาติ แบบน้ำตาล ไม่มีรสขมติดลิ้น ชื่อทางเคมี คือ Trichlorogalactosucrose สูตรทางเคมี คือ $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$ ละลายน้ำได้ 283 กรัม/ลิตร ที่ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ และมีจุดหลอมเหลว $125.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

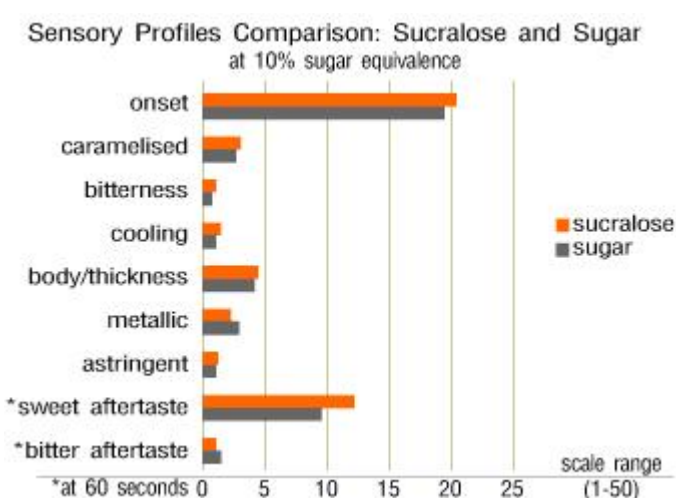


ภาพที่ 1 โครงสร้างของซูคราโลส

องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้ให้การยอมรับซูคราโลส ตั้งแต่ปี ค.ศ.1988 อนุญาตให้ใช้ซูคราโลสเป็นวัตถุเจือปนในอาหารชนิดต่างๆ 14 ชนิด สามารถใช้เป็นสารที่เติมในอาหาร เช่น โยเกิร์ต หมากฝรั่ง อาหารที่ต้องปรุงโดยใช้ความร้อน น้ำหวาน หรือน้ำเชื่อม ที่ได้จากการสกัดของน้ำตาล เจลาตินของหวานที่มีส่วนผสมของนมและน้ำแข็ง เช่น แยม ไอศกรีม

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปผลไม้ และน้ำผลไม้ ไม่ถูกทำลายภายใต้ความร้อนสูง จึงนำมาใช้ประกอบอาหารที่ใช้ความร้อนได้ มีความคงตัวดี รวมตัวกับผลิตภัณฑ์อาหารได้ง่าย ไม่ทำให้ฟันผุ มี การดูดซึมน้อย และขับออกมาทางปัสสาวะและอุจจาระ (ฉวีวรรณ, 2540)

ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสารให้ความหวานซูคราโลสเปรียบเทียบกับน้ำตาล พบว่าด้านรสชาติขมรู้สึกได้เพียงเล็กน้อย ส่วนในด้านอื่นๆค่อนข้างใกล้เคียงกับน้ำตาล ทำให้เหมาะแก่การใช้ในการปรุงอาหาร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะรสชาติซูคราโลสและน้ำตาล

ที่มา: บริษัท ดี-เอ็ด จำกัด (2550)

องค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ให้การยอมรับความปลอดภัยของซูคราโลสตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 ทำให้ประเทศต่างๆ มากกว่า 60 ประเทศทั่วโลก เช่น แคนาดา อเมริกา ญี่ปุ่น ยุโรป ได้ให้การยอมรับการใช้สารนี้ในอาหาร และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของซูคราโลสมากกว่า 100 ชิ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของซูคราโลสต่อสิ่งแวดล้อมอีกกว่า 40 ชิ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซูคราโลสไม่มีผลต่อระบบนิเวศน์ การศึกษาด้านความปลอดภัยของซูคราโลสมีการศึกษาทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ซึ่งรวมไปถึงการศึกษาเรื่องเภสัชจลนศาสตร์ การก่อให้เกิดกลายพันธุ์ ความเป็นพิษต่อการสืบพันธุ์ ผลต่อการตกไข่ ผลต่อการเกิดมะเร็ง ผลต่อระบบประสาท และผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน จากการทดลองซูคราโลสในระดับต่างๆ ไม่พบความเป็นพิษ และไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งผลนี้ก็คล้ายคลึงกับสารประกอบอื่นๆ ที่ดูดซึมยาก

องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา อนุญาตให้ใช้ซูคราโลสเป็นวัตถุเจือปนในอาหารชนิดต่างๆ 14 ชนิด (ก๊าลัณรงค์, 2542) ดังนี้

1. Baked goods and baking mixes
2. Beverage and beverage bases
3. Chewing gum
4. Coffee and tea
5. Dairy product analogues
6. Fats and oils (salads dressings)
7. Frozen dairy desserts and mixes
8. Fruit and water ices
9. Gelatins and pudding
10. Jams and jellies
11. Milk products
12. Processed fruits and fruit juices
13. Sugar substitute
14. Sweet sauces, toppings, and syrups

ซึ่งจะเห็นได้ว่าซูคราโลสเป็นสารทดแทนความหวานที่สามารถนำมาทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย และเนื่องจากมีความสามารถในการทนความร้อนได้สูง จึงเหมาะกับการนำมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

9. แนวทางการวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณภาพทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารต้องคำนึงถึงคุณภาพและส่วนประกอบทางด้านสารอาหารในผลิตภัณฑ์ โดยต้องประกอบด้วยสารอาหารในปริมาณที่เหมาะสม ในสภาพที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดี มีสารอาหารที่จำเป็นครบถ้วน จึงจัดว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีคุณภาพทางโภชนาการที่ดี ผลการศึกษาวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพทางโภชนาการของอาหารมีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทั้งการได้รับสารอาหารบางอย่างน้อยเกินไปทำให้เกิดโรคขาดสารอาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อร่างกายทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคขาดโปรตีนและพลังงาน โรคคอพอกจากการขาดไอโอดีน เป็นต้น หรือการได้รับสารอาหารบางชนิดมากเกินไป

สามารถนำไปสู่การเกิดโรคได้เช่นกัน เช่น โรคอ้วนจากการได้รับไขมันและคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป โรคหัวใจจากภาวะไขมันอุดตันในหลอดเลือด แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการมีหลายแนวทาง (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2538) ดังนี้

9.1 การวิจัยเพื่อปรับปรุงส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตให้มีคุณภาพทางโภชนาการที่ดี

ทำได้โดยการใช้วัตถุดิบชนิดเดิมแต่เลือกวัตถุดิบในสภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่า หรือใช้วัตถุดิบอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าทดแทนบางส่วนหรือทั้งหมด เช่น การใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งที่ได้จากธัญชาติในการผลิตอาหารชนิดต่างๆ เนื่องจากแป้งถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่สูงกว่าแป้งจากธัญชาติ ซึ่งอาจทดแทนในผลิตภัณฑ์บะหมี่ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น

9.2 การวิจัยเพื่อปรับปรุงการผลิตและกระบวนการอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพทางโภชนาการ

เนื่องจากสารอาหารหลายชนิดถูกทำลายด้วยปัจจัยในการผลิต เช่น แสง ความร้อน ความชื้น สารเคมี อุปกรณ์ที่เป็นโลหะ เป็นต้น ซึ่งทำให้สารอาหารถูกเปลี่ยนแปลงจนสูญเสียคุณค่าหรือร่างกายไม่อาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงต้องมีการควบคุมการผลิต รวมถึงกระบวนการเก็บรักษาก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยลดการสูญเสียคุณค่าได้

9.3 การวิจัยวิธีการเติมสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร

เป็นวิธีการที่ใช้กันมานานและไม่ยุ่งยาก โดยสารอาหารที่เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องสัมพันธ์กับการช่วยแก้ไขปัญหาโภชนาการที่เกิดขึ้น หรือเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยทั่วไปชนิดของสารอาหารที่นิยมเติม เช่น กรดอะมิโนจำเป็นบางชนิด (ไลซีน เมทไธโอนีน) วิตามิน (วิตามินเอ บี1 บี2 ไนอาซิน ซี ดี) เหล็ก (แคลเซียม เหล็ก ไอโอดีน) และยังต้องคำนึงถึงสภาพของสารอาหารที่เติมว่าเป็นประเภทที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีปริมาณการเติมที่เหมาะสม

9.4 การวิจัยวิธีการลดสารอาหารที่มีมากเกินไป

สารอาหารบางชนิดที่ผู้บริโภคมีแนวโน้มหรือมีโอกาสได้รับมากเกินไปและก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ จึงมีการหาทางลดให้มีปริมาณน้อยกว่าเดิม เช่น ไขมัน และน้ำตาลที่มีความสัมพันธ์กับโรคอ้วน โรคเบาหวาน ภาวะไขมันอุดตันใน หลอดเลือด และโซเดียมที่มีความสัมพันธ์กับโรคความดันโลหิตสูง การลดปริมาณสารอาหารสามารถวิจัยได้หลายแนวทาง เช่น

9.4.1 การลดปริมาณสารอาหารที่ต้องการในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม เป็นผลิตภัณฑ์นมพร่องมันเนย หรือผลิตภัณฑ์นมขาดมันเนย

9.4.2 การปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบให้เหมาะสม เช่น การวิจัยวิธีการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงที่ใช้ในการผลิตไข่ผงและในไข่เหลวแช่แข็งด้วยการใช้สารเคมี หรือใช้เอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปผลิตอาหารอื่นๆ

9.4.3 การใช้วัตถุดิบชนิดอื่นทดแทน เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันในการผลิตนมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบอีกหลายชนิด ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า หรือช่วยในการลดปัญหาทางโภชนาการที่เกิดจากการรับมากเกินไป

9.4.4 การปรับเปลี่ยนรูปแบบในการผลิต เช่น จากการผลิตสับปะรดกระป๋องบรรจุในน้ำเชื่อม สามารถใช้การบรรจุในน้ำสับปะรดที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลน้อยกว่า หรือการผลิตปลาทูนกระป๋องในน้ำมัน เป็นการบรรจุในซอสมะเขือเทศหรือน้ำเกลือ เป็นต้น

9.4.5 การใช้สารอาหารในรูปแบบอื่นที่ช่วยลดปริมาณสารอาหารที่ต้องการหรือลดผลที่เกิดจากสารอาหารนั้น เช่น การใช้น้ำตาลฟรุคโทสแทนน้ำตาลทราย เนื่องจากฟรุคโทสมีความหวานมากกว่าทำให้สามารถใช้ในปริมาณน้อยก็ให้ความหวานเทียบเท่ากัน นอกจากนี้ยังถูกดูดซึมน้อยกว่า จึงเป็นผลให้ได้รับพลังงานน้อยกว่า หรือการใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ช่วยให้อาหารมีรสหวาน แต่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย

9.5 การวิจัยการใช้สารทดแทนสารอาหาร

การลดสารอาหารบางชนิดในการผลิตอาหารบางอย่างอาจทำได้จำกัด เพราะมีปัญหาในการผลิตและรสชาติหรือเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การหันมาใช้สารทดแทนสารอาหารจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น สารทดแทนสารอาหารที่นิยมใช้มี 2 กลุ่ม คือ สารทดแทนน้ำตาล และสารทดแทนไขมัน เพราะปัญหาโรคอ้วน โรคเบาหวาน และภาวะไขมันสูงในหลอดเลือดที่นำไปสู่โรคหัวใจขาดเลือด และภาวะหลอดเลือดตีบตันที่เกี่ยวกับการได้รับไขมันมากเกินไป

9.5.1 สารทดแทนน้ำตาล มีวัตถุประสงค์ที่ใช้ทดแทนน้ำตาลในการช่วยให้อาหารมีรสหวาน แต่ไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาล สารทดแทนน้ำตาลที่มีการใช้กันมาก เช่น ไซคลาเมต (Cyclamate) แซคคาริน (Sacharin) แอสปาร์เทม (Aspartame) ซูคราโลส เป็นต้น

9.5.2 สารทดแทนไขมัน สารที่นำมาใช้ทดแทนไขมันมีหลายชนิด บางชนิดไม่ใช่ไขมันแต่ให้คุณสมบัติคล้ายไขมัน บางชนิดเป็นไขมันที่มีการดัดแปลงโครงสร้างโมเลกุลจนทำให้ไม่มีผลต่อการให้พลังงาน และการให้คอเลสเตอรอล เช่น ซิมพลีส (SimplexTM) ซึ่งเป็นชื่อทางการค้า โดยการนำโปรตีนในนมหรือไข่ขาวทำให้ร้อนแล้วบดจนเป็นเม็ดกลมมนขนาดเล็ก ให้ความมันลื่น รสเข้มข้นและมันคล้ายไขมัน ให้พลังงานเพียง 1.3 กิโลแคลอรีต่อกรัม ซูโครส-โพลีเอสเทอร์ (sucrose polyester) หรือชื่อทางการค้าว่า โอลีสตรา (OlestraTM) ซึ่งสังเคราะห์มาจากน้ำตาลทำปฏิกิริยากับไขมันจนได้ซูโครสโพลีเอสเทอร์ที่ร่างกายย่อยไม่ได้ จึงไม่ให้พลังงาน

9.6 การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพทางโภชนาการของอาหารพิเศษ

เป็นการวิจัยพัฒนาเฉพาะสำหรับบุคคลบางกลุ่ม เช่น ผู้ที่ต้องได้รับอาหารทางสายยาง ซึ่งจำเป็นต้องมีคุณภาพทางโภชนาการที่สมดุล และสามารถเข้าสู่วางกายได้โดยไม่มีปฏิกิริยาต่อต้าน ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาอาหารสำหรับผู้ป่วยหลังพักฟื้น ผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการย่อย เป็นต้น

ทวีพร (2546) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงนมสดเมืองเพชรบุรี ในการใช้น้ำมันสดแทนกะทิ พบว่าในอัตราส่วน 50 % และ 100% เป็นอัตราส่วนที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้

การยอมรับในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และสี อยู่ในระดับปานกลาง มากถึงมากที่สุด ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าขนมหม้อแกงนมสดมี ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใย และเถ้าต่ำกว่าขนม หม้อแกงกะทิ และมีโปรตีนสูงกว่าขนมหม้อแกงกะทิ ขนมหม้อแกงสูตรกะทิ มีไขมัน $11.31 \pm 0.68\%$ สูตรนมสด 50% มีไขมัน $8.69 \pm 0.17\%$ สูตรนมสด 100% มีไขมัน $7.53 \pm 1.52\%$ แต่ละสูตรมีคาร์โบไฮเดรตในขนมหม้อแกงสูตรกะทิสูงกว่าสูตรนมสด โดยขนมหม้อแกงสูตรกะทิมีคาร์โบไฮเดรต $29.98 \pm 1.08\%$ หม้อแกงสูตรนมสด 50% และ 100% มีคาร์โบไฮเดรต $23.33 \pm 0.87\%$ และ $20.43 \pm 8.22\%$ ตามลำดับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในขนมหม้อแกงทั้ง 3 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กมลวรรณ (2541) ศึกษาการพัฒนาขนมหม้อแกงถั่วกึ่งสำเร็จรูป พบว่าปริมาณถั่วทองบดและกะทิผง มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงถั่ว การเพิ่มปริมาณถั่วทองบด และลดกะทิผง มีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะติดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ปริมาณถั่วทองบด และกะทิผงที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 8 และ 18 ตามลำดับ กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมคืออบตัวขนมที่อุณหภูมิ 180°C ใช้เวลา 20 นาที และอบหน้าขนมที่อุณหภูมิ $220-230^{\circ}\text{C}$ นาน 40 นาที ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดที่ร้อยละ 90.9

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการทดลอง

1.1 วัตถุดิบในการทดลองหม้อแกงไข่

1.1.1 ไข่เป็ด

1.1.2 น้ำตาลมะพร้าว (กลุ่มท่าคา อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม)

1.1.3 กะทิมะพร้าว คั้นเอาแต่หัว (มะพร้าว 1 กิโลกรัม : น้ำ 600 กรัม)

1.1.4 กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่อง ยูเอชที ตราร้อยดี

1.1.5 ใบเตย

1.1.6 หอมแดง

1.1.7 น้ำมันถั่วเหลือง ตรารุ่ง

1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและปรับปรุงคุณภาพกรดไขมัน

1.2.1 กะทิธัญพืชสำเร็จรูปบรรจุกล่อง ยูเอชที ชนิด A จากบริษัท ฟอร์แคร์ จำกัด ตรา ฟอร์แคร์

1.2.2 กะทิธัญพืชสำเร็จรูปบรรจุกล่อง ยูเอชที ชนิด B จากบริษัท อำพลฟู้ดส์ โพรเซสซิง จำกัด ตราคุ๊ดไรฟ์

1.2.3 สารให้ความหวานซูคราโลส ตรา D-et มีส่วนประกอบของอิริทริทอล 98.6 % และซูคราโลส 1.4 %

2. อุปกรณ์ในการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ในการผลิตหม้อแกงไข่

2.1.1 เครื่องผสมอาหาร National

2.1.2 เครื่องชั่ง

- 2.1.3 อ่างแสดนเลส
- 2.1.4 ซ้อนตวง
- 2.1.5 ถ้วยตวงของเหลว
- 2.1.6 กระชอน
- 2.1.7 พิมพ์ฟรอนด์ เบอร์ 2016
- 2.1.8 พิมพ์จีบอลูมิเนียม
- 2.1.9 ถาดอลูมิเนียมขนาด 10 x 12 x 1 ½
- 2.1.10 ถุงพลาสติก

2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณและคุณค่าทางโภชนาการ

- 2.2.1 ชุดวิเคราะห์ความชื้น
- 2.2.2 ชุดวิเคราะห์ไขมัน
- 2.2.3 ชุดวิเคราะห์โปรตีน
- 2.2.4 ชุดวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด
- 2.2.5 ชุดวิเคราะห์กรดไขมัน

2.3 ตารางคุณค่าอาหาร

- 2.3.1 ตารางแสดงคุณค่าอาหารในส่วนที่กินได้ 100 กรัม (กองโภชนาการ, 2535)
- 2.3.2 ตารางแสดงคุณค่าอาหารในส่วนที่กินได้ 100 กรัม (สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542)

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพทางกายภาพ

- 2.4.1 เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA.XT.plus
- 2.4.2 หัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
- 2.4.3 คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล
- 2.4.4 เครื่องวัดค่าสี HunterLab
- 2.4.5 เครื่องวัดค่า a_w (Water activity) Hygrolab รุ่น rotronic

3. อุปกรณ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดสอบ
- กล่องพลาสติกใสใส่ตัวอย่าง
- ซ้อนพลาสติกเล็ก
- ปากกา

3.2 ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Hedonic Scaling Test ในภาคผนวก ก โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้

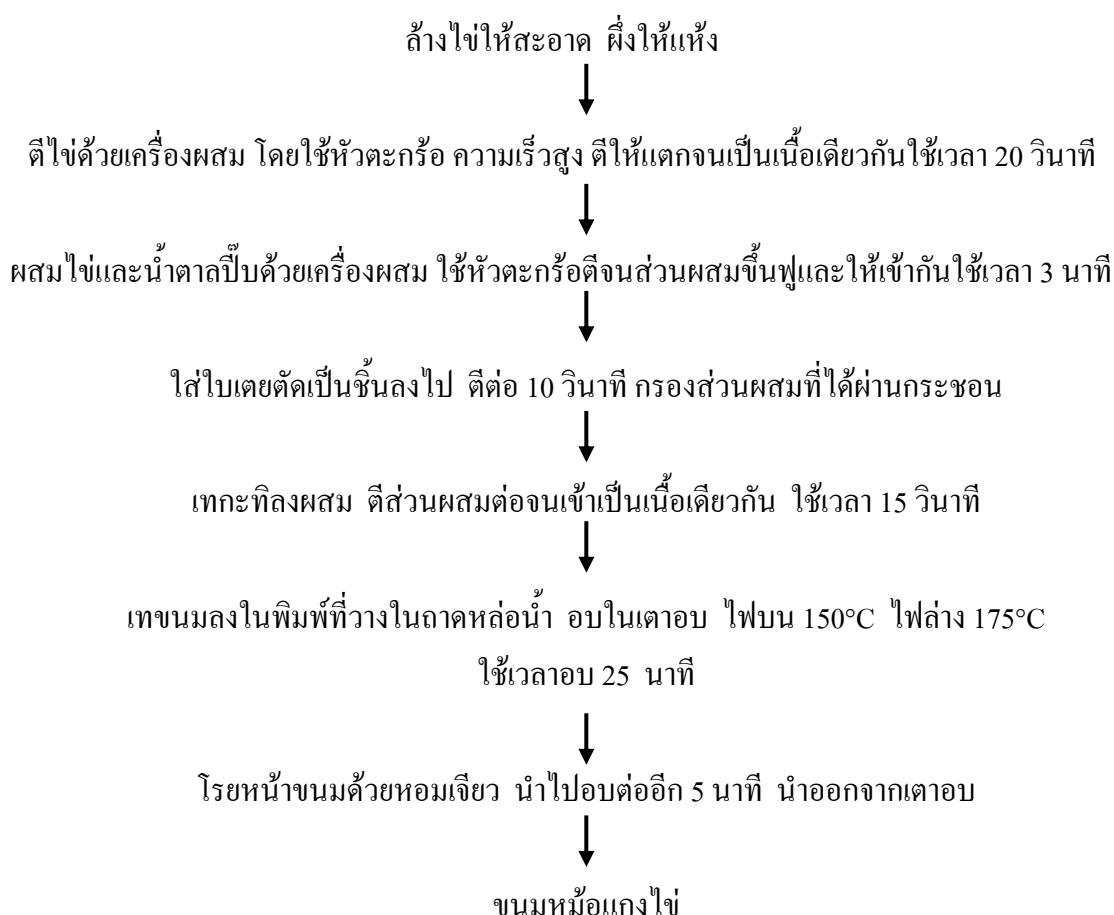
9	=	ชอบมากที่สุด
8	=	ชอบมาก
7	=	ชอบปานกลาง
6	=	ชอบเล็กน้อย
5	=	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
4	=	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	=	ไม่ชอบปานกลาง
2	=	ไม่ชอบมาก
1	=	ไม่ชอบมากที่สุด

3.3 แบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ของผู้บริโภค ทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบแบบ 9 - Hedonic Scaling Test ในภาคผนวก ก

วิธีการ

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่

1.1 การทดลองหาสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่ โดยการใช้สูตรขนมหม้อแกงไข่ จำนวน 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 จากบทสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนมไทย สูตรที่ 2 จากหนังสือตำรับขนมหวาน สำนักพิมพ์แสงแดด และสูตรที่ 3 จากเอกสารประกอบการสอนการอบรมวิชาชีพ หลักสูตรระยะสั้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (สุทธิตา, 2550; สำนักพิมพ์แสงแดด, ม.ป.ป.; สมคิด, ม.ป.ป.) โดยนำสูตรมาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งกรรมวิธีในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ทั้ง 3 สูตร เป็นดังภาพที่ 3 และมีส่วนผสมดังตารางที่ 5 ใช้แผนการทดลอง RCBD (Randomized Complete Block Design)



ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตขนมหม้อแกงไข่

ตารางที่ 5 ส่วนผสมของขนมหม้อแกงไข่ในการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
ไข่เป็ด	319	31.93	281	34.56	387	43.63
กะทิมะพร้าว	400	40.04	332	40.84	285	32.13
น้ำตาลมะพร้าว	280	28.03	185	22.75	215	24.24
น้ำตาลทราย	-	-	15	1.85	-	-

1.2 เปรียบเทียบคุณภาพของขนมหม้อแกงไข่ที่ได้จากสูตร 3 สูตร โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความชำนาญการด้านอาหารและขนมไทย ของภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale)

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD

Block (ผู้ทดสอบ)	Treatment		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}
5	X_{15}	X_{25}	X_{35}
6	X_{16}	X_{26}	X_{36}
7	X_{17}	X_{27}	X_{37}
8	X_{18}	X_{28}	X_{38}

1.3 คัดเลือกสูตรที่ให้คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด เพื่อเป็นสูตรพื้นฐานในการทำการทดลองต่อไป

1.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดโดยวิธี Association of Official Analytical Chemical Chemists โดยวิธีหาความชื้น ไขมัน เถ้า (AOAC., 2005) โปรตีน (AOAC., 2000) วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีใน Compendium of Methods for Food Analysis วิเคราะห์กรดไขมัน ด้วยวิธีที่พัฒนาในบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ณ ประเทศไทย) จำกัด และวิเคราะห์พลังงานจากการคำนวณค่าพลังงานของปริมาณสารอาหารหลัก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ด้วยการคูณกับค่าพลังงานของสารอาหารชนิดนั้น (4.9 และ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม)

1.5 ประเมินคุณภาพทางกายภาพสำหรับขนมหม้อแกง โดยการวัดความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) และ ค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) ด้วยเครื่อง Texture Analyser วัดค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่อง Hygrolab และวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี HunterLab

1.5.1 การวัดลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยวัดแรงกดค่า Hardness, Cohesiveness และ Adhesive force ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยควบคุมรูปทรงขนมหม้อแกงให้เป็นทรงกระบอกความสูง 1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ทดสอบด้วยหัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร โดยกำหนด Pre-test speed 1.0 mm/s. Test speed 1.0 mm/s. Post-test speed 10.0 mm/s. Strain 75% Time 5.0 Sec. Trigger Type Auto (5 g.)

1.5.2 การวัดค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่อง Hygrolab รุ่น rotronic เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียดใส่ในตลับวัดค่า ประมาณ $\frac{1}{4}$ ของตลับซึ่งมีขีดบอกระดับการใส่ตัวอย่างไว้ และปิดฝาพับไว้ ทำการปรับมาตรฐานของเครื่องทุกครั้งก่อนใช้งาน นำตัวอย่างที่ใส่ในตลับเปิดฝาดู และใส่ในช่องวัดค่า Water activity ทำการวัดค่า และบันทึกข้อมูล

1.5.3 การวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ HunterLab รุ่น Color Flex ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัดดูมีความสว่างสีดำ, 100 หมายถึงวัดดูมีความสว่างสีขาว), a^* (+ หมายถึง วัดดูมีสีออกแดง, - หมายถึงวัดดูมีสีออกเขียว) และ b^* (+หมายถึง วัดดูมีสีออกเหลือง, - หมายถึง วัดดูมีสีออกน้ำเงิน)

2. ศึกษาการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

2.1 นำผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1 มาทดลองการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนบางส่วนของน้ำตาลมะพร้าว จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสมากกว่าร้อยละ 50 มีผลทำให้ขนมหม้อแกงไข่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น มีความฉ่ำของเนื้อขนมลดลง จึงทำการศึกษาการทดแทนน้ำตาลมะพร้าว ด้วยปริมาณร้อยละ 30 40 และ 50 ของน้ำหนักน้ำตาลมะพร้าว ซึ่งซูคราโลส 12 กรัม มีความหวานเทียบเท่ากับน้ำตาล 100 กรัม วางแผนการทดลองแบบ RCBD ในการทดลองใช้กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่อง ยูเอชที เพื่อควบคุมความแปรปรวนในการทดลอง และทำการทดลอง

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษาปริมาณสารให้ความหวานซูคราโลสในขนมหม้อแกงไข่โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD

Block (ผู้ทดสอบ)	ปริมาณร้อยละของสารให้ความหวานซูคราโลส		
	30	40	50
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}
5	X_{15}	X_{25}	X_{35}
6	X_{16}	X_{26}	X_{36}
7	X_{17}	X_{27}	X_{37}
8	X_{18}	X_{28}	X_{38}

2.2 นำขนมหม้อแกงไข่ทั้ง 3 สูตรที่แทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นผู้ชำนาญการด้านอาหารและขนมไทย โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale)

2.3 ประเมินคุณภาพทางกายภาพสำหรับขนมหม้อแกง โดยการวัดความแข็ง (Hardness)

ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) และค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) ด้วยเครื่อง Texture Analyser โดยควบคุมรูปทรงขนมหม้อแกงไข่เป็นทรงกระบอกความสูง 1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ทดสอบด้วยหัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร โดยกำหนด Pre-test speed 1.0 mm/s. Test speed 1.0 mm/s. Post-test speed 10.0 mm/s. Strain 75% Time 5.0 Sec. Trigger Type Auto (5 g.)

2.4 คัดเลือกสูตรขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส มาทำการทดลองในขั้นต่อไป

3. ศึกษาการใช้กะทิธัญพืชที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

3.1 นำสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่ที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1 มาใช้ในการทดลองทดแทนกะทิมะพร้าวด้วยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ชนิดของกะทิธัญพืช 2 ชนิด คือ ชนิด A และ B และศึกษาการใช้ในปริมาณที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 75 และ 100 ของน้ำหนักกะทิ ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD และจัดปัจจัยในการทดลองโดยวิธี Treatment allocation เป็น 2^2 treatment factorial ทำให้ได้สูตรขนมหม้อแกงทั้งหมด 4 สูตร ในการทดลองใช้กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่องยูเอชที แทนกะทิมะพร้าวเพื่อควบคุมความแปรปรวนในการทดลอง และทำการทดลอง

สูตรที่ 1 กะทิธัญพืชชนิด A ร้อยละ 75	สูตรที่ 2 กะทิธัญพืชชนิด A ร้อยละ 100
สูตรที่ 3 กะทิธัญพืชชนิด B ร้อยละ 75	สูตรที่ 4 กะทิธัญพืชชนิด B ร้อยละ 100

ภาพที่ 4 แสดงสูตรในการศึกษาการทดแทนกะทิมะพร้าวด้วยกะทิธัญพืช

3.2 นำขนมหม้อแกงไข่ทั้ง 4 สูตรมาทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารและขนมไทย โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale)

ตารางที่ 8 แสดงลักษณะของข้อมูลการศึกษานิตและปริมาณของกะทิธัญพืชในขนมหม้อแกงไข่
โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง RCBD จัดการทดลองแบบ
 2^2 factorial

Block (ผู้ทดสอบ)	สูตรในการทดลองชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืช			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
1	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₁
2	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₂
3	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃	X ₄₃
4	X ₁₄	X ₂₄	X ₃₄	X ₄₄
5	X ₁₅	X ₂₅	X ₃₅	X ₄₅
6	X ₁₆	X ₂₆	X ₃₆	X ₄₆
7	X ₁₇	X ₂₇	X ₃₇	X ₄₇
8	X ₁₈	X ₂₈	X ₃₈	X ₄₈

3.3 ประเมินคุณภาพทางกายภาพสำหรับขนมหม้อแกง ไข่ โดยการวัดความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) และค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) ด้วยเครื่อง Texture Analyser โดยควบคุมรูปทรงขนมหม้อแกงไข่เป็นทรงกระบอกความสูง 1 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ทดสอบด้วยหัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร โดยกำหนด Pre-test speed 1.0 mm/s. Test speed 1.0 mm/s. Post-test speed 10.0 mm/s. Strain 75% Time 5.0 Sec. Trigger Type Auto (5 g.)

3.4 คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดในการศึกษาการใช้กะทิธัญพืชในขนมหม้อแกงไข่ โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมาทดลองในขั้นต่อไป

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงลดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

4.1 นำผลการทดลองในข้อ 2 และ 3 ที่ดีที่สุดในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงจากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของขนมหม้อแกงจากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยวิธี Association of Official Analytical Chemical Chemists โดยวิธีหาคความชื้น ไขมัน เถ้า (AOAC., 2005) โปรตีน (AOAC., 2000) วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีใน Compendium of Methods for Food Analysis วิเคราะห์กรดไขมัน ด้วยวิธีที่พัฒนาในบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ณ ประเทศไทย) จำกัด และวิเคราะห์พลังงานจากการคำนวณค่าพลังงานของปริมาณสารอาหารหลัก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ด้วยการคูณกับค่าพลังงานของสารอาหารชนิดนั้น (4.9 และ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม)

4.3 ประเมินคุณภาพทางกายภาพสำหรับขนมหม้อแกงจากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยการวัดความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) และค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) ด้วยเครื่อง Texture Analyser วัดค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่อง Hygrolab และวัดค่า L^* b^* a^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี HunterLab

4.3.1 การวัดลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยวัดแรงกดค่า Hardness และ Chewiness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยควบคุมรูปทรงขนมหม้อแกงไขเป็นทรงกระบอก ความสูง 1 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ทดสอบด้วยหัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร โดยกำหนด Pre-test speed 1.0 mm/s. Test speed 1.0 mm/s. Post-test speed 10.0 mm/s. Strain 75% Time 5.0 Sec. Trigger Type Auto (5 g.)

4.3.2 การวัดค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่อง Hygrolab รุ่น rotronic เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียดละเอียด ใส่ในตลับวัดค่า ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของตลับซึ่งมีขีดบอกระดับการใส่ตัวอย่างไว้ และปิดฝาพับไว้ ทำการปรับมาตรฐานของเครื่องทุกครั้งก่อนใช้งาน นำตัวอย่างที่ใส่ในตลับเปิดฝาดู และใส่ในช่องวัดค่า Water activity ทำการวัดค่า และบันทึกข้อมูล

4.3.3 การวัดค่าสี L^* b^* a^* HunterLab รุ่น Color Flex ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุมีความสว่างสีดำ, 100 หมายถึงวัตถุมีความสว่างสีขาว), a^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีออกแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีออกเขียว) และ b^* (+หมายถึง วัตถุมีสีออกเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีออกน้ำเงิน)

5. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ไปทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน โดยเป็นการตอบแบบสอบถาม และนำคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์ โดยศึกษาคะแนนเฉลี่ยปัจจัยความชอบผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยการยอมรับผลิตภัณฑ์ หาค่า F-test, T-test

6. Binary Logistic Regression

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช กับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มผู้บริโภค และคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านต่างๆ ด้วยเทคนิค binary logistic regression ทำการคัดเลือกตัวแปรเข้าตัวแบบด้วยวิธี Forward Stepwise ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

7. การศึกษาต้นทุนในการผลิต

ศึกษาต้นทุนในการผลิต ดังนี้

7.1 ขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน

7.2 ขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลส

7.3 ขนมหม้อแกงไข่จากกะทิธัญพืช

7.4 ขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

การวิเคราะห์ผล

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่

1.1 วิเคราะห์ผลทางคุณภาพการประเมินประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยนำมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยวิธีผลต่างน้อยที่สุด DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ในลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3 วิเคราะห์ผลคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานที่ดีที่สุด ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กรดไขมัน และค่าพลังงาน

2. ศึกษาการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

2.1 วิเคราะห์ผลทางคุณภาพการประเมินประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของสูตรขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทั้ง 3 สูตร โดยนำมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสและคำนวณค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางกายภาพในด้านความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน และค่าแรงเกาะติดผิว

2.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยวิธีผลต่างน้อยที่สุด DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ในลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. ศึกษาการใช้กะทิธัญพืชที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

3.1 วิเคราะห์ผลทางคุณภาพการประเมินประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของสูตรขนมหม้อแกงไข่ทั้ง 4 สูตรที่ใช้กะทิธัญพืช 2 ยี่ห้อ และปริมาณ 2 ระดับ โดยนำมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส และคำนวณค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางกายภาพในด้านความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน และค่าแรงเกาะติดผิว

3.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) วิเคราะห์อันตรกิริยาของยี่ห้อกะทิธัญพืชและปริมาณในการทดแทน และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยวิธีผลต่างน้อยที่สุด DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ในลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

4.1 วิเคราะห์ผลคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กรดไขมัน และค่าพลังงาน เพื่อเปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน

4.2 ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยใช้ผู้ทดสอบ 100 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ นำมาประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูลจากค่าสถิติต่างๆ ได้แก่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย และศึกษาข้อมูลจากผู้บริโภคด้วย F-test และ T-test ของขนมหม้อแกงไข่พลังงานต่ำและ การปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและ กะทิ ธัญพืช และวิเคราะห์สมการถดถอยของการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ ด้วย Binary Logistic Regression

5. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

5.1 ห้องปฏิบัติการภาควิชาคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 บ้านเลขที่ 78/109 หมู่บ้านหรรษา ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร

5.3 ทดสอบประสาทสัมผัส ณ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 สถานที่ทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ได้แก่ สำนักงานเขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร

6. ระยะเวลาในการวิจัย

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่ เดือนกันยายน 2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2552

ผลและวิจารณ์

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่

1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

นำสูตรขนมหม้อแกงไข่ที่เลือกจำนวน 3 สูตร (สูตรตา, 2550; สำนักพิมพ์แสงแดด, ม.ป.ป.; สมคิด, ม.ป.ป.) มาทำการทดลองและทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสกับผู้ชำนาญการด้านอาหารและขนมไทย จำนวน 8 คน

โดยลักษณะของขนมหม้อแกงไข่ในแต่ละสูตรเป็นดังตารางที่ 9 พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 มีความใกล้เคียงกันในด้านหน้าขนมที่มีความเรียบ เนื้อสัมผัสเนียน มีความฉ่ำดี ในด้านกลิ่นทั้ง 3 สูตรมีลักษณะใกล้เคียงกัน คือมีกลิ่นหอมเจียวที่ใช้โรยหน้าขนม ในสูตรที่ 2 พบว่าลักษณะหน้าขนมมีลักษณะยุบ เนื้อขนมแน่นและแห้ง

ตารางที่ 9 ลักษณะของขนมหม้อแกงไข่ในการทดลองคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ขนมหม้อแกงไข่สูตรที่ 1	ขนมหม้อแกงไข่สูตรที่ 2	ขนมหม้อแกงไข่สูตรที่ 3
หน้าขนมเรียบมีสีน้ำตาลเข้ม ไม่มาก เนื้อขนมเป็นสีเหลือง อมน้ำตาล มีความเนียน มีรู	หน้าขนมมีสีน้ำตาลเข้ม และ ยุบ เนื้อขนมเป็นสีเหลืองอม น้ำตาล แน่น มีรูพรุนจาก	หน้าขนมเรียบ มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อขนมเป็นสีเหลืองมนอม เทามีความเนียน มีรูพรุนจาก
พรุน จากฟองอากาศปานกลาง มีความฉ่ำมาก มีกลิ่นหอมเจียว	ฟองอากาศค่อนข้างมาก มี ความฉ่ำน้อย รสชาติไม่ หวานมาก มีกลิ่นหอมเจียว	ฟองอากาศน้อยมีความฉ่ำมาก รสชาติไม่หวานมาก มีกลิ่น หอมเจียว

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ณ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังผลในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของขนมหม้อแกงไข่ 3 สูตร

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	5.94 ± 1.42^{ab}	5.00 ± 1.85^b	7.00 ± 1.19^a
สี	6.25 ± 1.45^{ab}	5.87 ± 1.75^b	7.25 ± 0.75^a
กลิ่น	6.50 ± 1.19	6.25 ± 1.90	7.38 ± 0.51
รสชาติ	6.00 ± 0.92^b	6.13 ± 1.88^{ab}	7.25 ± 0.70^a
เนื้อสัมผัส	6.13 ± 1.28^{ab}	5.25 ± 1.72^b	7.00 ± 1.03^a
ความชอบโดยรวม	6.00 ± 1.30^{ab}	5.25 ± 1.83^b	7.13 ± 1.12^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลจากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ทั้ง 3 สูตร เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 3 ให้คะแนนเฉลี่ยความชอบสูงสุดใน 3 สูตร ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ผลการศึกษาการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่ เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ความแปรปรวนและหาความแตกต่างทางสถิติพบว่า

1.1.1 ด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และเกณฑ์คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง มีความแตกต่างจากสูตรที่ 2 แต่ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่สูตรที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกับสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.1.2 ด้านรสชาติพบว่าสูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าสูตรที่ 2 และ 1 ตามลำดับ และเกณฑ์คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง เมื่อศึกษาความแตกต่างทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยพบว่า สูตรที่ 3 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่สูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกับสูตรที่ 3 และ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.1.3 ด้านกลิ่น ศึกษาความแตกต่างทางเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ย พบว่า สูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และเกณฑ์คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง ไม่พบความแตกต่างในด้านกลิ่นของทั้ง 3 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 3 ซึ่งได้รับค่าเฉลี่ยของคะแนนในด้านต่าง ๆ จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองต่อไป

1.2 คุณภาพทางโภชนาการ และคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า น้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันชนิดต่างๆ และวิเคราะห์พลังงานจากการคำนวณค่าพลังงานของปริมาณสารอาหารหลัก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน พบว่า จากปริมาณขนมหม้อแกงไข่ 100 กรัม ให้พลังงาน 316.06 กิโลแคลอรี ความชื้น 48.86 กรัม โปรตีน 6.92 กรัม ไขมัน 21.62 กรัม คาร์โบไฮเดรต 23.45 กรัม เถ้า 1.15 กรัม น้ำตาล ทั้งหมด 22.70 กรัม และเมื่อวิเคราะห์กรดไขมันชนิดต่างๆ พบว่ามีกรดไขมันอิ่มตัว 17.20 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง 4.42 กรัม และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง 0.05 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานจากปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม)	48.86
โปรตีน (กรัม)	6.92
ไขมัน (กรัม)	21.62
กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม)	17.20
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรัม)	4.42
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (กรัม)	3.89
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (กรัม)	0.53

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
Trans fat (กรัม)	0.02
เกลือ (กรัม)	1.15
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	23.45
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	22.70
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	316.06

ในด้านคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานพบว่า มีค่าความแข็ง 2,373.73 กรัม ค่าแรงเกาะติดผิว -221.988 กรัม: มิลลิเมตร และค่าการเกาะตัวกัน 0.184 มีค่า water activity เท่ากับ 1.000 ในด้านค่าสี พบว่ามีค่า L^* ซึ่งแสดงค่าความสว่าง 1.16 ค่า a^* ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียวเท่ากับ 7.39 และค่า b^* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลืองถึงสีฟ้าเท่ากับ 1.75 ดังในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางกายภาพ	ค่าที่วัดได้
ความแข็ง (กรัม)	2,373.73
ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิเมตร)	-221.98
การเกาะตัวกัน	0.18
ค่า a_w	1.00
ค่าสี L^*	1.16
a^*	7.39
b^*	1.75

2. ศึกษาการใช้สารให้ความหวานชูคราโลสที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

2.1 การศึกษาปริมาณสารให้ความหวานชูคราโลสที่เหมาะสมของขนมหม้อแกง

นำผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือก มาศึกษาทดลองใช้สารให้ความหวานชูคราโลสทดแทนน้ำตาลมะพร้าวที่ระดับร้อยละ 30 40 และ 50 ของน้ำตาลมะพร้าว ปริมาณส่วนผสมของการทดลองเป็นดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ส่วนผสมของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานชูคราโลสทดแทนน้ำตาลมะพร้าว ในปริมาณต่างกัน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม) ที่ใช้ชูคราโลส ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวที่ระดับต่างกัน		
	30	40	50
ไข่เป็ด	387	387	387
น้ำตาลมะพร้าว	150	129	107.5
ชูคราโลส	7.80	10.32	12.84
หอมแดง	17	17	17
น้ำมันถั่วเหลือง	10	10	10

นำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นผู้ชำนาญการด้านอาหารและขนมไทย โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ดังผลในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส 3 ระดับ

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณซูคราโลส (ร้อยละ)		
	30	40	50
ลักษณะปรากฏ	6.63 ± 1.40	7.13 ± 0.35	6.75 ± 0.70
สี	6.81 ± 1.25	7.50 ± 0.53	7.00 ± 0.92
กลิ่น	7.00 ± 1.19	7.50 ± 0.92	7.00 ± 1.06
รสชาติ	7.00 ± 0.75	7.06 ± 0.67	6.63 ± 0.91
เนื้อสัมผัส	7.19 ± 1.19	7.13 ± 0.64	6.81 ± 0.92
ความชอบโดยรวม	6.75 ± 1.16	7.00 ± 0.53	6.50 ± 0.75

ผลจากการศึกษาการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลส เมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยในขนมหม้อแกงไข่ พบว่า

2.1.1 ความชอบด้านลักษณะปรากฏ การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.13 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 และ 30 มีคะแนนรองลงมาอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.75 และ 6.63 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (P-value = .422)

2.1.2 ความชอบด้านสี การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.50 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 และ 30 มีคะแนนรองลงมาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางและชอบเล็กน้อย คือ 7.00 และ 6.81 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (P-value = .124)

2.1.3 ความชอบด้านกลิ่น การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสพบว่าทั้ง 3 ระดับมีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางทั้งหมด แต่การทดแทนที่ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.50 โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 30 และ 50 มีคะแนนรองลงมา คือ 7.00 และ

7.00 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .172$)

2.1.4 ความชอบด้านรสชาติ การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.00 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 30 และ 50 มีคะแนนรองลงมาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางและชอบเล็กน้อย คือ 7.00 และ 6.63 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .288$)

2.1.5 ความชอบด้านเนื้อสัมผัส การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 30 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.19 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 40 และ 30 มีคะแนนรองลงมาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางและชอบเล็กน้อย คือ 7.13 และ 6.81 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .144$)

2.1.6 ความชอบโดยรวมพบว่า การทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุด คือ 7.06 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยการทดแทนที่ระดับร้อยละ 30 และ 50 มีคะแนนรองลงมาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.75 และ 6.50 ตามลำดับ และการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .321$)

จากการศึกษาการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวบางส่วนด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสพบว่า ปริมาณการทดแทนทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม สูตรที่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวที่ ระดับร้อยละ 40 ให้คะแนนสูงสุดใน 3 สูตร และได้ขนมหม้อแกงที่มีหน้าขนมเรียบ คล้ายขนมหม้อแกงทั่วไป รสชาติไม่หวานเกินไป จึงใช้ปริมาณซูคราโลสร้อยละ 40 ในการทดลองต่อไป

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส

นำขนมหม้อแกงไข่ที่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส ทั้ง 3 ระดับ มาวัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) และการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ด้วยเครื่อง Texture Analyser โดยหัววัดที่ใช้ทดสอบคือ หัวทดสอบแบบกด (Compression) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และกำหนดค่าพารามิเตอร์ ของระยะทางที่กด หัววัดลงไปในตัวอย่าง 75% Strain และความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัด (Test Speed) 1.0 mm/sec โดยผลการทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำและทำการคัดเลือก มา 5 ซ้ำเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง โดยตัวอย่าง 5 ซ้ำที่เหลือเป็นการคัดออกของ ตัวอย่างที่มีค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และตัวอย่างที่มีความผิดพลาดการทดสอบวัดอีก 3 ซ้ำ ผลเป็นดังตารางที่ 15

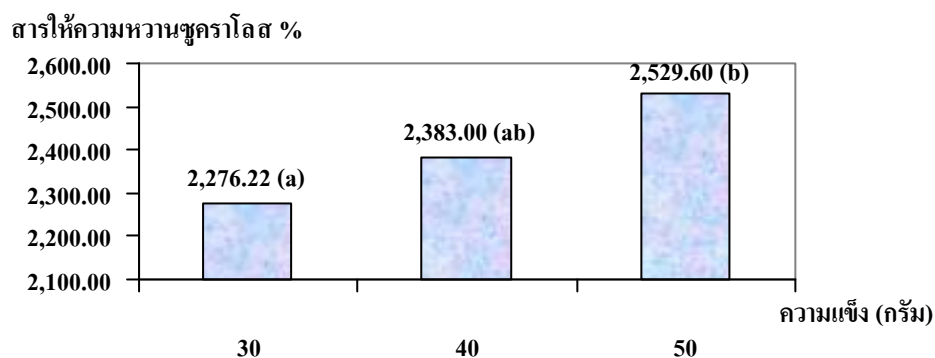
ตารางที่ 15 คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส 3 ระดับ

ปริมาณซูคราโลส (ร้อยละ)	คุณภาพทางกายภาพ		
	ความแข็ง (กรัม)	ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม)	การเกาะตัวกัน
30	2,276.22±107.59 ^a	-192.33±26.15 ^a	0.13±0.01
40	2,383.00±172.85 ^{ab}	-185.80±24.78 ^a	0.13±0.01
50	2,529.60±178.15 ^b	-126.74±13.98 ^b	0.13±0.00

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวดังต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

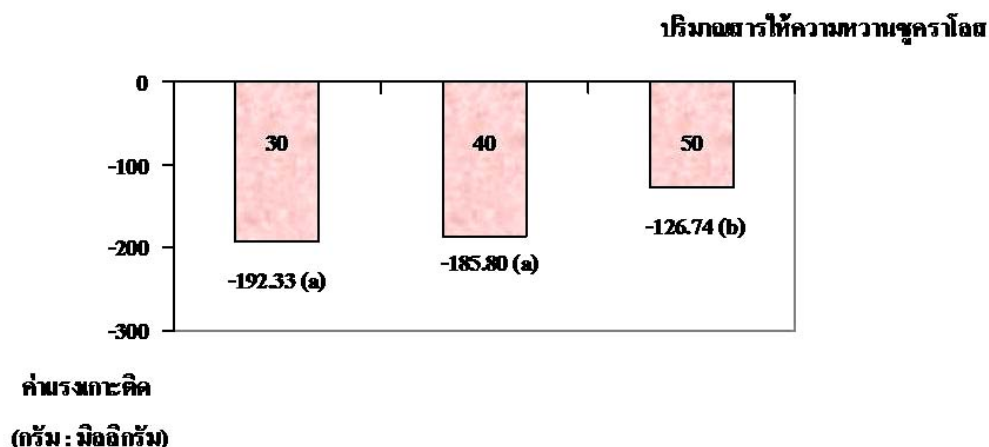
การศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส 3 ระดับ ในด้านความแข็งของขนมหม้อแกงไข่พบว่าการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 มีความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 2,529.60 กรัม รองลงมาคือระดับร้อยละ 40 และ 30 มีค่าเท่ากับ 2,383.00 กรัม และ 2,276.22 กรัม ตามลำดับ ซึ่งความแข็งของหม้อแกงไข่ที่ทดแทนที่ระดับร้อยละ 30 ไม่มีความแตกต่างกับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีความแตกต่างกับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณสูงขึ้นจะทำให้ค่าความแข็ง

(กรัม) เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีหน้าที่ในการทำให้อาหารนุ่ม (tenderizing) ทำให้อาหารมีความชุ่มชื้น (moistness) เมื่อลดปริมาณน้ำตาลมะพร้าวทำให้น้ำที่ด้านความชุ่มชื้นของขนมหม้อแกงไข่ลดลง (มลศิริ, 2545)



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยความชื้น (กรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

ในด้านค่าแรงเกาะติดผิว พบว่าขนมหม้อแกงไข่ที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50 มีค่ามากที่สุด ซึ่งเท่ากับ -126.74 กรัม:มิลลิกรัม รองลงมาคือระดับร้อยละ 40 และ 30 มีค่าเท่ากับ -185.80 กรัม:มิลลิกรัม และ -126.74 กรัม:มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยค่าแรงเกาะติดผิวของขนมหม้อแกงไข่ที่ระดับร้อยละ 30 ไม่มีความแตกต่างกับการทดแทนระดับร้อยละ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณสูงขึ้นไปจะทำให้ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกว้แช่ทดแทนน้ำตาลมะพร้าว ด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

เมื่อนำค่าการเกาะตัวกันของขนมหม้อแกว้มาพิจารณาพบว่า การทดแทนทั้งระดับ 30 40 และ 50 มีค่าเท่ากับ 0.13 และ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้ปริมาณสารให้ความหวานซูคราโลสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ขนมหม้อแกว้มีความแข็งและค่าการเกาะติดผิวเพิ่มขึ้น สารแทนความหวานซูคราโลส ไม่สามารถทำหน้าที่เหมือนกับน้ำตาลมะพร้าว ดังนั้นการผลิตขนมไทยลดน้ำตาลจึงต้องใช้วิธีเป็น Total system approach คือ ต้องใช้สารหลายชนิดเพื่อชดเชยหน้าที่ต่างๆที่สารทดแทนน้ำตาลไม่มี เช่น การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลบางชนิดไม่สามารถเกิดสีน้ำตาลเมื่อร้อนได้เหมือนน้ำตาล สีของผลิตภัณฑ์อาจต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ น้ำตาลมะพร้าวหรือน้ำตาลทราย (มลศิริ, 2545) หรือมีสีที่อ่อนกว่า ทำให้มีผลต่อลักษณะสีและเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกว้ จากการทดลองการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสพบว่า การทดแทนที่ร้อยละ 40 มีค่าเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับขนมหม้อแกว้สูตรพื้นฐานมากที่สุด

3. ศึกษาการใช้กะทิธัญพืชที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงไข่

3.1 การศึกษาชนิดและปริมาณกะทิธัญพืชที่เหมาะสมของขนมหม้อแกงไข่

นำสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกงไข่ที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1 มาใช้ในการทดลอง การทดแทนกะทิด้วยกะทิธัญพืช 2 ชนิด คือ A และ B และศึกษาการใช้ในปริมาณที่ต่างกัน คือ ร้อยละ 75 และ 100 ของน้ำหนักกะทิ ได้สูตรขนมหม้อแกงทั้งหมด 4 สูตร ในการทดลองใช้กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่อง ยูเอชที แทนกะทิสดจากมะพร้าวเพื่อลดความแปรปรวนของกะทิในการทดลอง ทำการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสกับผู้ชำนาญการด้านอาหารและขนมไทย จำนวน 8 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ส่วนผสมของสูตรขนมหม้อแกงไข่ในการทดลองเป็นดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ส่วนผสมและปริมาณของขนมหม้อแกงไข่ 4 สูตร ที่มีการทดแทนกะทิด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดและปริมาณต่างกัน

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
	กะทิธัญพืช ชนิด A		กะทิธัญพืช ชนิด B	
	ปริมาณในการทดแทน			
	75	100	75	100
ไข่เป็ด	387	387	387	387
กะทิมะพร้าว	71	0	71	0
กะทิธัญพืช	214	285	214	285
น้ำตาลมะพร้าว	215	215	215	215

จากการศึกษาการทดแทนกะทิมะพร้าวด้วยกะทิธัญพืช 2 ชนิด และปริมาณต่างกัน โดยจัดได้ 4 Treatment combination ในการทดลอง 2^2 treatment allocate factorial พบว่า ขนมหม้อแกงที่ทดแทนกะทิธัญพืช 2 ชนิดในอัตราส่วนที่ต่างกันจะไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะทุกด้าน คือ ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม และไม่พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์กันดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้
ปริมาณและชนิดของกะทิธัญพืชต่างกันจัดแบบการทดลอง 2² Factorial ทั้ง 4 สูตร

ลักษณะของ ผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1 75%(ชนิด A)	สูตรที่ 2 100%(ชนิด A)	สูตรที่ 3 75%(ชนิด B)	สูตรที่ 4 100%(ชนิด B)
ลักษณะปรากฏ	7.13±1.24	6.31±1.09	6.25±1.03	6.13±1.12
สี	7.13±0.99	6.75±1.28	6.13±0.99	6.25±1.03
กลิ่น	6.50±1.19	6.63±1.40	6.75±0.88	6.63±1.06
รสชาติ	6.50±1.30	6.75±1.28	7.00±0.75	6.25±0.88
เนื้อสัมผัส	5.88±1.35	6.06±1.47	7.13±0.35	6.25±0.70
ความชอบโดยรวม	6.38±1.30	6.13±1.12	6.63±0.74	5.88±0.64

จากการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติในทุกด้านของการประเมินคุณลักษณะทาง
ประสาทสัมผัสทั้งในด้านลักษณะปรากฏ (ตารางที่ 18) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ
โดยรวม ซึ่งอยู่ในภาคภาคผนวกที่ ข11 – ข15

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏ
ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	2.258	1	2.258	1.770	.194
ปริมาณของกะทิธัญพืช	1.758	1	1.758	1.378	.250
ชนิด x ปริมาณ	.945	1	.945	.741	.397
Error	35.719	28	1.276		
Total	1373.250	32			
Corrected Total	40.680	31			

พบว่าชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนลักษณะทาง
ประสาทสัมผัสในทุกด้านที่ระดับ .05 สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืช
ที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .05 เช่นกัน

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนในกะทิมะพร้าวทั้ง 4 สูตร ในด้านต่างๆจัดแบบการทดลอง 2^2 Factorial พบว่า

3.1.1 ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สูตรที่ 1 ใช้กะทิธัญพืชชนิด A ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 ให้ผลที่ดีที่สุด คือ 7.13 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยสูตร 2,3 และ 4 ได้คะแนนรองลงมาอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.31 6.25 และ 6.13 ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value = .397)

3.1.2 ความชอบด้านสี พบว่า สูตรที่ 1 ใช้กะทิธัญพืชชนิด A ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 ให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีดีที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง คือ 7.13 รองลงมาคือสูตรที่ 2 , 4 และ 3 ได้คะแนนรองลงมาอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.75 6.25 และ 6.13 ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value = .519)

3.1.3 ความชอบด้านกลิ่น พบว่าทั้ง 4 สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด A และชนิด B ในปริมาณร้อยละ 75 และ 100 ของน้ำหนักกะทิ มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.50 6.63 6.75 และ 6.63 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.75 ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value = .761)

3.1.4 ความชอบด้านรสชาติ พบว่า ทั้ง 4 สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด A และชนิด B ในปริมาณร้อยละ 75 และ 100 ของน้ำหนักกะทิ มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.50 6.75 7.00 และ 6.25 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 7.00 ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value = .203)

3.1.5 ความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง คือ 7.13 รองลงมาคือสูตรที่ 4 2 และ 1 ตามลำดับ ที่มีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

ถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ คือ 6.25 6.06 และ 5.88 ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .174$)

3.1.6 ความชอบโดยรวมพบว่า ทั้ง 4 สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด A และชนิด B ในปริมาณร้อยละ 75 และ 100 ของน้ำหนักกะทิ มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.38 6.13 6.63 และ 5.88 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.68 ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .481$)

เมื่อพิจารณาการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส การใช้กะทิธัญพืชชนิด A ให้ผลดีในด้านลักษณะปรากฏและสี ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะความขุ่นเหลวของกะทิธัญพืชชนิด A มีความเข้มข้นสูงกว่ากะทิธัญพืชชนิด B เนื่องจากในส่วนผสมไม่มีส่วนประกอบจากน้ำกะทิ ซึ่งทำให้มีผลต่อหน้าขนมที่มีความเรียบเนียนมากกว่าการใช้กะทิธัญพืชชนิด B ในด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ พบว่าทั้ง 4 สูตร มีสีเหลืองอ่อนต่างจากขนมหม้อแกงไข่ทั่วไป ทั้งในส่วนหน้าขนมและตัวขนม แต่ในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่ากะทิธัญพืชชนิด B ให้คุณลักษณะที่ดีกว่า ทั้งนี้ลักษณะของกะทิธัญพืชชนิด B มีลักษณะคล้ายกะทิมะพร้าวกล่อง ไม่ข้นหนืดมาก กลิ่นและรสชาติค่อนข้างคล้ายคลึงกับกะทิมะพร้าวมากกว่า จึงเป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า และพบว่าการใช้กะทิธัญพืชในปริมาณร้อยละ 75 ของกะทิธัญพืชทั้ง 2 ชนิด ให้มีดีกว่ากะทิธัญพืชร้อยละ 100

จากการทดสอบดังกล่าวจะพบว่าการจัดปัจจัยการทดลองแบบ 2^2 Factorial นั้นทั้งชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนั้น จึงนำผลการทดลองของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืช ทั้ง 4 สูตร มาจัดการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้กะทิ
ธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวจัดการทดลองแบบ RCBD ทั้ง 4 สูตร

ลักษณะของ ผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1 75%(ชนิด A)	สูตรที่ 2 100%(ชนิด A)	สูตรที่ 3 75%(ชนิด B)	สูตรที่ 4 100%(ชนิด B)
ลักษณะปรากฏ	7.13±1.24	6.31±1.09	6.25±1.03	6.13±1.12
สี	7.13±0.99	6.75±1.28	6.13±0.99	6.25±1.03
กลิ่น	6.50±1.19	6.63±1.40	6.75±0.88	6.63±1.06
รสชาติ	6.50±1.30	6.75±1.28	7.00±0.75	6.25±0.88
เนื้อสัมผัส	5.88±1.35 ^b	6.06±1.47 ^b	7.13±0.35 ^a	6.25±0.70 ^b
ความชอบ โดยรวม	6.38±1.30	6.13±1.12	6.63±0.74	5.88±0.64

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .05

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New
Multiple Range Test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนในคุณลักษณะด้านต่างๆใน
แผนการทดลอง RCBD พบว่า

3.1.7 ความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่าสูตรที่ 1 ใช้กะทิธัญพืชชนิด A ทดแทน
ในปริมาณร้อยละ 75 ให้ผลที่ดีที่สุด คือ 7.13 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบ
ปานกลางโดยสูตร 2,3 และ 4 ได้คะแนนรองลงมาอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.31 6.25 และ
6.13 ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value =
.130)

3.1.8 ความชอบด้านสี พบว่าสูตรที่ 1 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด A ทดแทนในปริมาณ
ร้อยละ 75 ให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีดีที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง คือ 7.13
รองลงมาคือสูตรที่ 2 , 4 และ 3 ได้คะแนนรองลงมาอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.75 6.25 และ
6.13 ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (P-value =
.103)

3.1.9 ความชอบด้านกลิ่น พบว่าทั้ง 4 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.50 6.63 6.75 และ 6.63 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.75 แต่ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .854$)

3.1.10 ความชอบด้านรสชาติ พบว่าทั้ง 4 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.50 6.75 7.00 และ 6.25 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 7.00 แต่ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ($P\text{-value} = .332$)

3.1.11 ความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง คือ 7.13 รองลงมาคือสูตรที่ 4 2 และ 1 ตามลำดับ คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ คือ 6.25 6.06 และ 5.88 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างในด้านเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่ 3 มีความแตกต่างกับสูตรที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่เดียวกันพบว่าสูตรที่ 1 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .023$)

3.1.12 ความชอบโดยรวมพบว่า ทั้ง 4 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นในเกณฑ์ชอบ เล็กน้อย เรียงคะแนนตามลำดับสูตร คือ 6.38 6.13 6.63 และ 5.88 ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 3 ที่ใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.68 แต่ทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($P\text{-value} = .470$)

จากการทดลองพบว่ามีเพียงลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสเพียงด้านเดียวที่มีความแตกต่างของแต่ละสูตรในการทดแทนด้วยกะทิธัญพืช และสูตรที่ 3 ซึ่งใช้กะทิธัญพืชร้อยละ 75 มีคะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสสูงกว่าอีก 3 สูตร และสูตรที่ 1 ซึ่งใช้กะทิธัญพืชร้อยละ 75 เช่นกัน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและสีสูงกว่าอีก 3 สูตร ดังนั้นจึงสามารถทดแทนกะทิด้วยกะทิธัญพืชที่ร้อยละ 75 ส่วนด้านการใช้ชนิดของกะทิธัญพืชพบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งใช้กะทิธัญพืชชนิด B มีคะแนนเฉลี่ยในด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าอีก 3 สูตร ดังนั้นจึงใช้กะทิธัญพืชชนิด B ทดแทนกะทิที่ระดับร้อยละ 75 ในการทดลองต่อไป

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส

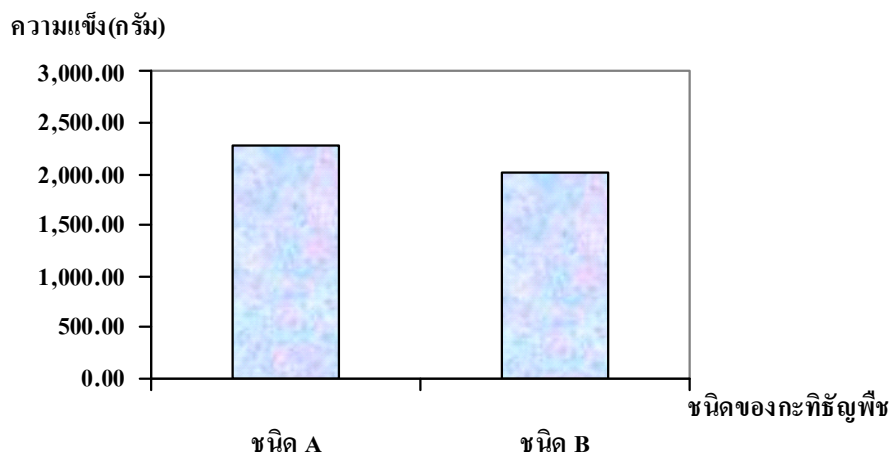
นำขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้ปริมาณและชนิดของกะทิชนิดพืชต่างกันทดแทนกะทิมะพร้าวทั้ง 4 สูตร มาวัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าแรงเกาะติดผิว (Adhesive force) และการเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ด้วยเครื่อง Texture กำหนดค่าพารามิเตอร์ของระยะทางที่กดหัววัดลงไปในตัวอย่าง 75% Strain และความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัด (Test Speed) 1.0 mm/sec. โดยผลการทดลองได้มาจากการทำการทดสอบทั้งสิ้นตัวอย่างละ 10 ซ้ำและทำการคัดเลือกมา 5 ซ้ำเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างโดยตัวอย่าง 5 ซ้ำที่เหลือเป็นการคัดออกของ ตัวอย่างที่มีค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และตัวอย่างที่มีความผิดพลาดการทดสอบวัดอีก 3 ซ้ำ ผลเป็นดัง ตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่ด้วยค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D. ใช้ปริมาณและชนิดของกะทิชนิดพืชทดแทนกะทิมะพร้าวใน 4 สูตร

สูตรที่	คุณภาพทางกายภาพ		
	ความแข็ง (กรัม)	ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม)	การเกาะตัวกัน
1 (75% ชนิด A)	2,366.38 $\pm$ 184.81	-135.43 $\pm$ 2.28	0.16 $\pm$ 0.01
2 (100% ชนิด A)	2,191.74 $\pm$ 324.76	-192.32 $\pm$ 11.42	0.26 $\pm$ 0.14
3 (75% ชนิด B)	1,957.92 $\pm$ 132.85	-187.81 $\pm$ 40.24	0.17 $\pm$ 0.04
4 (100% ชนิด B)	2,044.68 $\pm$ 100.93	-260.78 $\pm$ 18.60	0.15 $\pm$ 0.01

การศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงไข่ซึ่งใช้ปริมาณและชนิดของกะทิชนิดพืชต่างกันทดแทนกะทิมะพร้าวทั้ง 4 สูตร ในด้านความแข็งพบว่าสูตรที่ 1 ซึ่งใช้กะทิชนิด A ปริมาณร้อยละ 75 มีความแข็งมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 2,366.38 กรัม รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เท่ากับ 2,191.74 กรัม 2,044.68 กรัม และ 1,957.92 กรัม

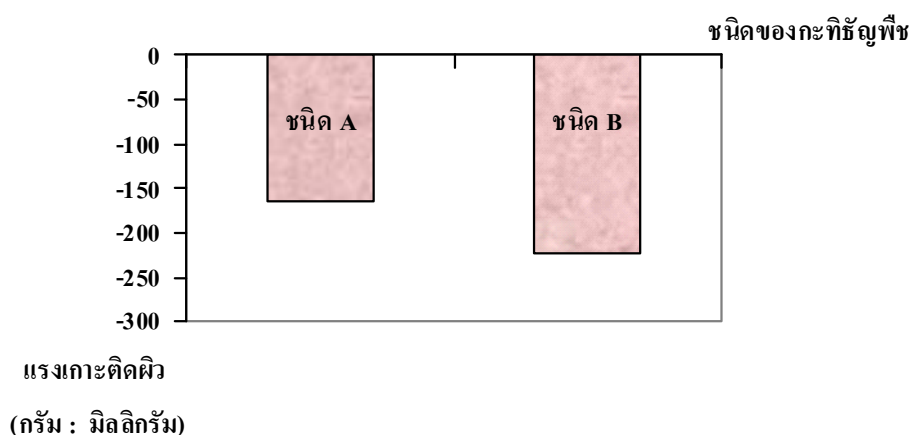
เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิชนิดพืช พบว่าชนิดของกะทิชนิดพืชที่ใช้มีผลต่อความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ปริมาณของกะทิชนิดพืชที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อความแข็ง และสำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของกะทิชนิดพืชที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยค่าความแข็ง (กรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดกัน

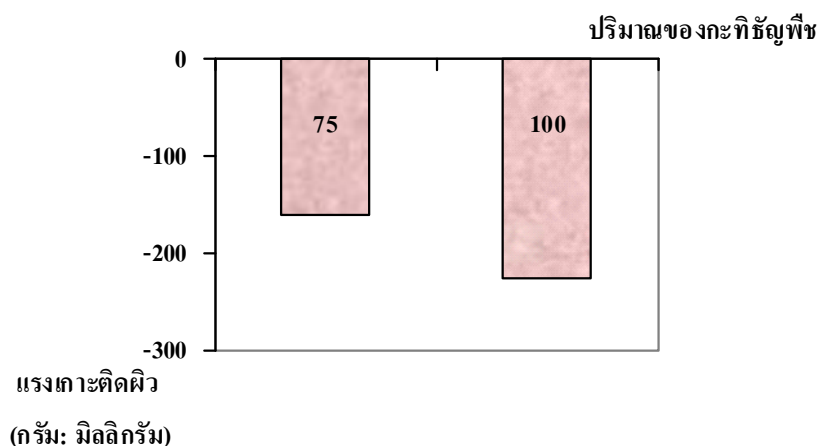
ชนิดของกะทิธัญพืชมีผลต่อความแข็ง (กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้กะทิธัญพืชชนิด A ขนมหม้อแกงไข่มีความแข็งกว่าการใช้กะทิธัญพืชชนิด B

พบว่าชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชที่ใช้มีผลต่อค่าแรงเกาะติดผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 8 และ 9 และสำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชต่างชนิดกัน

ชนิดของกะทิธัญพืชมีผลต่อค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่าการใช้กะทิธัญพืชชนิด A ทำให้ขนมหม้อแกงไข่มีการเกาะติดผิว มากกว่ากะทิธัญพืชชนิด B



ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืชในปริมาณที่ต่างกัน

ปริมาณของกะทิธัญพืชมีผลต่อค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าการใช้ปริมาณกะทิธัญพืชร้อยละ 75 ทำให้ขนมหม้อแกงไข่มีการเกาะติดผิวมากกว่าการใช้ปริมาณกะทิธัญพืชร้อยละ 100

เมื่อนำค่าการเกาะตัวกันของขนมหม้อแกงไข่มาพิจารณาพบว่าการใช้กะทิธัญพืชทั้ง 4 สูตรพบว่าสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.26 รองลงมาคือสูตรที่ 3 1 และ 4 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.17 0.16 และ 0.15 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิกรัม) ของขนมหม้อแกงไข่ทดแทนด้วยกะทิธัญพืช พบว่าชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชที่ใช้ไม่มีผลต่อค่าแรงเกาะติดผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของกะทิธัญพืชที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้กะทิธัญพืชชนิด B ในปริมาณร้อยละ 75 ให้ค่าความแข็งน้อยที่สุดใน 4 สูตร คือมีความนุ่มของเนื้อขนมมากกว่า และการใช้กะทิธัญพืชชนิด A ในปริมาณร้อยละ 75 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานมากที่สุด

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกวไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

จากการทดลองการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส และทดแทนกะทิมะพร้าวด้วยกะทิธัญพืชในขนมหม้อแกวไข่ พบว่าการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่ร้อยละ 40 และการใช้กะทิธัญพืชชนิด B ที่ร้อยละ 75 ให้คะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ดังนั้นจึงนำส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด ทำการทดลองโดยมีส่วนผสมเป็นดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ส่วนผสมในขนมหม้อแกวไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ไข่เป็ด	387
น้ำตาลมะพร้าว	129
สารให้ความหวานซูคราโลส	10.32
กะทิมะพร้าว	71
กะทิธัญพืช	214

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกวไข่จากการทดสอบสามารถใช้สารให้ความหวานซูคราโลสได้ในปริมาณร้อยละ 40 และการใช้กะทิธัญพืชชนิด B ในปริมาณร้อยละ 75 ซึ่งให้คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสดีที่สุดที่สุด มาผลิตเป็นขนมหม้อแกวไข่ ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า น้ำตาลทั้งหมด และกรดไขมันชนิดต่างๆ และวิเคราะห์พลังงานจากการคำนวณค่าพลังงานของปริมาณสารอาหารหลัก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตพบว่า จากปริมาณขนมหม้อแกวไข่ 100 กรัม ให้พลังงาน 316.06 กิโลแคลอรี ความชื้น 48.86 กรัม โปรตีน 6.92 กรัม ไขมัน 21.62 กรัม คาร์โบไฮเดรต 23.45 กรัม เถ้า 1.15 กรัม น้ำตาลทั้งหมด 22.70 กรัม และเมื่อวิเคราะห์กรดไขมันชนิดต่างๆ พบว่ามีกรดไขมันอิ่มตัว 17.20 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง 4.42 กรัม และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง 0.05 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75 ในปริมาณ 100

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม)	59.60
โปรตีน (กรัม)	7.69
ไขมัน (กรัม)	14.21
กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม)	7.27
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรัม)	9.64
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (กรัม)	4.97
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (กรัม)	1.97
Trans fat	0.02
เถ้า (กรัม)	0.91
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	17.59
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	14.64
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	229.01

ในด้านคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชพบว่า มีค่าความแข็ง 2,501.166 กรัม ค่าแรงเกาะติดผิว-152.568 กรัม: มิลลิเมตร และค่าการเกาะตัวกันเท่ากับ 0.167 มีค่า water activity เท่ากับ 1.000 ในด้านค่าสี พบว่ามีค่า L* ซึ่งแสดงค่าความสว่าง 40.42 ค่า a* ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียวเท่ากับ 44.35 และค่า b* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลืองถึงสีฟ้าเท่ากับ 34.56 ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 คุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชชนิด B ร้อยละ 75

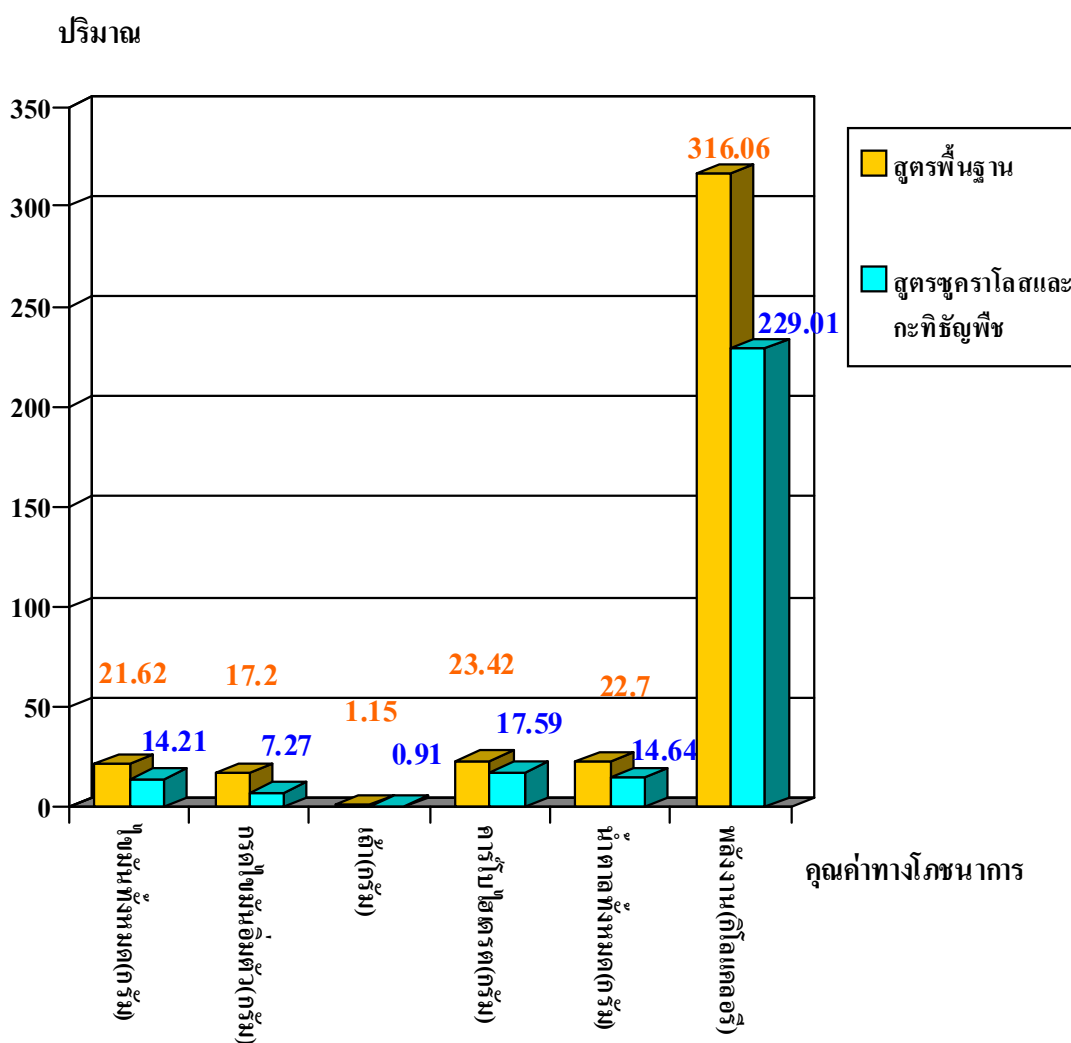
คุณภาพทางกายภาพ	ค่าที่วัดได้
ความแข็ง (กรัม)	2,501.16
ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิเมตร)	-152.56
การเกาะตัวกัน	0.16
ค่า a_w	1.00
ค่าสี L^*	40.42
a^*	44.35
b^*	34.56

พิจารณาค่าทางโภชนาการด้านต่างๆของขนมหม้อแกงไข่ทั้งสองแบบ ได้ตารางที่ 24

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่ทั้ง

คุณค่าทางโภชนาการ	หม้อแกงไข่ สูตรพื้นฐาน	หม้อแกงไข่กะทิ ธัญพืช-ซูคราโลส	ความแตกต่าง
ความชื้น (กรัม)	48.86	59.60	เพิ่ม 21.98%
โปรตีน (กรัม)	6.92	7.69	เพิ่ม 11.13%
ไขมัน (กรัม)	21.62	14.21	ลด 34.27%
กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม)	17.20	7.27	ลด 57.73%
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรัม)	4.42	9.64	เพิ่ม 118.10%
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (กรัม)	3.89	4.97	เพิ่ม 27.76%
กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (กรัม)	0.53	1.97	เพิ่ม 271.70%
Trans fat (กรัม)	0.02	0.02	0
เถ้า (กรัม)	1.15	0.91	ลด 20.87%
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	23.45	17.59	ลด 24.99%
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	22.70	14.64	ลด 35.51%
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	316.06	229.01	ลด 27.52%

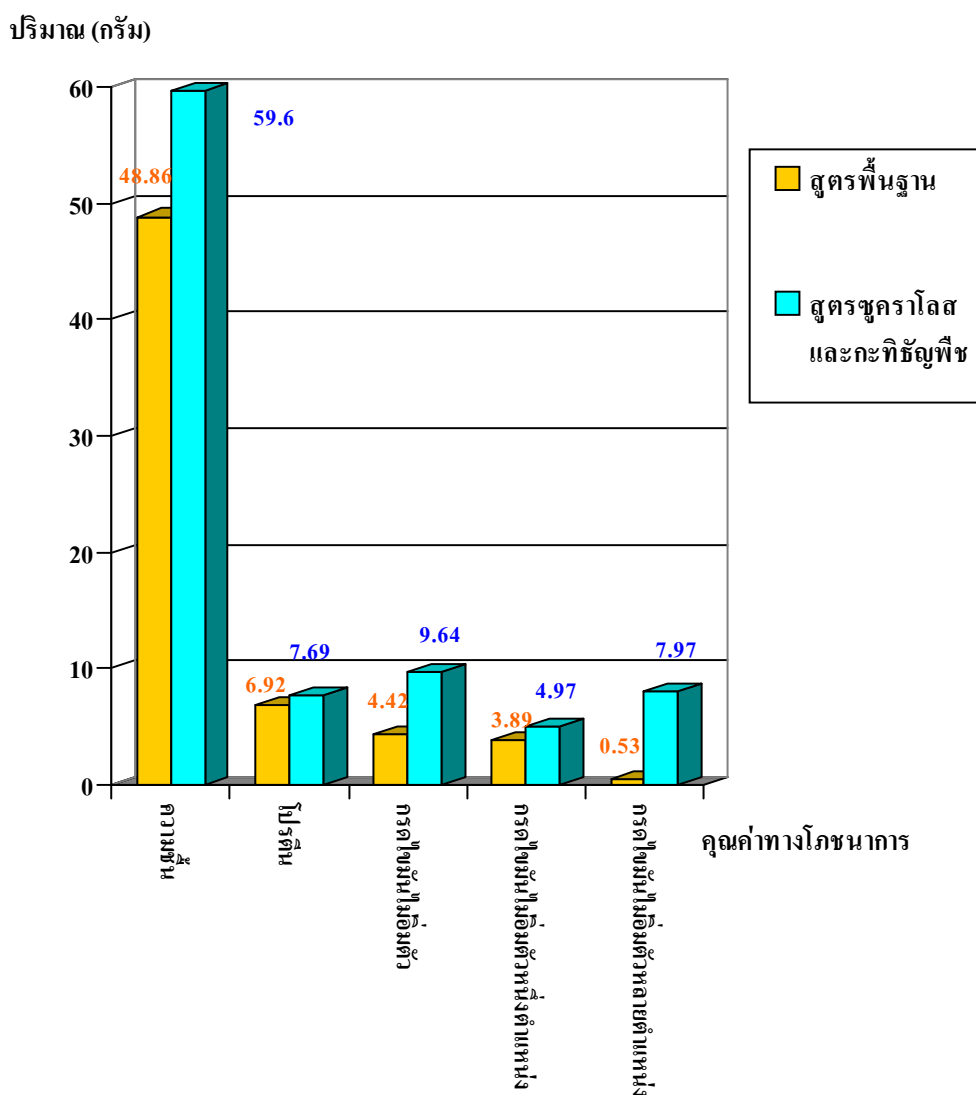
พิจารณาการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานชูคราโลสที่ระดับร้อยละ 40 ของปริมาณน้ำตาลมะพร้าว และกะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 75 ของปริมาณกะทิทั้งหมด เปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน พบว่าขนมหม้อแกงไข่สูตรที่พัฒนามีไขมันทั้งหมดลดลง 34.27% กรดไขมันอิ่มตัวลดลง 57.73% เกลือลดลง 20.87% คาร์โบไฮเดรตลดลง 24.99% น้ำตาลทั้งหมดลดลง 35.51% และพลังงานลดลง 27.52%



ภาพที่ 10 คุณค่าทางโภชนาการที่ลดลงของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

ในการวิเคราะห์พบว่ามีความชื้น เพิ่มขึ้น 21.98% โปรตีนเพิ่มขึ้น 11.13% กรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น 118.10% กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง เพิ่มขึ้น 27.76% กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลาย

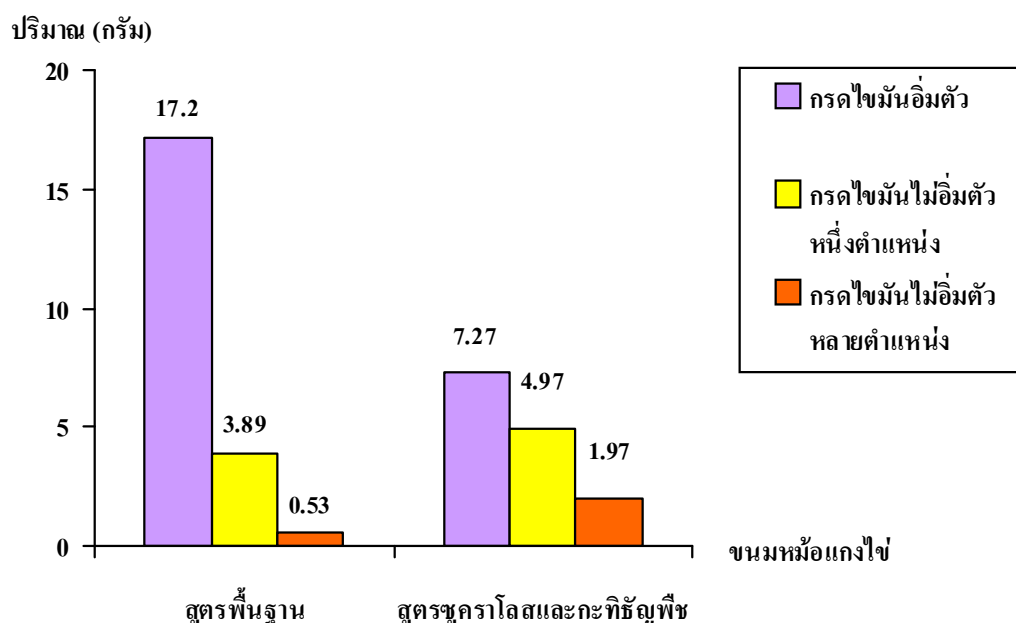
ตำแหน่ง 271.70% การพบโปรตีนเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากในกะทิธัญพืชมีส่วนผสมของโปรตีนจากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ปริมาณโปรตีนในขนมหม้อแกงเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 11 คุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง พบว่าขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานมีสัดส่วน 32 : 7.3 : 1 โดยมีกรดไขมันอิ่มตัวที่สูงมาก แต่ในขนมหม้อแกงไข่ที่พัฒนามีสัดส่วน 3.7 : 2.5 : 1 ซึ่งมีแนวโน้มสัดส่วนที่ใกล้เคียงที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ คือประมาณ 1 : 1 : 1 จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพ

และการวิจัยอาหารไขมันกับสุขภาพที่ดีของหัวใจ พบว่าการรับประทานกรดไขมันในสัดส่วนที่แนะนำช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจได้ (KC Hayes, 2002)



ภาพที่ 12 สัดส่วนกรดไขมันชนิดต่างๆของขนมหม้อแกงไข่ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

เมื่อพิจารณาคูณลักษณะทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานและขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ผลเป็นดังตารางที่ 25 พบว่าในขนมหม้อแกงไข่พัฒนาที่มีความแข็งมากกว่าสูตรพื้นฐาน ในด้านค่าแรงเกาะติดผิวและการเกาะตัวกันมีค่าน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน ส่วนค่าสีพบว่าขนมหม้อแกงไข่ที่พัฒนามีค่า L^* ค่า a^* และ ค่า b ซึ่งทั้งหมดที่ค่าสูงกว่าสูตรพื้นฐาน คือขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชมีสีเหลืองอ่อนและมีความสว่างมากกว่า ต่างจากขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่มีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากสีน้ำตาลของหน้าขนมหม้อแกงไข่เกิดจากปฏิกิริยา Maillard reaction ซึ่งเกิดจาก reducing sugar ได้แก่ กลูโคส หรือ ฟรุคโทส ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้มีสี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหาร (Labuza, Warren and Warmbier, 1977) ดังนั้นเมื่อปรับสัดส่วนของวัตถุดิบในขนมหม้อแกงไข่นั้นคือการทดแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชทำให้ขนมหม้อแกงไข่ที่ได้มีสีที่อ่อนลง มีกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างจากขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานได้ ดังภาพที่ 13 และ 14

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของขนมหม้อแกงไข่

คุณภาพทางกายภาพ	หม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน	หม้อแกงไข่กะทิ ธัญพืช-ซูคราโลส
ความแข็ง (กรัม)	2,373.73	2,501.166
ค่าแรงเกาะติดผิว (กรัม:มิลลิเมตร)	-221.988	-152.568
การเกาะตัวกัน	0.184	0.167
ค่า a_w	1.000	1.000
ค่าสี L^*	1.16	40.42
a^*	7.39	44.35
b^*	1.75	34.56



ภาพที่ 13 ขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน



ภาพที่ 14 ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

5. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสที่ร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชที่ร้อยละ 75 ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน ณ สำนักงานเขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร ได้ผลดังตารางที่ 26 โดยขนมหม้อแกงไข่ในการทดสอบการยอมรับต่อ 1 ชิ้น บรรจุกล่องพลาสติกขนาดเล็ก น้ำหนัก 35 กรัมต่อชิ้น



ภาพที่ 15 ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชในการทดสอบการยอมรับผู้บริโภค

ตารางที่ 26 ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค

ข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	37	37
หญิง	63	63
อายุ (ปี)		
ไม่เกิน 20	3	3
21 – 25	13	13
26 – 30	6	6
31 – 35	13	13
36 – 40	19	19
มากกว่า 41	46	46
การศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	5	5
มัธยมศึกษา	18	18
อนุปริญญา (ปวช. / ปวส.)	31	31
ปริญญาตรี	40	40
สูงกว่าปริญญาตรี	6	6
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)		
น้อยกว่า 10,000	36	36
10,001 – 15,000	22	22
15,001 – 20,000	17	17
20,001 – 25,000	10	10
25,001 – 30,000	7	7
สูงกว่า 30,000	8	8

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อาชีพ		
นักเรียน / นักศึกษา	10	10
ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	81	81
พนักงานบริษัทเอกชน	2	2
รับจ้าง	7	7
ผู้บริโภคทั้งหมด	100	

ผู้บริโภคเป็นชายร้อยละ 37 เป็นหญิงร้อยละ 63 โดยมีอายุไม่เกิน 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 3 อยู่ในวัย 21- 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 13 อยู่ในวัย 26 – 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 6 อยู่ในวัย 31- 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 13 อยู่ในวัย 36 – 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 19 และอายุมากกว่า 41 ปี คิดเป็นร้อยละ 46 ในด้านการศึกษาระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 5 ระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 18 ระดับอนุปริญญา คิดเป็นร้อยละ 31 ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับสูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 6 ส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือน น้อยกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 36 รายได้อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22 รายได้อยู่ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 17 รายได้อยู่ในช่วง 20,001 – 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 10 รายได้อยู่ในช่วง 25,001 – 30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 7 รายได้สูงกว่า 30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 8 เป็นนักเรียนและนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 10 ข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 81 พนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 2 และประกอบอาชีพรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 7

ตารางที่ 27 คะแนนเฉลี่ยความชอบขนมหม้อแกว้จากสารให้ความชุ่มชื้นและกะทิธัญพืช

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ภาชนะบรรจุ	7.56±1.07
สี	7.76±1.00
กลิ่น	7.79±1.03
รสชาติ	8.00±0.86
ความนุ่ม (เนื้อสัมผัส)	8.14±0.75
ความเนียนของเนื้อขนม	8.14±0.75
ความชอบโดยรวม	8.10±0.82

ตารางที่ 28 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเกี่ยวกับขนมหม้อแกว้ดัดแปลงงาน

ปัจจัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์		
ยอมรับ	100	100
เหตุผลในการยอมรับผลิตภัณฑ์		
รสชาติดี มีความอร่อย	47	47
มีประโยชน์ต่อร่างกาย	53	53
การตัดสินใจซื้อ		
ซื้อ	93	93
ไม่ซื้อ	7	7
การยอมรับภาชนะบรรจุ		
ยอมรับ	94	94
ไม่ยอมรับ	6	6
ราคา(ต่อ 35 กรัมและภาชนะบรรจุ)		
ต่ำกว่า 10 บาท	41	41
10 บาท	47	47
15 บาท	6	6
สูงกว่า 15 บาท	6	6

ในด้านคะแนนเฉลี่ยความชอบของขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ในตารางที่ 27 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 7.79 ความชอบด้านสีเท่ากับ 7.76 และภาชนะบรรจุเท่ากับ 7.56 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับความชอบปานกลาง ส่วนในความชอบด้านรสชาติในเท่ากับ 8.00 ความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.00 ความชอบด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 8.14 และด้านความเนียนของเนื้อขนมเท่ากับ 8.14 โดยอยู่ในเกณฑ์ระดับความชอบมาก

การศึกษายอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ในตารางที่ 30 พบว่ามีผู้บริโภคการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 93 และไม่ซื้อร้อยละ 7 เหตุผลในการยอมรับผลิตภัณฑ์ คือ มีรสชาติดี และมีความอร่อย คิดเป็นร้อยละ 47 และมีประโยชน์ต่อร่างกาย คิดเป็นร้อยละ 53 มีการยอมรับภาชนะบรรจุ ร้อยละ 94 และไม่ยอมรับร้อยละ 6 ส่วน ความต้องการในด้านราคาของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช พบว่าผู้บริโภคให้ราคาประมาณ 10 บาทต่อหนึ่งชิ้น คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมาคือราคาต่ำกว่า 10 บาทต่อหนึ่งชิ้น คิดเป็นร้อยละ 41

ในด้านข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหวานไทยลดพลังงาน พบว่ามีผู้ที่ไม่เคยบริโภคขนมหวานไทยพลังงานต่ำคิดเป็นร้อยละ 96 และเคยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 4 โดยประเภทขนมไทยพลังงานต่ำที่เคยรับประทานมีดังนี้

ประเภทกวน ได้แก่ ขนมเปียกปูน ขนมตะโก้ และลูกชุบ
 ประเภทต้มในน้ำเชื่อม ได้แก่ ขนมไข่แมงดาและเม็ดยุน
 ประเภทน้ำกะทิ ได้แก่ ลอดช่อง
 ประเภทหนึ่ง ได้แก่ สังขยา
 ประเภทต้ม ได้แก่ วุ้นกะทิ
 ประเภทอบและผิง ได้แก่ ขนมหม้อแกง
 ประเภททอด ได้แก่ ครอบครองกรอบ

โดยสถานที่ในการซื้อ คือ ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ และตลาดจตุจักร ปัญหาที่พบในการรับประทานขนมหวานไทยลดพลังงาน คือ หาซื้อยาก ผลิตภัณฑ์ไม่หลากหลาย ราคาแพง และรสชาติไม่อร่อย

ตารางที่ 29 ข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับขนมหวานไทยลดพลังงาน

ความคิดเห็นของผู้บริโภค	คะแนน
ด้านราคาของขนมไทยพลังงานต่ำกับขนมไทยปกติ	
ต่ำกว่าเดิม	16
เท่าเดิม	42
สูงกว่าเดิม	34
อื่นๆ	8
ด้านลักษณะของขนมไทยพลังงานต่ำ	
มีกลิ่นหอม	68
เนื้อสัมผัสนุ่มและเนียน	78
รสชาติเข้มข้น	46
เนื้อสัมผัสชุ่มชื้นและมีความฉ่ำ	31
ไม่หวานจัด	80

ในด้านลักษณะของขนมไทยพลังงานต่ำ ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อรสชาติไม่หวานจัดมากที่สุด รองลงมาคือ เนื้อสัมผัสนุ่มและ เนียน มีกลิ่นหอม รสชาติเข้มข้น และเนื้อสัมผัสชุ่มชื้น และมีความฉ่ำตามลำดับ

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะกลุ่มตัวอย่างกับปัจจัยความชอบด้านลักษณะบรรจุ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม (เนื้อสัมผัส) ความเนียนของเนื้อขนม และความชอบโดยรวม ดังตารางที่ 30 จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนด้านความชอบในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงไข่ระหว่างเพศของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าปัจจัยด้านเพศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ โดยพบว่าส่วนใหญ่เพศหญิงให้คะแนนความชอบมากกว่าเพศชาย

ตารางที่ 30 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยเพศของกลุ่มตัวอย่าง

ความชอบ	เพศ		T-test	P-value
	ชาย	หญิง		
ภาชนะบรรจุ	7.35	7.68	-1.495	0.955
สี	7.73	7.78	-0.229	0.501
กลิ่น	7.68	7.86	-0.843	0.428
รสชาติ	7.97	8.02	-0.238	0.611
ความนุ่ม	8.14	8.14	-0.049	0.058
ความเนียน	7.89	8.22	-1.967	0.982
ความชอบโดยรวม	7.89	7.99	-0.318	0.330

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างในด้านอายุกับปัจจัยด้านความชอบในตารางที่ 31 พบว่าช่วงอายุมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ พบว่าผู้ที่มีอายุมากให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย โดยช่วงอายุ 36 – 40 ปี มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ อายุมากกว่า 40 ปี 31 – 35 ปี 26 – 30 ปี น้อยกว่า 20 ปี และ 21 – 25 ปี ตามลำดับ

ส่วนด้านอายุพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านรสชาติ พบว่าผู้ที่มีอายุมากให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย โดยในช่วงอายุ 36 – 40 ปี มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ 26 – 30 ปี มากกว่า 40 ปี 21 – 25 ปี 31 – 35 ปี และน้อยกว่า 20 ปี ตามลำดับ

และในด้านอายุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ที่มีอายุมากให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย โดยผู้ที่มีอายุ 36 – 40 ปี และ 31 – 35 ปี มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ อายุมากกว่า 40 ปี 21 – 25 ปี 26 – 30 ปี และ น้อยกว่า 20 ปี ตามลำดับ

ตารางที่ 31 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยอายุของกลุ่มตัวอย่าง

ความชอบ	คะแนนเฉลี่ย						F - test	P-value
	< 20 ปี	21 – 25 ปี	26 – 30 ปี	31 – 35 ปี	36 – 40 ปี	> 40 ปี		
ภาชนะบรรจุ	6.67	6.92	7.50	7.69	8.00	7.59	2.122	0.069
สี	7.00 ^{bc}	6.85 ^c	7.33 ^{abc}	7.92 ^{ab}	8.11 ^a	7.93 ^{ab}	4.031	0.002 *
กลิ่น	6.33	7.54	7.33	7.77	8.21	7.85	2.376	0.045
รสชาติ	6.33 ^b	7.85 ^a	8.17 ^a	7.46 ^a	8.26 ^a	8.17 ^a	4.894	0.001 *
ความนุ่ม	7.33	8.08	8.33	8.08	8.37	8.11	1.183	0.324
ความเนียน	7.67	8.15	7.67	8.08	8.16	8.15	0.556	0.734
ความชอบรวม	6.33 ^b	7.85 ^a	7.50 ^a	8.32 ^a	8.32 ^a	8.00 ^a	3.274	0.009 *

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างในด้านระดับการศึกษา กับปัจจัยความชอบในตารางที่ 32 พบว่าในด้านระดับการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ พบว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาน้อยกว่าให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาสูง โดยผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาน้อยกว่ามัธยมศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ มัธยมศึกษา ปริญญาตรี อนุปริญญา และ มากกว่าปริญญาตรี ตามลำดับ

ส่วนปัจจัยความชอบด้านอื่นๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม (เนื้อสัมผัส) ความเนียนของเนื้อขนม และความชอบโดยรวม พบว่าระดับการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่

ตารางที่ 32 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยระดับการศึกษา
ของกลุ่มตัวอย่าง

ความชอบ	คะแนนเฉลี่ย					F – test	P-value
	< มัธยม	มัธยม	อนุ- ปริญญา	ปริญญา ตรี	> ปริญญา ตรี		
ภาชนะบรรจุ	8.20 ^a	7.83 ^a	7.39 ^a	7.68 ^a	6.33 ^b	3.271	0.015 *
สี	8.60	8.00	7.71	7.63	7.50	1.453	0.223
กลิ่น	8.40	7.78	7.68	7.73	8.33	0.973	0.426
รสชาติ	8.60	7.83	8.00	7.95	8.33	1.027	0.398
ความนุ่ม	8.60	8.06	8.13	8.15	8.00	0.569	0.686
ความเหนียว	8.20	8.06	8.13	8.10	8.00	0.061	0.993
ชอบโดยรวม	8.40	7.89	7.77	7.98	8.17	0.682	0.606

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างในด้านรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างกับปัจจัยความชอบในตารางที่ 33 พบว่ารายได้ต่อเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ โดยผู้มีรายได้ค่อนข้างสูงให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำซึ่งผู้บริโภคที่มีรายได้ 25,001 – 30,000 บาท มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ 20,001 – 25,000 บาท และคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือผู้มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาท

รายได้ต่อเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ พบว่าผู้มีรายได้สูงให้คะแนนเฉลี่ยความชอบมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำ โดยผู้บริโภคที่มีรายได้มากกว่า 30,000 บาท มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ 25,001 – 30,000 บาท และคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีผู้รายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท

ส่วนรายได้ต่อเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านรสชาติ พบว่าผู้มีรายได้สูงให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำ โดยผู้บริโภคที่มีรายได้

มากกว่า 30,000 บาท มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ 25,001 – 30,000 บาท และคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีผู้รายได้น้อยกว่า 10,000 บาท

รายได้ต่อเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านความเนียน (เนื้อสัมผัส) พบว่าผู้ที่มีรายได้สูงให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีรายได้ต่ำ โดยผู้บริโภคที่มีรายได้ มากกว่า 30,000 บาท มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ 25,001 – 30,000 บาท และคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีผู้รายได้น้อยกว่า 10,000 บาท

ในด้านรายได้ต่อเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ พบว่าผู้ที่มีรายได้สูงให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้ที่มีรายได้ต่ำ โดยผู้บริโภคที่มีรายได้ 35,001 – 40,000 บาท คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ 25,001 – 30,000 บาท และคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีผู้รายได้น้อยกว่า 10,000 บาท

ตารางที่ 33 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่าง

ความชอบ	คะแนนเฉลี่ย						F-test	P-value
	<10,000	10,001 -	15,001 -	20,001 -	25,001 -	>30,000		
	บ.	15,000บ.	20,000บ.	25,000บ.	30,000บ.	บ.		
ภาชนะบรรจุ	7.22	7.77	7.76	7.30	8.43	7.63	2.158	0.065
สี	7.28 ^b	7.86 ^{ab}	8.06 ^{ab}	8.20 ^a	8.29 ^a	8.00 ^{ab}	3.168	0.011 *
กลิ่น	7.36 ^b	7.77 ^{ab}	7.94 ^{ab}	8.10 ^{ab}	8.29 ^a	8.63 ^a	3.145	0.011 *
รสชาติ	7.58 ^c	7.91 ^{bc}	8.29 ^{ab}	8.30 ^{ab}	8.43 ^{ab}	8.75 ^a	4.616	0.001 *
ความนุ่ม	7.94	7.95	8.47	8.20	8.43	8.50	2.107	0.071
ความเนียน	7.81 ^b	7.86 ^b	8.47 ^{ab}	8.30 ^{ab}	8.57 ^a	8.63 ^a	3.631	0.005 *
ชอบโดยรวม	7.50 ^b	7.91 ^{ab}	8.24 ^{ab}	8.10 ^{ab}	8.57 ^a	8.50 ^a	3.848	0.003 *

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างในด้านอาชีพของกลุ่มตัวอย่างกับปัจจัยด้านความชอบ ในตารางที่ 34 พบว่า อาชีพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 ต่อสีของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ โดยพบว่าผู้ประกอบการอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าราชการรัฐวิสาหกิจ รับจ้าง และนักเรียนนักศึกษา ตามลำดับ

ด้านอาชีพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านรสชาติ โดยพบว่าผู้ประกอบการอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าราชการรัฐวิสาหกิจ รับจ้าง และนักเรียนนักศึกษา ตามลำดับ

อาชีพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงไข่ โดยพบว่าผู้ประกอบการอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ รับจ้าง ข้าราชการรัฐวิสาหกิจ และนักเรียนนักศึกษา ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ด้านอาชีพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อความชอบด้านภาชนะบรรจุ กลิ่น ความนุ่ม (เนื้อสัมผัส) และความนิยมของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างปัจจัยอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง

ความชอบ	คะแนนเฉลี่ย				F – test	P-value
	นักเรียน/ นักศึกษา	ข้าราชการ/ รัฐวิสาหกิจ	พนักงาน บริษัทเอกชน	รับจ้าง		
ภาชนะบรรจุ	6.90	7.63	8.50	7.43	1.966	0.124
สี	6.90 ^b	7.91 ^{ab}	8.50 ^a	7.00 ^b	5.388	0.002 *
กลิ่น	7.10	7.84	9.00	7.86	2.568	0.059
รสชาติ	7.50 ^b	8.09 ^{ab}	9.00 ^a	7.43 ^b	3.551	0.017 *
ความนุ่ม	8.00	8.16	9.00	7.86	1.350	0.263
ความนิยม	8.00	8.09	9.00	8.14	0.857	0.466
ชอบโดยรวม	7.30 ^b	7.96 ^{ab}	9.00 ^a	8.14 ^{ab}	2.812	0.043 *

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่าปัจจัยด้านรายได้ของกลุ่มผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบในด้านต่างๆมากที่สุด ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน และความชอบโดยรวม โดยผู้มีรายได้สูงมีแนวโน้มให้คะแนนความชอบในระดับมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำ และพบว่าปัจจัยด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างผู้บริโภค ได้แก่ อายุ รายได้ และอาชีพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่าผู้มีอายุมากให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้มีอายุน้อย และกลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้สูงให้คะแนนความชอบมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำ ดังนั้นควรมีการเจาะกลุ่มผู้บริโภค โดยอาจนำผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไปทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีความต้องการอาหารลดพลังงาน ผู้มีแนวโน้มเป็นโรคอ้วน โรคเบาหวาน เป็นต้น เพื่อเป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ขนมไทยลดพลังงานให้แก่ผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

6. การวิเคราะห์ Binary Logistic Regression

6.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

โดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม คือ การซื้อผลิตภัณฑ์ (ซื้อ และ ไม่ซื้อ) กับตัวแปรอิสระ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างผู้บริโภค ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ การศึกษา อายุ และคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ สร้างแบบจำลองทำนายผลการตัดสินใจซื้อของขนมหม้อแกงลดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานและกะทิธัญพืช เพื่อนำผลการถดถอยที่ได้ไปพยากรณ์โอกาสการซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชที่ได้

จากการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะภาชนะบรรจุ สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน ความนุ่ม และความชอบรวม พบว่าคุณลักษณะดังกล่าวมีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) แสดงดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรปัจจัยด้านความชอบของขนมหม้อแกงไข่

ปัจจัย	ภาษา	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความเนียน	ความนุ่ม	ชอบรวม
ภาษา	1.000	.588**	.530**	.375**	.355**	.463**	.545**
สี	.588**	1.000	.576**	.425**	.519**	.509**	.501**
กลิ่น	.530**	.576**	1.000	.659**	.403**	.497**	.612**
รสชาติ	.375**	.425**	.659**	1.000	.512**	.501**	.645**
ความเนียน	.355**	.519**	.403**	.512**	1.000	.704**	.535**
ความนุ่ม	.463**	.509**	.497**	.501**	.704**	1.000	.680**
ชอบรวม	.545**	.501**	.612**	.645**	.535**	.680**	1.000

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าตั้งแต่ 0.425 - 0.704 โดยปัจจัยความชอบในด้านสีและรสชาติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำสุดเท่ากับ 0.425 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนปัจจัยความชอบด้านความเนียนและความนุ่ม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดเท่ากับ 0.704 รองลงมาคือปัจจัยความชอบในด้านความนุ่มและความชอบโดยรวม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.680 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 จากข้อมูลข้างต้น เพื่อนำข้อมูลด้านปัจจัยความชอบมาวิเคราะห์ Logistic Regression จึงคัดเลือกปัจจัยความชอบด้านความนุ่ม และความชอบโดยรวมออก

6.2 การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกแบบทวิ (Binary Logistic Regression)

การวิเคราะห์ส่วนนี้ได้ทำการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยทำการทดสอบความเหมาะสมของโมเดล ความเหมาะสมของตัวแปรปัจจัย และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อขนมหม้อแกงไข่ ดังนี้

6.2.1 ความถูกต้องของการทำนายผลการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการทำนายผลตัวแปร จากการสำรวจพบว่าการตัดสินใจเลือกซื้อขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชของผู้บริโภคในความเป็นจริงเป็นร้อยละ 93 ในขณะที่ผลการทำนายพบว่ามีผู้บริโภคซื้อคิดเป็นร้อยละ 100 และในการตัดสินใจไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในความเป็นจริงคิดเป็นร้อยละ 7 แต่ผลการทำนายพบว่ามีผู้บริโภคตัดสินใจไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละ 0 และจากการทำนายผลตัวแปรพบว่ามี ความถูกต้องของการทำนายผลการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช คิดเป็นร้อยละ 93

6.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่อัดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช กับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มผู้บริโภคและคะแนนเฉลี่ยความชอบ ด้วยเทคนิค binary logistic regression โดยตัวแปรนำเข้าประกอบด้วย ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ การศึกษา อายุ และคะแนนความชอบด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช ได้แก่ ภาชนะบรรจุ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม ทำการคัดเลือกตัวแปรเข้าตัวแบบด้วยวิธี Forward Stepwise ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าไม่มีข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภคที่มีผลต่อการเลือกซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านคะแนนความชอบพบว่ามีเพียงตัวแปรเดียว คือ ความชอบด้านรสชาติที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (β) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย โลจิสติก (S.E.) ค่าความเป็นต่อของการเกิดเหตุการณ์ซื้อเทียบกับไม่ซื้อพิจารณาจาก ODD Ratio = $\text{Exp}(\beta)$ และการทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วย Wald Statistics ได้ผลดังรายละเอียดใน ตารางที่ 36 และได้ตัวแบบการถดถอยโลจิสติกเพื่อใช้พยากรณ์โอกาสที่จะซื้อขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

สมการตัวแบบ

$$\log_e \left[\frac{P}{1-P} \right] = -8.425 + 1.461(\text{คะแนนด้านรสชาติ})$$

การแปลผล

$$\begin{aligned} \text{ODD Ratio} &= e^{1.461} \\ &= 4.309 \end{aligned}$$

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์โลจิสติกในการอธิบายผลการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

ตัวแปร	B	S.E.	Wald.	df.	Sig.	Exp(B)
ปัจจัย						
ด้านรสชาติ	1.461	.521	7.850	1	0.005	4.309
ค่าคงที่	-8.425	3.748	5.054	1	.025	.000

จากการวิเคราะห์พบว่ามีเพียงปัจจัยความชอบด้านรสชาติเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานและกะทิธัญพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก และค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ $\text{Exp}(\beta) = 4.309$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยโลจิสติก (β) เท่ากับ 1.461 จากโมเดลข้างต้นพบว่าทุกๆ 1 คะแนนที่เพิ่มขึ้นของปัจจัยด้านรสชาติ ผู้บริโภคมีโอกาสจะซื้อขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชเพิ่มขึ้นเป็น 4.3 เท่า

7. การศึกษาต้นทุนในการผลิต

การศึกษาคำนวณต้นทุน กำไร เพื่อนำขณมออกขาย ผู้ผลิตต้องนำราคาทุนของวัสดุที่นำมาผลิต พร้อมทั้งค่าเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน ตลอดจนค่าสึกหรอของเครื่องมือเครื่องใช้ ซึ่งเป็นค่าต้นทุนด้านอื่นๆ มารวมกันแล้วจึงตั้งราคาขาย โดยบวกกำไรจากต้นทุนประมาณ 30-50 % แล้วจึงกำหนดราคาขายต่อชิ้น (ครุณี, 2549) โดยมีค่าใช้จ่ายในการผลิตดังนี้

ค่าวัตถุดิบ หมายถึง ค่าใช้จ่ายหลักของสินค้าที่ผลิต ต้นทุนส่วนใหญ่ของสินค้าเป็นค่าวัตถุดิบ เช่น ค่าวัตถุดิบของขนม ได้แก่ ค่าแป้ง ไข่ นม น้ำตาลและอื่นๆ ตามสูตรของขนมชนิดนั้นๆ

ค่าแรงงาน หมายถึง เงินเดือนหรือค่าแรงที่จ่ายให้แก่คนงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตขนมโดยตรง เช่น พนักงานชั่งวัตถุดิบ พนักงานผสม พนักงานคุมเครื่อง

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตนอกเหนือจากค่าวัตถุดิบและค่าแรงงาน เช่น ค่าเช่าอาคาร ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแก๊ส และของใช้สิ้นเปลืองต่าง ๆ เช่น ค่าผงซักฟอกสำหรับทำความสะอาด รวมทั้งค่าแรงทางอ้อมด้วย

วิธีการคำนวณราคาของขนมหม้อแกงไข่

การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบผลิตภัณฑ์อาหารจากต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของขนมหม้อแกงไข่ คือ

$$= \frac{\text{ต้นทุนขนมหม้อแกงไข่}}{\text{จำนวนชิ้นของขนมหม้อแกงที่สำเร็จ}}$$

7.1 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบขนมหม้อแกงไข่

ในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ จำนวน 24 ชิ้น หนักชิ้นละ 35 กรัม ต้องใช้วัตถุดิบซึ่งคิดเป็นต้นทุน ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	ปริมาณ(กรัม)	ราคา: หน่วย(บาท)	จำนวนเงิน(บาท)
ไข่เป็ด	387 (6 ฟอง)	4.00	24.00
กะทิมะพร้าว	285	34.00	9.69
น้ำตาลมะพร้าว	215	35.00	7.53
หอมแดง	17	45.00	0.77
น้ำมันพืช	10	55.00	0.55
รวมเป็นเงิน			42.54

การคำนวณต้นทุนขนมหม้อแกงไข่ จำนวน 24 ชิ้น จากต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของขนมหม้อแกงไข่ คือ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ต้นทุนขนมหม้อแกงไข่}}{\text{จำนวนชิ้นของขนมหม้อแกงที่สำเร็จ}} \\
 &= \frac{42.54}{24} \\
 &= 1.77 \text{ บาท / ชิ้น}
 \end{aligned}$$

7.2 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบขนมหม้อแกงไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลส

ในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลส จำนวน 22 ชิ้น หนักชิ้นละ 35 กรัม ต้องใช้วัตถุดิบซึ่งคิดเป็นต้นทุน ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40

วัตถุดิบ	ปริมาณ(กรัม)	ราคา:หน่วย(บาท)	จำนวนเงิน(บาท)
ไข่เป็ด	387 (6 ฟอง)	4.00	24.00
กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่องUHT	285	14.00	15.96
สารให้ความหวานซูคราโลส	10.32	150.00	17.23
น้ำตาลมะพร้าว	129	35.00	4.52
หอมแดง	17	45.00	0.77
น้ำมันพืช	10	55.00	0.55
รวมเป็นเงิน			63.03

การคำนวณต้นทุนขนมหม้อแกงไข่ จำนวน 22 ชิ้น จากต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของขนมหม้อแกงไข่ คือ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ต้นทุนขนมหม้อแกงไข่}}{\text{จำนวนชิ้นของขนมหม้อแกงที่สำเร็จ}} \\
 &= \frac{63.03}{22} \\
 &= 2.87 \text{ บาท / ชิ้น}
 \end{aligned}$$

7.3 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบขนมหม้อแกงไข่ใช้กะทิธัญพืช

ในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ใช้กะทิธัญพืช จำนวน 24 ชิ้น หนักชิ้นละ 35 กรัม ต้องใช้วัตถุดิบซึ่งคิดเป็นต้นทุน ดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรใช้กะทิธัญพืชร้อยละ 75

วัตถุดิบ	ปริมาณ(กรัม)	ราคา: หน่วย(บาท)	จำนวนเงิน(บาท)
ไข่เป็ด	387 (6 ฟอง)	4.00	24.00
กะทิธัญพืช	214	18.50	15.84
กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่องUHT	71	14.00	3.98
น้ำตาลมะพร้าว	215	35.00	7.53
หอมแดง	17	45.00	0.77
น้ำมันพืช	10	55.00	0.55
รวมเป็นเงิน			52.67

การคำนวณต้นทุนขนมหม้อแกงไข่ จำนวน 22 ชิ้น จากต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของขนมหม้อแกงไข่ คือ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ต้นทุนขนมหม้อแกงไข่}}{\text{จำนวนชิ้นของขนมหม้อแกงที่สำเร็จ}} \\
 &= \frac{52.67}{24} \\
 &= 2.19 \text{ บาท / ชิ้น}
 \end{aligned}$$

7.4 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบขนมหม้อแกงไข่ใช้สารแทนความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

ในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ใช้สารแทนความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75 จำนวน 22 ชิ้น หนักชิ้นละ 35 กรัม ต้องใช้วัตถุดิบ ซึ่งคิดเป็นต้นทุน ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่ใช้สารแทนความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช

วัตถุดิบ	ปริมาณ(กรัม)	ราคา: หน่วย(บาท)	จำนวนเงิน(บาท)
ไข่เป็ด	387 (6 ฟอง)	4.00	24.00
กะทิธัญพืช	214	18.50	15.84
กะทิสำเร็จรูปบรรจุกล่อง UHT	71	14.00	3.98
สารให้ความหวานซูคราโลส	10.32	150.00	17.23
น้ำตาลมะพร้าว	129	35.00	4.52
น้ำตาลมะพร้าว	215	35.00	7.53
หอมแดง	17	45.00	0.77
น้ำมันพืช	10	55.00	0.55
รวมเป็นเงิน			74.42

การคำนวณต้นทุนขนมหม้อแกงไข่ใช้สารแทนความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช จำนวน 22 ชิ้น จากต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของขนมหม้อแกงไข่ คือ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ต้นทุนขนมหม้อแกงไข่}}{\text{จำนวนชิ้นของขนมหม้อแกงที่สำเร็จ}} \\
 &= \frac{74.42}{22} \\
 &= 3.38 \text{ บาท / ชิ้น}
 \end{aligned}$$

จากพิจารณาการคำนวณต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่แต่ละชนิด พบว่าขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานมีต้นทุนการผลิตต่อสูตร 42.54 บาท ราคาต่อชิ้นขนาด 35 กรัม เท่ากับ 1.77 บาท ในส่วนขนมหม้อแกงไข่สูตรสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 มีต้นทุนการผลิตต่อสูตร 63.03 บาท ราคาต่อชิ้นขนาด 35 กรัม เท่ากับ 2.87 บาท ขนมหม้อแกงไข่สูตรกะทิธัญพืชร้อยละ 75 มีต้นทุนการผลิตต่อสูตร 52.67 บาท ราคาต่อชิ้นขนาด 35 กรัม เท่ากับ 2.19 บาท และขนมหม้อแกงไข่ใช้ทั้งสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช มีต้นทุนการผลิตต่อสูตร 74.42 บาท ราคาต่อ

ขึ้นขนาด 35 กรัม เท่ากับ 3.38 บาท โดยขนมหม้อแกงไข่สูตรที่พัฒนาโดยใช้ทั้งสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืชมีต้นทุนสูงสุด รองลงมาคือ ขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 ขนมหม้อแกงไข่จากกะทิธัญพืชร้อยละ 75 และขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน ตามลำดับ

โดยขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน มีต้นทุนการผลิตต่อสูตรน้อยที่สุด รองลงมาคือ ขนมหม้อแกงไข่จากกะทิธัญพืชขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลส และขนมหม้อแกงไข่พลังงานต่ำและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส และกะทิธัญพืชตามลำดับ

เมื่อพิจารณาต้นทุนต่อสูตร และต้นทุนต่อชนิดในการผลิตขนมหม้อแกงไข่แต่ละสูตร พบดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ต้นทุนการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรต่างๆ

สูตรขนมหม้อแกงไข่	ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท)	ต้นทุนต่อชิ้น (บาท)	จำนวนชิ้น
1. ขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน	42.54	1.77	24
2. ขนมหม้อแกงไข่จากซูคราโลส	63.03	2.87	22
3. ขนมหม้อแกงไข่จากกะทิธัญพืช	52.67	2.19	24
4. ขนมหม้อแกงไข่จากซูคราโลสและกะทิธัญพืช	74.42	3.38	22

ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน เปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงไข่อีก 3 สูตร พบว่าขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 มีราคาค้นทุนต่อชิ้นเพิ่มขึ้น 1.10 บาท คิดเป็น 62.15 % ส่วนขนมหม้อแกงไข่จากกะทิธัญพืชร้อยละ 75 มีราคาค้นทุนต่อชิ้นเพิ่มขึ้น 0.42 บาท คิดเป็น 23.73 % และขนมหม้อแกงไข่จากสารให้ความหวานซูคราโลสร้อยละ 40 และกะทิธัญพืชร้อยละ 75 มีราคาค้นทุนต่อชิ้นเพิ่มขึ้น 1.61 บาท คิดเป็น 90.96 % โดยขนมหม้อแกงไข่

ที่มีส่วนประกอบของสารให้ความหวานซูคราโลสมีราคาสูงจากพื้นฐาน เนื่องจากราคาต้นทุน
วัตถุดิบต่อหน่วยสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาขนมหม้อแกว่งไข่เพื่อลดพลังงานโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส และการปรับปรุงสัดส่วนของกรดไขมันด้วยการใช้กะทิธัญพืช ในสูตรของขนมหม้อแกว่งไข่ซึ่งประกอบด้วย ไข่เป็ด 387 กรัม กะทิมะพร้าว 285 กรัม น้ำตาลมะพร้าว 215 กรัม หอมแดง 17 กรัม น้ำมันพืช 10 กรัม พบว่า

1. การใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลมะพร้าวสามารถทดแทนได้ที่ปริมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักน้ำตาลมะพร้าว ซึ่งได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด
2. การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวของขนมหม้อแกว่งไข่ คือปริมาณร้อยละ 75 ของน้ำหนักกะทิมะพร้าว ซึ่งได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด และชนิดของกะทิธัญพืชไม่มีผลต่อคะแนนด้านประสาทสัมผัส
3. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของขนมหม้อแกว่งไข่สูตรพื้นฐาน และขนมหม้อแกว่งไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ พบว่าขนมหม้อแกว่งไข่สูตรพื้นฐาน 100 กรัม มีพลังงาน 316.06 กรัม ความชื้น 48.86 กรัม โปรตีน 6.92 กรัม ไขมัน 21.62 กรัม กรดไขมันอิ่มตัว 17.20 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัว 4.42 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง 3.89 กรัม กรดไขมันอิ่มตัวหลายตำแหน่ง 0.53 กรัม เถ้า 1.15 กรัม คาร์โบไฮเดรต 23.45 กรัม และน้ำตาลทั้งหมด 22.70 กรัม ส่วนขนมหม้อแกว่งไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช มีพลังงาน 229.01 กรัม ความชื้น 59.60 กรัม โปรตีน 7.69 กรัม ไขมัน 14.21 กรัม กรดไขมันอิ่มตัว 7.27 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัว 9.64 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง 4.97 กรัม กรดไขมันอิ่มตัวหลายตำแหน่ง 1.97 กรัม เถ้า 0.91 กรัม คาร์โบไฮเดรต 17.59 กรัม และน้ำตาลทั้งหมด 14.64 กรัม จากปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม พบว่าคุณค่าทางโภชนาการขนมหม้อแกว่งไข่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช มีพลังงาน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ลดลงจากสูตรพื้นฐาน และมีการปรับปรุงสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เป็น 3.7 : 2.5 : 1

5. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ พบว่าขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน มีความแข็ง 2373.73 กรัม ค่าแรงเกาะติดผิว -221.988 กรัม:มิลลิเมตร การเกาะตัวกัน 0.184 ค่าสี L^* เท่ากับ 1.16 a^* เท่ากับ 7.39 และ b^* เท่ากับ 1.75 ซึ่งพบว่าขนมหม้อแกงไข่ที่พัฒนาขึ้นมีความแข็งมากกว่าสูตรพื้นฐาน และมีสีเหลืองและความสว่างมากกว่าสูตรพื้นฐาน คือความแข็ง 2501.166 กรัม ค่าแรงเกาะติดผิว -152.568 กรัม:มิลลิเมตร การเกาะตัวกัน 0.167 ค่าสี L^* เท่ากับ 40.42 a^* เท่ากับ 44.35 และ b^* เท่ากับ 34.56

6. ต้นทุนในการผลิตขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐานและขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช มีต้นทุนขึ้นละ 3.40 และ 6.50 บาท ตามลำดับ ซึ่งพบว่าต้นทุนต่อชิ้นของขนมหม้อแกงไข่จากสารที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช สูงกว่าขนมหม้อแกงไข่สูตรพื้นฐาน คิดเป็นร้อยละ 91.18

7. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ผู้บริโภคให้การยอมรับขนมหม้อแกงไข่ที่ผลิตด้วยซูคราโลสและกะทิธัญพืช โดยคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมหม้อแกงไข่ที่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลส และกะทิธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ได้ ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้
2. ควรมีการศึกษาพัฒนาขนมไทยชนิดอื่นเพื่อลดพลังงาน เพื่อเป็นทางเลือกในการบริโภคที่มากขึ้น และเนื่องจากการใช้สารให้ความหวานที่ผลให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์น้อยลงจึงควรใช้สารเพิ่มปริมาณชนิดอื่นๆควบคู่ เพื่อทำหน้าที่แทนปริมาณน้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลทราย รวมถึงหน้าที่ด้านอื่น เช่น การเกิดสีน้ำตาล ความนุ่ม ความวาว และความชุ่มชื้นของผลิตภัณฑ์
3. การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ให้มีพลังงานลดลงมากยิ่งขึ้น ควรมีการนำสารทดแทนไขมันชนิดอื่นมาร่วมในการผลิต เนื่องจากกะทิธัญพืชมีพลังงานค่อนข้างสูง ทำให้ขนมหม้อแกงไข่ที่ได้ยังคงมีพลังงานใกล้เคียงกับขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน
4. การทดลองควรมีตัวแปรควบคุม (สูตรพื้นฐาน) เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์ในการทดลองแต่ละขั้นตอน
5. ในขั้นตอนการผลิตพบว่าการใช้ภาชนะบรรจุขนาดเล็กทำให้ขนมหม้อแกงไข่มีความแข็งจากเดิม หากใช้ภาชนะหรือพิมพ์ในการอบที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ขนมหม้อแกงไข่มีความนุ่มมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ แจ่มชัด, วิชัย หุตัทธนาสันต์, เกศรินทร์ มงคลวรวรรณ และนภสร จุ้ยเจริญ. 2541.

การพัฒนาขนมหม้อแกว้ถึงสำเร็จรูป. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. อาหารจากมะพร้าว. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. สารให้ความหวาน. จาร์พา เทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2548. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ และความงาม, น. 1 – 13. ใน การประชุมวิชาการกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก. กลุ่มงานพัฒนาวิชาการฯ สถาบันการแพทย์แผนไทย, กรุงเทพฯ.

เจียมทอง นิมจินดา. 2538. ทฤษฎีอาหาร. ม.ป.ท.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. 2538. วิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น หน่วยที่ 1 – 7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหาร. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คันทรส ปานแก้ว, เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล และวิชัย หุตัทธนาสันต์. 2548. การสำรวจผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและการศึกษาองค์ประกอบของถั่วเหลือง, น. 18-19. ใน รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, กรุงเทพฯ.

จิรพรรณ กุลดิลกและคณะ. 2525. รายงานผลการวิจัยเรื่องอุตสาหกรรมเกษตรและการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นชนบท: กรณีอุตสาหกรรมผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์บริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ จิตยพันธุ์กุล. 2540. เอกสารวิชาการเรื่อง "ซูคราโลส วัตถุให้ความหวานจัดชนิดใหม่", กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

นิรนาม. ม.ป.ป. ตำรับขนมหวาน. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.

นิตยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. โอ.เอส.พรินติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. เคมีอาหาร. โอ เอส พรินติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าวทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. มปท.

เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ, เพลินใจ ดังคณะกุล, พะยอม อรรถวิบูลย์กุล, ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ และสายพิน มณีพันธ์. 2541. การใช้สารทดแทนไขมัน Oastrim-5 ในการทำขนมอบ และขนมไทย. วารสารอาหาร 28(2): 97-110.

ครุณี โอวจริยพิทักษ์. 2549. เอกสารประกอบการเรียนวิชาธุรกิจขนาดย่อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

แดงด้อย มาลี. 2535. สารคดี ชุด ของดีเมืองไทย ขนมหม้อแกง. โรงพิมพ์เลิฟแอนด์ลิฟเพรส, กรุงเทพฯ.

ทวีพร นิยมมาลัย, จุฑามาศ ชาญชัย, อรุณี แก้วบริสุทธิ และจิรวัดน์ รื่นเรือง. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงนมสดเมืองเพชรบุรี. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.

บริษัท ดี-เอ็ด จำกัด. 2550. สารให้ความหวาน. สารให้ความหวานซูคราโลสตราดีเอ็ด.

แหล่งที่มา: www.on-diet.com, 27 ธันวาคม 2550.

บริษัท ฟอร์แคร์ จำกัด. 2550. กะทิธัญพืชฟอร์แคร์. คุณค่าทางโภชนาการของกะทิธัญพืช.

แหล่งที่มา: <http://www.4care.co.th>, 27 ธันวาคม 2550.

บริษัท ฟอร์แคร์ จำกัด. 2550. เอกสารเผยแพร่ข้อมูลของกะทิธัญพืชตราฟอร์แคร์. ม.ป.ท. (อัด
สำเนา)

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545. เอกสารประกอบการเรียนปีการศึกษา 2545 อภ 414

เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นมและไข่. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,
กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ เพชรมาก. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็กจากฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์
เกษตรศาสตร์-50. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มิตรรา หอรัตนชัย. ม.ป.ป. ขนมไทยมรดกทางวัฒนธรรม. ประชาช่างการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มลศิริ วิโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. พัฒนาคุณภาพวิชาการ จำกัด,
กรุงเทพฯ.

รัศมี ศุภศรี. 2536. ไขมันและบทบาทของ Omega-3 Fatty acid กับ การดูดซึมของหลอดเลือด.

วารสารอาหาร 23(4): 242-253.

วันทนี เกียงสินยศ. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อป้องกันและจัดการโรคอ้วนและโรค
ไม่ติดต่อเรื้อรัง, น.64-68. ใน การประชุมวิชาการโภชนาการแห่งชาติ ครั้งที่ 3. สมาคม
โภชนาการแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

วิจิตร บุญยะโหดระ. 2535. ภัยจากอาหาร. สยามบรรณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- ศรีสมร คงพันธุ์. 2533. **แก้กันอย่างง่าย**. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.
- ศิริวรรณ เนติวรานนท์. 2547. **บทบาทของไขมันต่อสุขภาพ**. วารสารจารย์พา 11(80): 62-66.
- ส. พลายน้อย. 2545. **ขนมแม่เอ๊ย**. สำนักพิมพ์สารคดี, กรุงเทพฯ.
- สมคิด ชมสุข. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการสอบการอบรมวิชาชีพหลักสูตรระยะสั้น**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
- เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2544. **หลักโภชนาการปัจจุบัน**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- สุทัตตา หาญณรงค์. 2550, 4 ธันวาคม. **บทสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนมไทยจังหวัดเพชรบุรี**.
- สุนีย์ สหสโพธิ์. 2543. **ชีวเคมีทางโภชนาการ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรุณศรี มั่นสวาโซ. 2536. **ขนมไทย**. ม.ป.ท.
- AOAC. 2000. **Official method of analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International, Maryland. USA.
- AOAC. 2005. **Official method of analysis of AOAC International**. 18th ed. AOAC International, Maryland. USA.
- Anonymous. 1988. Fat substitute update. **Food Technol** 44(3): 92 – 97.
- Bennion, E.B. and G.S.T. Bamford. 1997. **The Technology of Cake Making**. 6th ed. St Edmundsbury Press, Sufflok.

Clement, A. and M. Villacorte. 1933. **Some colliodal properties of coconut milk**. Cited by J.A.Banzon, O.N. Gonzalez, A.Y. de Leon and P.C. Sanchez. Coconut as food. Philippines Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippines.

Herbel BK, McGuire MK, McGuire MA, et al. 1998. Safflower oil consumption does not increase plasma conjugated linoleic acid concentrations in humans. **Am J Clin Nutr.** 67: 332-337.

KC Hayes DVM. 2002. Dietary fat and heart health: in search of the ideal fat. **Asia Pacific J Clin Nutr.** 11: 394–400.

Labuza TP, Warren RM and Warmbier HC. 1977. The physical aspects with respect to water and non-enzymatic browning. **Adv Exp Med Biol.** 86: 379 – 418.

Onanong Naivikul and Utai Klinkesorn. 2008. **Rice Bran oil**. The National Innovation Agency (NIA), Bangkok.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

ใบรายงานผลการทดลอง 9 - Hedonic Scale test

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่

ตัวอย่าง ขนมหม้อแกงไข่

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างอาหารแล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด และกรุณาบ้วนปากก่อนการทดสอบตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

9	=	ชอบมากที่สุด	8	=	ชอบมาก
7	=	ชอบปานกลาง	6	=	ชอบเล็กน้อย
5	=	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	4	=	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	=	ไม่ชอบปานกลาง	2	=	ไม่ชอบมาก
1	=	ไม่ชอบมากที่สุด			

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบของตัวอย่าง		
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม
ผู้วิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ “ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงาน”

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่องขนมหม้อแกงพลังงานลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลส ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความกรุณาจากท่านในการตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของขนมไทยพลังงานต่ำ

คำอธิบาย ผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่เป็นขนมไทยประเภทไข่ซึ่งประกอบด้วยไข่เป็ด กะทิ มะพร้าว และน้ำตาลมะพร้าว นำมาผสมจนเข้ากันก่อนนำไปอบในพิมพ์ฟอยด์ขนาดกลาง ก่อนโรยหน้าด้วยหอมเจียว ซึ่งขนมหม้อแกงไข่เป็นขนมไทยโบราณที่มีปริมาณร้อยละของไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลสเป็นแนวทางหนึ่งในการลดพลังงานในผลิตภัณฑ์ขนมหวานไทย พร้อมทั้งส่งเสริมให้ร่างกายได้รับปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ อย่างพอเหมาะ รวมถึงคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้สนใจผลิตภัณฑ์อาหารลดพลังงาน

ขอขอบพระคุณ

วรรัตน์ สานนท์

ผู้วิจัย

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่เห็นว่าเหมาะสม และเติมข้อความในช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ไม่เกิน 20 ปี

() 21-25 ปี

() 26-30 ปี

() 31-35 ปี

() 36-40 ปี

() มากกว่า 41 ปี

3. การศึกษาสูงสุด

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

() มัธยมศึกษา

() อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

() น้อยกว่า 10,000 บาท

() 10,001 - 15,000 บาท

() 15,001 - 20,000 บาท

() 20,001 - 25,000 บาท

() 25,001 - 30,000 บาท

() 30,001 - 35,000 บาท

() 35,001 - 40,000 บาท

() สูงกว่า 40,001

5. อาชีพ

() นักเรียน/นักศึกษา

() ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

() พนักงานขาย/ตัวแทนจำหน่าย

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลส

6. กรุณาทดสอบตัวอย่าง โดยภาพรวมของขนมและบรรจุภัณฑ์ แล้วให้คะแนนความชอบโดย ✓ ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก และ ชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในปัจจัยด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ความนุ่ม, ความเนียนของเนื้อขนม และความชอบรวมโดย ✓ ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด 1	ไม่ชอบมาก 2	ไม่ชอบปานกลาง 3	ไม่ชอบเล็กน้อย 4	เลข ๆ 5	ชอบเล็กน้อย 6	ชอบปานกลาง 7	ชอบมาก 8	ชอบมากที่สุด 9
ลักษณะบรรจุ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความนุ่ม (เนื้อสัมผัส)									
ความเนียนของเนื้อขนม									
ความชอบโดยรวม									

7. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ ขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลส นี้หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ.....

() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

8. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกว้ลดพลังงานเพราะเหตุใด

- () รสชาติดี มีความอร่อย
() มีประโยชน์ต่อร่างกาย

9. ท่านยอมรับภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์หม้อแกว้ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลส ซึ่งมีลักษณะตามที่ท่านเห็นอยู่หรือไม่ และทำให้ท่านมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์สะอาด และปลอดภัย รวมทั้งสะดวกในการพกพาและสามารถรับประทานได้ทันที

- () ยอมรับ เพราะ.....
() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

10. ถ้ามีผลิตภัณฑ์หม้อแกว้ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลสนี้จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

- () ซื้อ เพราะ
ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์ลดพลังงานจากกะทิธัญพืชและสารแทนความหวานซูคราโลสขนาด 35 กรัม (ขนาดที่ท่านรับประทาน) ในราคาเท่าไหร่?บาท
(ร้านขนมแม่จ๋า 1 ชิ้นสี่เหลี่ยม 8x8 cm. ราคา 20 บาท , เทสโก้โลตัส 2 ชิ้นสี่เหลี่ยม 4.5x4.5 cm. ราคา 20 บาท)
() ไม่ซื้อ เพราะ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหวานไทยลดพลังงาน

11. ท่านเคยรับประทานขนมไทยพลังงานต่ำหรือไม่

- () เคย () ไม่เคย [ข้ามไปตอบข้อ 15]

12. ท่านเคยรับประทานขนมไทยพลังงานต่ำชนิดใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() 1. ประเภทกวน

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| ☐ 1. ขนมหะโก้ | ☐ 2. ขนมห้ามงกุฏ | ☐ 3. ขนมหะเปี้ยกปูน |
| ☐ 4. ขนมหาลัว | ☐ 5. ลูกชุบ | ☐ อื่นๆ..... |

() 2. ประเภทนึ่ง

- | | | |
|---|---|--|
| ☐ 1. ขนมหสังขยา | ☐ 2. ขนมหปุยฝ้าย | ☐ 3. ข้าวต้มมัด |
| ☐ 4. ข้าวเหนียวมูล | ☐ 5. ขนมหชั้น | ☐ อื่นๆ..... |

() 3. ประเภทต้มในน้ำเชื่อม

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ 1. เม็ดขนุน | ☐ 2. ทองหยิบ | ☐ 3. ทองหยอด |
| ☐ 4. ฝอยทอง | ☐ 5. ไช้เมงดา | ☐ อื่นๆ..... |

() 4. ประเภทเชื่อม

- | | | |
|--|--|---|
| ☐ 1. สาเกเชื่อม | ☐ 2. พุทราเชื่อม | ☐ 3. กล้วยเชื่อม |
| ☐ 4. มันหรือเผือกเชื่อม | ☐ 5. จาวตาลเชื่อม | ☐ อื่นๆ..... |

() 5. ประเภทต้ม

- | | | |
|---|--|--|
| ☐ 1. วุ้นกะทิ | ☐ 2. ขนมหต้มขาว | ☐ 3. ขนมหเหนียว |
| ☐ 4. ขนมหถั่วแปบ | ☐ 5. ขนมหต้มแดง | ☐ อื่นๆ..... |

() 6. ประเภทอบและผิง

- | | | |
|---|---|---|
| ☐ 1. ขนมหหม้อแกง | ☐ 2. ขนมหโสมนัส | ☐ 3. ขนมหทองม้วน |
| ☐ 4. ขนมหบัวปิ่น | ☐ 5. ขนมหกลีบคำดวน | ☐ อื่นๆ..... |

() 7. ประเภททอด

- | | | |
|--|--|--------------------------------------|
| ☐ 1. ขนมหดอกจอก | ☐ 2. ขนมหฝักบัว | ☐ 3. กล้วยทอด |
| ☐ 5. ขนมหไข่นกกระทา | ☐ 6. ครองแครงกรอบ | ☐ อื่นๆ..... |

() 8. ประเภทปิ้ง

- | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| ☐ 1. ข้าวเหนียวปิ้ง | ☐ 2. ขนมหจาก | ☐ 3. ทองม้วนสด |
| ☐ อื่นๆ..... | | |

() 9. ประเภทฉาบ เช่น

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| ☐ 1. เผือกฉาบ | ☐ 2. กล้วยฉาบ | ☐ 3. มันฉาบ |
| ☐ อื่นๆ..... | | |

() 10. ประเภทน้ำกะทิ

- | | | |
|--|--|--|
| ☐ 1. ลอดช่อง | ☐ 2. ขนมหชาห์หมี่ | ☐ 3. ทับทิมกรอบ |
| ☐ 4. ทับทิมกรอบ | ☐ 5. กล้วยบวชชี | ☐ อื่นๆ..... |

ภาคผนวก ข
ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. ศึกษาการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่เหมาะสมทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	1.083	2	.542	.919	.422
Block	10.000	7	1.429	2.424	.075
Error	8.250	14	.589		
Total	1140.000	24			
Corrected Total	19.333	23			

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	2.021	2	1.010	2.434	.124
Block	13.156	7	1.879	4.527*	.008
Error	5.813	14	.415		
Total	1232.250	24			
Corrected Total	20.990	23			

ตารางผนวกที่ ข3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น
ของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณ
ต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	1.333	2	.667	2.000	.172
Block	19.333	7	2.762	8.286*	.000
Error	4.667	14	.333		
Total	1258.000	24			
Corrected Total	25.333	23			

ตารางผนวกที่ ข4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติ
ของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณ
ต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	.896	2	.448	1.362	.288
Block	.490	7	1.213	3.688*	.018
Error	4.604	14	.329		
Total	1155.250	24			
Corrected Total	13.990	23			

ตารางผนวกที่ ข5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	.646	2	.323	2.237	.144
Block	16.792	7	2.399	16.619 *	.000
Error	2.021	14	.144		
Total	1209.500	24			
Corrected Total	19.458	23			

ตารางผนวกที่ ข6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของการทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	1.000	2	.500	1.235	.321
Block	9.833	7	1.405	3.47 *	.023
Error	5.667	14	.405		
Total	1110.000	24			
Corrected Total	16.500	23			

2. ศึกษาการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่เหมาะสมทางกายภาพ

ตารางผนวกที่ ข7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแข็งของขนมหม้อแกง
ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	161824.76	2	80912.38	6.01*	.025
Rep	185078.05	4	46269.51	3.43	.065
Error	107693.41	8	13461.67		
Total	86586853.58	15			
Corrected Total	454596.23	14			

ตารางผนวกที่ ข8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงเกาะติดผิวของขนมหม้อแกง
ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	13052.96	2	6526.48	13.37*	.003
Rep	2073.44	4	518.36	1.06	.434
Error	3902.56	8	487.82		
Total	443879.43	15			
Corrected Total	19028.97	14			

ตารางผนวกที่ ข9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการเกาะตัวกันของขนมหม้อแกง
ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวด้วยสารแทนความหวานซูคราโลสในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ปริมาณสารแทนความหวาน	4.120E-05	2	2.060E-05	.266	.773
Rep	.001	4	.000	2.315	.145
Error	.001	8	7.743E-05		
Total	.281	15			
Corrected Total	.001	14			

3. ศึกษาการใช้กะทิธัญพืชที่เหมาะสมทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ ข10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน
ลักษณะปรากฏจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดใน
ปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	2.258	1	2.258	1.770	.194
ปริมาณของกะทิธัญพืช	1.758	1	1.758	1.378	.250
ชนิด x ปริมาณ	.945	1	.945	.741	.397
Error	35.719	28	1.276		
Total	1373.250	32			
Corrected Total	40.680	31			

ตารางผนวกที่ ข11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี จัด
แบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	4.500	1	4.500	3.847	.060
ปริมาณของกะทิธัญพืช	.125	1	.125	.107	.746
ชนิด x ปริมาณ	.500	1	.500	.427	.519
Error	32.750	28	1.170		
Total	1416.000	32			
Corrected Total	37.875	31			

ตารางผนวกที่ ข12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น
จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	.125	1	.125	.094	.761
ปริมาณของกะทิธัญพืช	.000	1	.000	.000	1.000
ชนิด x ปริมาณ	.125	1	.125	.094	.761
Error	37.250	28	1.330		
Total	1442.000	32			
Corrected Total	37.500	31			

ตารางผนวกที่ ข13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน
รสชาติ จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดใน
ปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	.000	1	.000	.000	1.000
ปริมาณของกะทิธัญพืช	.500	1	.500	.424	.520
ชนิด x ปริมาณ	2.000	1	2.000	1.697	.203
Error	33.000	28	1.179		
Total	1440.000	32			
Corrected Total	35.500	31			

ตารางผนวกที่ ข14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อ
สัมผัส จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณ
ต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	4.133	1	4.133	3.564	.069
ปริมาณของกะทิธัญพืช	.945	1	.945	.815	.374
ชนิด x ปริมาณ	2.258	1	2.258	1.947	.174
Error	32.469	28	1.160		
Total	1321.250	32			
Corrected Total	39.805	31			

ตารางผนวกที่ ข15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน
ความชอบโดยรวม จัดแบบการทดลอง 2^2 factorial ของการใช้กะทิธัญพืชต่าง
ชนิดในปริมาณต่างกัน

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	.000	1	.000	.000	1.000
ปริมาณของกะทิธัญพืช	2.000	1	2.000	2.036	.165
ชนิด x ปริมาณ	.500	1	.500	.509	.481
Error	27.500	28	.9821		
Total	1280.000	32			
Corrected Total	30.000	31			

ตารางผนวกที่ ข16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน
ลักษณะปรากฏของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	4.961	3	1.654	2.108	.130
Block	19.242	7	2.749	3.504	.012
Error	16.477	21	.785		
Total	1373.250	32			
Corrected Total	40.680	31			

ตารางผนวกที่ ข17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสีของ
การใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	5.125	3	1.708	2.333	.103
Block	17.375	7	2.482	3.390	.014
Error	15.375	21	.732		
Total	1416.000	32			
Corrected Total	37.875	31			

ตารางผนวกที่ ข18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น
ของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	.250	3	.083	.259	.854
Block	30.500	7	4.357	13.556	.000
Error	6.750	21	.321		
Total	1442.000	32			
Corrected Total	37.500	31			

ตารางผนวกที่ ข19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านรสชาติ
ของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	2.500	3	.833	1.207	.332
Block	18.500	7	2.643	3.828	.008
Error	14.500	21	.690		
Total	1440.000	32			
Corrected Total	35.500	31			

ตารางผนวกที่ ข20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านเนื้อ
สัมผัสของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	7.336	3	2.445	3.919	.023
Block	19.367	7	2.767	4.435	.004
Error	13.102	21	.624		
Total	1321.250	32			
Corrected Total	39.805	31			

ตารางผนวกที่ ข21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้าน
ความชอบโดยรวมของการใช้กะทิธัญพืชในแผนการทดลอง RCBD

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
สูตรในการทดลอง	2.500	3	.833	.875	.470
Block	7.500	7	1.071	1.125	.385
Error	20.000	21	.952		
Total	1280.000	32			
Corrected Total	30.000	31			

4. ศึกษาการใช้กะทิธัญพืชที่เหมาะสมทางกายภาพ

ตารางผนวกที่ ข22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความแข็งของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	385758.92	1	385758.92	9.372 [*]	.010
ปริมาณของกะทิธัญพืช	9653.31	1	9653.31	0.235	.637
ชนิด x ปริมาณ	85411.53	1	85411.53	2.075	.175
Error	493913.33	12	41159.44		
Total	92758672.71	20			
Corrected Total	1150694.77	19			

ตารางผนวกที่ ข23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยค่าแรงเกาะติดผิวของการใช้กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	18252.09	1	18252.09	37.136 [*]	.000
ปริมาณของกะทิธัญพืช	21079.33	1	21079.33	42.889 [*]	.000
ชนิด x ปริมาณ	323.26	1	323.26	0.658	.433
Error	5897.89	12	491.49		
Total	801479.40	20			
Corrected Total	48058.90	19			

ตารางผนวกที่ ข24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยค่าการเกาะตัวกันของการใช้
กะทิธัญพืชต่างชนิดในปริมาณต่างกันจัดแบบการทดลอง 2^2 factorial

Source of Variation	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
ชนิดของกะทิธัญพืช	.012	1	.012	2.050	.178
ปริมาณของกะทิธัญพืช	.008	1	.008	1.406	.259
ชนิด x ปริมาณ	.014	1	.014	2.327	.153
Error	.070	12	.006		
Total	.840	20			
Corrected Total	.122	19			

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นางสาววรรัตน์ สานนท์

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 20 กันยายน 2527

สถานที่เกิด

กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลพระนคร (2549)