วิทยานิพนธ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

Development of Breakfast Cereals from Breadfruit Flour

นางสาววิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร | พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา | ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

Development of Breakfast Cereals from Breadfruit Flour

นามผู้วิจัย นางสาววิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์สมบัติ สมบัติขอทวีวัฒนา, M.S.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวัน เทอดไทย, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์สุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ, พบ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพศาล วุฒิจำนงค์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

Development of Breakfast Cereals from Breadfruit Flour

โดย

นางสาววิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2600-2

วิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี 2549: การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์สมบัติ ขอทวีวัฒนา, M.S. 116 หน้า
ISBN 974 -16-2600-2

สาเกเป็นพืชที่มีประโยชน์หลากหลายรวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่การใช้ประโยชน์ของผลของสาเกในประเทศไทยยังอยู่ในวงจำกัด อันเนื่องจากอายุการเก็บ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการแปรรูปผลสาเกไปเป็นแป้งเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น เมื่อวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาเกพบว่ามีไขมันร้อยละ 0.80 เถ้าร้อยละ 1.98 โปรตีนร้อยละ 3.58 ความชื้นร้อยละ 5.79 เส้นใยหยาบร้อยละ 13.34 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80.30 และอะมิโลสร้อยละ 28.79 จากนั้นได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งสาเกโดยแปรรูปต่อเป็นอาหารเช้าสำเร็จรูป เมื่อสำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้หญิงอายุ 18-40 ปี จำนวน 200 คน ในกรุงเทพมหานคร พบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการคือ แผ่นกลม สีธรรมชาติกลิ่นรสช็อกโกแลตและกรอบ เมื่อพัฒนาสูตรโดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design ทำให้ได้สูตรในการทดลอง 15 สูตร จากนั้นสร้างสมการ Quadratic เพื่อใช้ในการสร้างสูตรมาตรฐานเมื่อแป้ง 100 กรัม (แป้งสาเกร้อยละ 50 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 50) พบว่าสูตรที่ได้ประกอบด้วย น้ำตาลร้อยละ 26.53 กลิ่นรสช็อกโกแลตร้อยละ 0.59 นมผงขาดมันเนยร้อยละ 5.00 แบะแซร้อยละ 4.00 เกลือร้อยละ 3.00 โกโก้ร้อยละ 2.00 แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 1.00 อัตราส่วนของส่วนผสมแห้งต่อน้ำคือ 1:0.8 ค่าคะแนนความชอบรวมที่ทำนายได้นั้นยังคงต่ำเนื่องจากความรู้สึกหลังรับประทาน ดังนั้นจึงศึกษาการเติมผงโกโก้ที่ระดับร้อยละ 2 4 และ 6 ตามลำดับ พบว่าที่ระดับผงโกโก้ร้อยละ 6 นั้นทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของอาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้าและเยื่อใย เท่ากับร้อยละ 2.62 2.08 1.60 89.39 2.24 และ 2.07 ตามลำดับ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.4×10^3 CFU/g จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g และจำนวนโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3.00 MPN/g ในด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลางและยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 89.00.00

วิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี — ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ — 26 / 07 / 06

Wipaporn Paisarnkongtawee 2006: Development of Breakfast Cereals from Breadfruit Flour. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Sombat Khotavivatana, M.S. 116 pages. ISBN 974 -16-2600-2

Breadfruit is a multipurpose tree crop. Utilization of breadfruit in Thailand has focused on a very limited. Due to short shelf life, making flour from breadfruit can therefore extend its shelf life. According to the proximate analysis, breadfruit flour was composed of 0.80% fat, 1.99% ash, 3.51% protein, 5.79% moisture, 13.84% crude fibre, and 74.07% carbohydrate. Amylose content of the flour was 28.79%. Consequently, the study on utilization of breadfruit flour to produce breakfast cereals was initiated. According to marketing survey from 200 women whose ages were in the range of 18-40 years in Bangkok, product characteristics should be circular sheet, natural color, chocolate flavor and crispy. 15 experiments were conducted by using Central Composite Design. Quadratic models were established to express the relationship between ingredients and quality factors. Then the developed models were used for formulation based on 100 g. flour (50% breadfruit and 50% corn flour). The obtained formula was composed of 26.53% sugar, 0.59 % chocolate flavor , 5.00% milk powder, 4.00% glucose syrup, 3.00% salt, 2.00% cocoa powder, 1.00% calcium carbohydrate .Ratio of dry ingredients and water was 1:0.8. However the estimated overall likeness of the product was still low due to aftertaste. To improve the quality of breadfruit breakfast cereals, cocoa powder contents varying from 2% to 6% were studied. The 6% cocoa powder showed the highest overall likeness. Therefore addition of 6% cocoa powder was selected. Finally the breakfast cereals from breadfruit flour consisted of 2.62% moisture, 2.08% protein, 1.60% fat, 89.39% carbohydrate, 2.24% ash and 2.07% fiber. Microbial loads of total plate counts, yeast and molds and coliforms were 1.4×10^3 CFU/g , < 10 CFU/g and < 3.0 MPN/g. From consumer test in Bangkok, overall likeness was moderate, as well as, the acceptability was 89%.

Wipaporn Paisarn — Sombat Khotavivatana — 26 / 07 / 06

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.สมบัติ ขอทวีวัฒนา ประธานกรรมการ ผศ.ดร.นันทวัน เทอดไทย กรรมการวิชาเอก อาจารย์สุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ กรรมการวิชารอง ที่กรุณาให้คำแนะนำระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี กราบขอบพระคุณ ดร.ชุติมา ไวศรายุทธ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคุณวีระ สุธีโสภณ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สถาบันพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการผลิต รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการปฏิบัติงานต่างๆ รวมถึงพี่ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ทุกท่านในภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่คอยช่วยเหลือในการปฏิบัติงานและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชายรวมทั้งผู้มีพระคุณที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ. ที่นี้ทุกท่านสำหรับการสนับสนุน ความห่วงใยและกำลังใจด้วยดีเสมอมา และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

วิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี

มิถุนายน 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	84
สรุป	84
ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม	92
ภาคผนวก ข แนวโน้มค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง	101
ภาคผนวก ค ภาพขั้นตอนกรรมวิธีในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก ในระดับห้องปฏิบัติการ	103
ภาคผนวก ง แผนภาพ Hue angle	107
ภาคผนวก จ วิธีวิเคราะห์คุณภาพ	110

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของสาเก (ต่อสัดส่วน 100 กรัมที่รับประทานได้)	5
2	การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละโปรตีนของแป้งสาเกและวัตถุดิบต่าง ๆ	7
3	การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละไขมันของแป้งสาเกและวัตถุดิบต่าง ๆ	7
4	การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละเยื่อใยของแป้งสาเกและวัตถุดิบต่าง ๆ	8
5	ส่วนแบ่งทางการตลาดซีเรียลปี 2547	13
6	รายชื่อยี่ห้อและแสดงชื่อตราสินค้า	14
7	แผนการทดลอง 15 ทดลองวางแผนการทดลองแบบ CCD	39
8	ลักษณะประชากรศาสตร์จากผู้บริโภคจำนวน 200 คนในเขตกรุงเทพมหานคร	43
9	ผลสำรวจข้อมูลความคิดเห็นและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป	44
10	ความคิดเห็นและความต้องการของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเก	47
11	ร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ	48
12	ร้อยละความชื้นของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ	49
13	ค่า water activity ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ	50
14	ค่าสี L* a* b* c และ h ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ	51
15	ค่าสีของแป้งแต่ละชนิด	55
16	ค่า water activity ของแป้งแต่ละชนิด	56
17	คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งแต่ละชนิดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA	58
18	องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งสาเก	63
19	ค่า water activity และค่าแรงกดของอาหารเช้าสำเร็จรูปทั้ง 15 สิ่งทดลอง	64
20	ด้านค่าสีของอาหารเช้าสำเร็จรูปทั้ง 15 สิ่งทดลอง	65
21	ค่าความชอบของอาหารเช้าสำเร็จรูป (ก่อนรับประทานนม) ทั้ง 15 สิ่งทดลอง	67
22	ค่าความชอบของอาหารเช้าสำเร็จรูป (รับประทานพร้อมนม) ทั้ง 15 สิ่งทดลอง	68
23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบกับปัจจัยในการคัดเลือก	69
24	แสดงสมการและประสิทธิภาพในการทำนายของแต่ละสมการจากค่าคุณภาพ	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	ค่า water activity และค่าแรงกดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับต่าง ๆ	73
26	ค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ช็อกโกแลตระดับต่างๆ	73
27	ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป (ก่อนรับประทานนม) ทั้ง 3 สิ่งทดลอง	74
28	ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป (รับประทานพร้อมนม) ทั้ง 3 สิ่งทดลอง	75
29	คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาแล้ว	77
30	ลักษณะประชากรศาสตร์จากผู้บริโภคจำนวน 200 คน	79
31	การทดสอบ ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเกโดยให้คะแนนความชอบ 1 – 9 (Hedonin-9 point scale)	81
32	การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก	82
33	ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก	82
34	แนวโน้มการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก	83

ตารางผนวกที่

ข 1	ค่าความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก) และค่า water activity ในการศึกษากราฟมาตรฐานการอบแห้ง	102
ข 2	แนวโน้มค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง	102
จ.1	ค่าการดูดกลืนแสงสารละลายมาตรฐานอะมิโลส	113

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพกระบวนการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปทั่วไป	28
2	กรรมวิธีการผลิตแป้งสาเกแบบโม่แห้ง	34
3	กรรมวิธีการผลิตแป้งเผือกแบบโม่แห้ง	35
4	กรรมวิธีการผลิตแป้งท้าวยายม่อม	36
5	ค่าความชื้นและ water activity ของแป้งสาเกที่อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่างๆกัน	53
6	กรรมวิธีการผลิตแป้งสาเก	54
7	คุณลักษณะด้านความข้นหนืดของแป้งแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่างที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analysis (RVA)	57
8	ลักษณะสันฐานวิทยาของเม็ดแป้งแต่ชนิดเมื่อศึกษาด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM)	61
9	ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่เคลือบรสช็อกโกแลต	76

ภาพผนวกที่		หน้า
ค 1	โดของอาหารเช้าสำเร็จรูป	104
ค 2	การรีดแผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป	104
ค 3	แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป	104
ค 4	แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูปที่ได้ไปกดด้วยพิมพ์	105
ค 5	การนึ่งอาหารแผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป	105
ค 6	แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูปที่นึ่งแล้ว	105
ค 7	ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่พัฒนาแล้ว	106
ง 1	แผนภาพของสี (Hue angle)	108
จ 1	กราฟมาตรฐานอะมิโลส	114

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

Development of Breakfast Cereals from Breadfruit Flour

คำนำ

สาเก (Breadfruit) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Artocarpus commonis Frost L. อยู่ในวงศ์ Moraceae. สาเกมีถิ่นกำเนิดในแถบมะลายูในประเทศไทยนั้นสาเกจะสามารถขึ้นได้ดีทางภาคใต้ ปัจจุบันสาเกมีจำนวนลดลงและไม่มีการปลูกเป็นการค้าเหมือนในอดีต เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่นทดแทนซึ่งเป็นพืชที่เป็นที่ต้องการของตลาด นอกจากนี้สาเกยังเป็นพืชที่มีประโยชน์มากมายหลายอย่างอาทิเช่น ใบสดของสาเกสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ เนื้อไม้ใช้ในการก่อสร้าง และต้นใช้ปลูกประดับ อีกทั้งผลสาเกยังเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง (วิสุทธิ์, 2542) แต่จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้ประโยชน์ของผลของสาเกในประเทศไทย พบว่าการใช้ประโยชน์ยังอยู่ในวงจำกัดเพียงเพื่อการเชื่อมเท่านั้น และผลสาเกจะดกในช่วงเวลาอันสั้น ทำให้เกิดความสูญเสียอันเนื่องมาจากอายุการเก็บของผลสั้น ดังนั้นหากมีการแปรรูปผลสาเกไปเป็นแป้งซึ่งถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปทางเกษตรกรรมหลักของประเทศไทยก็จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ

ดังที่งานวิจัยในครั้งนี้จึงทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลสาเกมาผลิตเป็นแป้งและแปรรูปต่อเป็นอาหารเช้าสำเร็จรูป โดยพบว่าในปี พ.ศ.2546 ตลาดอาหารเช้าสำเร็จรูปมีมูลค่าตลาดประมาณ 400 ล้านบาท โดยในแต่ละปีตลาดโดยรวมจะมีอัตราการเติบโตร้อยละ 10 แต่ในกลุ่มผู้ใหญ่จะมีการเติบโตของตลาดโดยรวมถึงปีละร้อยละ 20 (นิรนาม, 2546 ก) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยในด้านวิถีชีวิตของคนไทยที่เปลี่ยนไป มีวิถีชีวิตที่เร่งรีบอีกทั้งกระแสนิยมในด้านการดูแลรักษาสุขภาพที่มากขึ้น อาหารเช้าสำเร็จรูปสามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำต้องใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แป้งสาเกจึงน่าจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าว รวมทั้งยังไม่มีผู้ใดเคยทำการศึกษาในด้านคุณสมบัติของแป้งสาเกมาก่อนในประเทศไทย ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นทำการศึกษาคุณสมบัติของแป้งสาเกและการพัฒนามาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจความคิดเห็น พฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาเกที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

3. เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

4. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาแล้ว

5. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกของผู้บริโภค

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาเก

สาเก (breadfruit) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Artocarpus commonis Frost L. อยู่ในวงศ์ Moraceae และมีชื่อพ้องทางพฤกษศาสตร์ คือ A. altillis Fosberg. สาเกมีถิ่นกำเนิดในแถบมะลายู สุมาตรา และหมู่เกาะทะเลใต้ ชาวยุโรปซึ่งเป็นนักล่าเมืองขึ้นในสมัยโบราณพบ และเห็นว่ามีประโยชน์จึงได้นำพันธุ์มาจากหมู่เกาะทะเลใต้ไปปลูกยังเมืองที่เป็นอาณานิคมของตนเอง เช่น ในหมู่เกาะอินเดียด้วย สาเกเป็นพืชเมืองร้อนขึ้นได้ดีในแถบที่มีอากาศร้อนและชุ่มชื้น ฝนตกชุก สามารถปลูกได้ตั้งแต่ชายฝั่งทะเลจนถึงระดับความสูง 914 เมตร ดังนั้นสาเกจึงขึ้นได้ดีในสภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทยส่วนในภาคอื่นๆก็สามารถปลูกได้เช่นกันแต่ผลอาจไม่ดกและประสบปัญหาผลร่วงก่อนที่จะแก่ ธรรมชาติของต้นสาเกต้องการฝนตกชุกประมาณ 1,500 มิลลิเมตรต่อปี ระดับอุณหภูมิประมาณ 16-38 องศาเซลเซียส และความชื้นร้อยละ 70-80 สาเกชอบดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำไม่ดีมีน้ำขังแฉะ

โดยทั่วไปต้นสาเกจะมีสีเขียวตลอดปีและไม่ผลัดใบ มีความสูงประมาณ 15–20 เมตร ต้นมีผิวเรียบ สำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.2 เมตร และอาจใหญ่ถึง 4 เมตรก่อนที่จะแตกหน่อแตกกิ่งก้านทรงพุ่มแผ่กว้าง เปลือกต้นสีน้ำตาลเข้ม ใบ ใบเดี่ยว ออกสลับ มีขนาดใหญ่ กว้าง 25-35 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ใบเว้าเป็นแฉกลึกเกือบถึงเส้นกลางใบ ก้านใบและเส้นใบมีสีเหลืองเห็นชัดเจน แผ่นใบสีเขียวเข้ม หนา ยอดอ่อนมีกาบสีเหลืองอมเขียวหุ้ม ดอก เป็นดอกช่อแยกเป็นช่อดอกตัวผู้ และช่อดอกตัวเมีย ช่อดอกตัวผู้เป็นช่อยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร รูปทรงคล้ายกระบอง ห้อยลง ส่วนช่อดอกตัวเมียเป็นรูปทรงกลม ออกดอกตลอดปี ผลเป็นผลรวมประกอบไปด้วยดอกประมาณ 1500-2000 ดอก มีรูปทรงรูปไข่หรือเกือบกลม ขนาดประมาณ 15-20 เซนติเมตร เมื่อผลสุกจะมีเขียวอมเหลืองหรือเหลือง เปลือกจะเรียบผลสาเกอาจจะร่วงก่อนขณะที่ยังไม่แก่ ต้นสาเกที่โตเต็มที่จะให้ผล 50-100 ผล หรือประมาณ 23-45 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ต้นที่ติดผลดกอาจถึง 200ผล ต่อต้นต่อปี สาเกจะเก็บเกี่ยวผลได้ประมาณ 60-90 วัน หลังจากออกดอก ควรจะเก็บผลเมื่อยังมีลักษณะแข็งอยู่ และไม่ควรให้ผลหล่นกระทบพื้นดินเพราะจะทำให้ผลช้ำและเน่าง่าย ผลแก่จะเก็บไว้ได้ประมาณ 2-3 วัน หลังจากนั้นผลจะเริ่มสุก (วิสุทธิ์, 2542) ฤดูกาลออกผลของสาเกคือช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมและตุลาคม-พฤศจิกายน

1.1 พันธุ์

พันธุ์ของสาเกมีอยู่ด้วยกันสองชนิด คือ พันธุ์ข้าวเหนียวและพันธุ์ข้าวเจ้าได้แก่

1.1.1 พันธุ์ข้าวเหนียว ผลใหญ่ เนื้อแน่น เมื่อเชื่อมรับประทาน เนื้อเหนียว ไม่ร่วนซุย ชาวสวนนิยมปลูกพันธุ์นี้

1.1.2 พันธุ์ข้าวเจ้า ผลมักย่อมกว่าเนื้อค่อนข้างหยาบ ร่วนซุย ไม่แน่น เหมาะแก่การทำแป้ง

ในต่างประเทศนั้นถือว่า สาเกกับขนุนสำปะลอเป็นไม้ผลชนิดเดียวกัน ใช้ชื่อพฤกษศาสตร์เหมือนกัน ความจริงใบและผลก็เหมือนๆกัน แต่ชื่อสามัญแยกเรียกเป็น 2 พันธุ์ คือ

1.2.1 พันธุ์ไม่มีเมล็ด (seedless) ชื่อไทยเรียกว่า สาเก ส่วนชื่ออังกฤษทั่วไปเรียกว่า Bread fruit เนื้อทำแป้งและปรุงอาหาร

1.2.2 พันธุ์มีเมล็ด (seeded) ชื่อไทยเราเรียกว่า ขนุนสำปะลอ ชื่ออังกฤษทั่วไปเรียกว่า Bread nut ใช้เมล็ดรับประทาน (คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้และไม้โตเร็วอเนกประสงค์, 2540)

การใช้ประโยชน์ในประเทศไทยนั้นพบว่า จำกัดอยู่เพียงแค่การนำมาเชื่อมเท่านั้น แต่ในต่างประเทศนั้นได้มีการนำแปรรูปขนมต่างๆหลายชนิด ได้แก่ พาย ขนมเค้ก พุดดิ้งหรือขนมทอดกรอบ (Chips) โดยทำจากผลสาเกที่แก่นำผลสุกมาปอกเปลือก และแกนกลางก่อนที่จะนำมาสไลด์เป็นแผ่นนำไปทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส ประมาณ 30-40 นาที จนมีสีเหลืองทอง การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถยืดอายุการเก็บได้หลายวัน (Ragone, 1997)

2. <u>คุณค่าทางอาหาร</u>

สาเกเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดีกว่าพืชชนิดอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นพืชที่ให้แป้งที่มีโปรตีนดีกว่ามันสำปะหลัง มันฝรั่งหวาน กล้วย รวมถึงธาตุชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียม ไรโบเฟลวิน ไนอะซิน (Ragone, 1997) เนื้อของสาเกนั้นอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารดังตารางที่ 1

<u>ตารางที่ 1</u> คุณค่าทางอาหารของสาเก (ต่อสัดส่วน 100 กรัมที่รับประทานได้)

สารอาหารของ	กรรมวิธี				
ผลสาเกสด	1	2	3	4	5
น้ำ (ร้อยละ)	2.50	2.80-19.00	63.80-74.30	66.30	71.80
โปรตีน (กรัม)	4.10	29.50-5.00	0.70-1.80	0.90	3.80
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8.42	61.50-73.10	22.80-33.40	31.20	77.30
ไขมัน (กรัม)	1.10	0.80-1.93	0.26-0.65	0.71	2.36
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	50.00	-	15.20-31.10	21.00	-
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	163.00	-	-	352.00	-
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.90	-	0.29-1.40	0.96	-
โซเดียม (มิลลิกรัม)	2.80	-	-	7.10	-
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	-	-	0.07-0.12	-	-
ไรโบเฟลวิล (มิลลิกรัม)	0.20	-	0.03-0.10	-	-
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	2.40	-	0.81-1.96	-	-

<u>หมายเหตุ</u> 1 = Graham and Negron de Bravo (1981); 2 = Wootton and Tumalii (1984) ; 3 = Murai *et al*.(1958) ; 4 = Aalberg *et al*.(1998); 5 = Dalessandri and Boor (1994)

ที่มา: Ragone (1997)

3. <u>แป้งสาเก</u>

"แป้ง" (flour) ในการผลิตนั้น หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่มีสิ่งเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอยู่มากจะเรียก "ฟลาว์" (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) การผลิตแป้งสาเกในอุตสาหกรรมนั้น เพื่อทดแทนการนำเข้าแป้งสาลีโดยกรรมวิธีผลิตแป้งสาเกนั้นมีหลายวิธีเช่น นำผลสาเกมาปอกเปลือก คว้านไส้แล้วตัดเป็นชิ้น จากนั้นอบแป้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง (Ragone, 1997) หรือนำผลสาเกสุกมาปอกเปลือก คว้านไส้แล้วหั่นเป็นลูกบาศก์ ลวกที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีแล้วจึงอบแป้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงจากนั้นจึงบดและร่อนผ่านตระแกรง 177 μm. (Omobuwaja, 2003)

นอกจากนี้ยังมีวิธีโม่เปียกโดยกรรมวิธีคือ นำสาเกที่ปอกเปลือกและล้างเรียบร้อยแล้วมาบดนำมาตกตะกอนกับน้ำจากนั้นนำมากรองแล้วตกตะกอน 4 ชั่วโมงอีกครั้ง เมื่อได้แป้งแล้วจึงนำมาอบที่ 30$\pm$2 องศาเซลเซียส (Adebowale *et al*., 2004)

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาเกนั้น พบว่าประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 4.4 ไขมันร้อยละ 1.1 เถ้าและเส้นใยหยาบร้อยละ 6.4 อะมิโลสนั้นมีร้อยละ 18.2 นอกจากนี้ยังมีระดับกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ ไลซีน (lysine) ไธโอนีน (threonine) มากกว่าแป้งสาลี นอกจากนี้แป้งสาเกสามารถนำมาทดแทนแป้งสาลีในระดับร้อยละ 5.0–20.0 ในการทำขนมปังหรือในขนมอบต่าง ๆ เช่น บิสกิตหรือขนมขบเคี้ยว เช่น ขนมทอดกรอบ ข้าวเกรียบกุ้ง และนำไปทดแทนแป้งถั่วเหลืองหรือหางน้ำนมในระดับร้อยละ 5.0-10.0 (Ragone, 1997) นอกจากนี้จากการศึกษาคุณลักษณะของแป้งสาเกเปรียบเทียบกับวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ผลิตจากแป้งสาเกร้อยละ 93.0 โดยกรรมวิธีเอกซ์ทรูดพบว่าองค์ประกอบทางเคมีเป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละโปรตีนของแป้งสาเกกับวัตถุดิบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	โปรตีน (ร้อยละ)
แป้งสาเก	3.3
ผลิตภัณฑ์จากสาเก	3.7
ข้าวสาลี	13.0
ข้าวโพด	7.0
ข้าวโอ๊ต	14.0
ถั่วเหลือง	50.0
ข้าวเจ้า	6.6-8.5

ที่มา: Nochera and Moore (2001)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละไขมันของแป้งสาเกกับวัตถุดิบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ไขมัน (ร้อยละ)
แป้งสาเก	1.0
ผลิตภัณฑ์จากสาเก (กรรมวิธีเอกซ์ทรูด)	1.2
ข้าวสาลี	2.0
ข้าวเจ้า	0.8
ข้าวโพด	2.6
ข้าวกล้อง	2.3
ข้าวโอ๊ต	7.4

ที่มา: Nochera and Moore (2001)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละเยื่อใยของแป้งสาเกกับวัตถุดิบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	เยื่อใย (ร้อยละ)
แป้งสาเก	10.4
ผลิตภัณฑ์จากสาเก	11.1
แป้งสาลีอเนกประสงค์	2.7
แป้งข้าวโพด	13.0
แป้งโฮลวีท	13.0
แป้งข้าวกล้อง	4.6
แป้งข้าวเจ้า	2.4

ที่มา: Nochera and Moore (2001)

จากคุณสมบัติข้างต้นจะพบว่าแป้งสาเกนั้นจะมีปริมาณร้อยละของโปรตีนที่ต่ำกว่าแป้งชนิดอื่น หากแต่มีปริมาณร้อยละของเยื่อใยที่สูงกว่าแป้งอื่นซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนั้นมีความสำคัญต่อสุขภาพเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งยังช่วยรักษาระบบย่อยอาหาร (gastrointestinal function) และยังมีระดับคลอเรสเตอรอลต่ำ นอกจากนี้ยังมีผลต่อเนื้อสัมผัสและการพองตัวของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

4. ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

พฤติกรรมการบริโภคของคนไทยได้เปลี่ยนแปลงตามเศรษฐกิจและสังคม โดยคนไทยในปัจจุบันได้รับเอาวัฒนธรรมจากชาติตะวันตกโดยเฉพาะยุโรปและอเมริกามากขึ้น อีกทั้งมีแนวโน้มใส่ในสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าเร็จรูปจึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน อันเนื่องจากสามารถบริโภคแทนอาหารหลักได้และสะดวก รวดเร็ว อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (มลฤดี, 2545)

ปัจจุบันคนไทยได้รับเอาวัฒนธรรมจากชาติตะวันตกโดยเฉพาะยุโรปและอเมริกามากขึ้น อีกทั้งมีแนวโน้มใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าเร็จรูปจึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน อันเนื่องจากสามารถบริโภคแทนอาหารหลักได้และสะดวก รวดเร็ว อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (มลฤดี, 2545)

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากธัญชาติผ่านกระบวนการต่างๆให้เหมาะสมกับการบริโภคของมนุษย์ โดยอุตสาหกรรมดังกล่าวก่อตั้งขึ้นเมื่อปลายศตวรรษที่ 19 ในเมืองแบทเทล์อ กรีค (Battle Greek) รัฐมิชิแกน (Michigan) ประเทศสหรัฐอเมริกา ความเป็นมาของอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญชาติ เกิดจากความคิดริเริ่มผลิต “ อาหารเพื่อสุขภาพ” โดย W.K.Kellogg และ C.W. Post ซึ่งรับผิดชอบในการจัดอาหารมังสวิรัติให้กับชุมชนผู้บริโภค อาหารมังสวิรัติในสมัยนั้นจะมีลักษณะที่น่าเบื่อ และซ้ำๆเป็นแบบเดิมๆ ความคิดเกี่ยวกับอาหารเช้าจากธัญชาติที่สามารถบริโภคได้และย่อยได้ง่ายซึ่งกระบวนการผลิตอาหารเช้าจากธัญชาติจะประกอบด้วย การทำให้สุกและการทำแห้ง โดยที่สิทธิบัตรของ W.K.Kellogg ในกระบวนการเตรียมนั้นประกอบไปด้วยข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโอ๊ตและบาร์เลย์ ต่อมา Cadwallader C. Washburn ได้เริ่มต้นใช้แป้งเป็นส่วนผสม (Owens,2001)

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เติบโตอย่างรวดเร็วหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากแรงผลักดันทั้งจากการโฆษณาและการตลาด โดยเฉพาะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญชาติเป็นผลิตภัณฑ์ที่เริ่มเข้ามามีบทบาทมากขึ้น เพราะปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่เอื้ออำนวยต่อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ คือ สภาพสังคม เศรษฐกิจ ความเจริญทางเทคโนโลยี วัฒนธรรมของชาวตะวันตก สภาพการทำงานที่เร่งรีบ ต้องหันมาบริโภคอาหารเช้าที่สะดวกและรวดเร็ว สามารถเตรียมบริโภคได้เองที่บ้าน เก็บไว้ได้นาน หาซื้อได้ง่ายตามร้านค้าหรือห้างสรรพสินค้าทั่วไป

เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารเช้านั้นมีรสชาติที่อร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นที่นิยมบริโภคกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย โดยผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปมักบริโภคพร้อมนมสดหรือบริโภคเพียงอย่างเดียว อาหารที่ดีและเหมาะสมที่รับประทานกันประจำควรมีโปรตีน 2.5-3.0 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี่หรือโปรตีนอย่างน้อยร้อยละ 10.0-12.0 ของพลังงานทั้งหมด อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ดีควรมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่มค่อนไปทางแข็งเล็กน้อย เซลล์โครงสร้างเนื้อละเอียด (รูอากาศเล็กสม่ำเสมอและผนังเซลล์บาง) เนื้อค่อนข้างแน่น อัตราการพองตัว 3.0-3.4 เพราะจะได้ไม่นิ่มหรือเละ เมื่อรับประทานร่วมกับนม คุณค่าทางโภชนาการควรสูงเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เมื่อรับประทานร่วมกับนมสดหรือผลไม้เพียงอย่างเดียว (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2542)

จากการศึกษาในด้านโภชนาการพบว่าเด็กที่บริโภคอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญชาติจะได้รับปริมาณวิตามินเอ บี และเหล็กมากกว่าเด็กที่บริโภคอาหารเช้าประเภทอื่น ๆ เด็กวัยรุ่นที่บริโภคอาหารเช้าสำเร็จรูปที่มีใยอาหารเป็นประจำ จะทำให้ลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดได้ (เรวดี, 2545) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมีหลากหลายและมีผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับเพศและวัยของผู้บริโภคมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำหรับผู้หญิงโดยเฉพาะ ซึ่งมีการเสริมด้วยแคลเซียม เหล็ก กรดโฟลิก และวิตามินบีสิบสอง เป็นต้น (มลฤดี, 2545)

ในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปนั้น ธัญชาติจัดเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้า ซึ่งความเจริญทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าได้พัฒนามาจากกรรมวิธีการผลิตแบบง่าย ๆ คือ การนำเมล็ดพืชมาบดและต้มให้สุก เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคที่ทำได้ง่ายและประหยัดเวลาในการเตรียม บางครั้งมีการนำข้าวสาลีและข้าวโอ๊ตมาบริโภคเป็นอาหารเช้า โดยการบดและนำมาต้มให้สุก แต่การต้มจะใช้เวลานานซึ่งจะต้องมีวิธีการเพื่อลดเวลาในการเตรียม โดยการทำให้สุกมาก่อน จึงมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคเพื่อความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชั่น (Extrusion) มาแทนการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบดั้งเดิม ข้อดีของการใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชั่น คือ ประหยัดเวลา ประหยัดพลังงาน ลดแรงงานจากคน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ และมีความยืดหยุ่นต่อการใช้วัตถุดิบในสูตรการผลิต สามารถผสมส่วนผสมให้เข้ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้งเครื่องมือ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ (ประชา และ จุฬาลักษณ์, 2540)

4.1 ประเภทอาหารเช้าสำเร็จรูป

ธัญชาติที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูป ได้แก่ ข้าวสาลีรวมทั้งรำและฟารินาร้อยละ 37 รองลงมาคือ ข้าวโอ๊ตบดทั้งเมล็ดหรือแป้งข้าวโอ๊ตร้อยละ 30 ข้าวโพดบดร้อยละ 22 ข้าวเจ้าร้อยละ 11 สามารถแบ่งประเภทของอาหารเช้าสำเร็จรูปได้หลายประเภท ทั้งจากลักษณะทางกายภาพวิธีการบริโภคดังต่อไปนี้

4.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ก. ประเภทดั้งเดิม (Traditional cereal) ต้องใช้เวลาในการต้มก่อนบริโภคประมาณ 5-10 นาที ลักษณะเป็นเมล็ดพืชดิบ เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต

ข. ประเภทสุกทันที (Instant traditional hot cereal) โดยการเติมลงในน้ำเดือดบริโภคทันทีขณะร้อน ลักษณะเป็นเมล็ดธัญชาติที่ผ่านการทำให้สุกมาแล้ว

ค. ประเภทอาหารเช้าสำเร็จรูป (Ready-to-eat cereal) บริโภคได้ทันที เป็นธัญชาติที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยนำเมล็ดธัญชาติมาทำให้สุก และดัดแปลงรูปร่าง เช่น เป็นแผ่นพองกรอบหรือเป็นชิ้น อาจจะเติมน้ำ น้ำนม หรือโยเกิรต์ ปัจจุบันอาหารเช้าจากธัญชาติประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด

ง. ประเภทอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสม (Ready-to-eat cereal mix) ลักษณะเหมือนประเภทที่ 3 แต่มีส่วนผสมหลายอย่าง เช่น ธัญชาติอื่นๆ ถั่วต่างๆ เมล็ดพืชน้ำมันและผลไม้แห้ง

จ. ประเภทอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสม (Ready-to-eat cereal mix) ลักษณะเหมือนประเภทที่ 3 แต่มีส่วนผสมหลายอย่าง เช่น ธัญชาติอื่นๆ ถั่วต่างๆ เมล็ดพืชน้ำมันและผลไม้ประเภทอื่นๆ ที่ไม่สามารถจัดอยู่ในประเภทดังกล่าวได้

4.1.2 อาหารจากธัญชาติสามารถแบ่งตามวิธีในการบริโภคได้ 4 ประเภท

ก. โคลด์ซีเรียล (Cold cereal) เป็นอาหารเช้าจากธัญชาติที่นิยมบริโภคกับนมเย็น ได้แก่ คอร์นเฟลกส์ โกโก้ครั้นซ์ ฮันนี่สตาร์ และอื่นๆ มีปริมาณการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับตลาดของอาหารจากธัญชาติทั้งหมด

ข. ออลอินวันซีเรียล (All in one cereal) เป็นอาหารจากธัญชาตินิยมบริโภคโดยผสมกับน้ำอุ่นหรือน้ำร้อน เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผสมนม เช่น เนสวิต้า และอื่นๆมีปริมาณการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 30

ค. เบบี้ซัพพลีเมนท์ (Baby supplement) เป็นอาหารจากธัญชาติสำหรับเด็กอ่อนที่อายุตั้งแต่ 6 เดือนถึง 3 ขวบ เพราะมีเนื้อละเอียดและรับประทานได้ง่าย โดยการรับประทานผสมกับน้ำร้อนหรือดัดแปลงผสมกับน้ำผลไม้ ได้แก่ ซีรีแลค และอื่นๆมีปริมาณการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 20

ง. ฮอทซีเรียล (Hot cereal) เป็นอาหารจากธัญชาติที่นิยมบริโภคกับเครื่องดื่มร้อนประเภทต่างๆ อาทิ โกโก้ กาแฟ ฯลฯ ซึ่งได้แก่ เครกเกอร์โอ๊ต มีปริมาณการบริโภคประมาณร้อยละ 10 (เรวดี, 2545)

4.2 การตลาด

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทโคล์ดซีเรียล มีปริมาณการบริโภคมากที่สุด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปประเภทที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ โดยสามารถแบ่งส่วนครองตลาดของประเภทโคล์ดซีเรียลได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ (นิรนาม, 2548 ข)

4.2.1 กลุ่มเด็ก (Child segment)

โดยตลาดกลุ่มเด็กมีเป้าหมายที่กลุ่มวัยทวีน (Tweens) ที่มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 6-14 ปี การทำตลาดจะต้องมุ่งเน้นไปที่กลุ่มพ่อแม่ และกลุ่มเด็ก ๆ ไปพร้อม ๆกัน โดยเฉพาะกับการสื่อสารทางการตลาดจะเน้น 2 กลุ่มคือเพื่อจับจุดความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ การเข้าหาเด็กนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการสร้างแบรนด์ เพราะเด็กในวัยนี้จะมีอิทธิพลอย่างมากในการตัดสินใจว่าจะเลือกซื้อสินค้าของผู้ประกอบการรายใด ขณะที่กลุ่มที่เป็นพ่อแม่จะดูในเรื่องประโยชน์คุณสมบัติ (Benefit) ของตัวสินค้าว่าให้อะไรแก่ลูกบ้าง แต่ที่ผ่านมาตลาดซีเรียลสำหรับเด็กจะเป็นตลาดที่มีการแข่งขันที่รุนแรงที่สุด ในตลาดเด็กจะเน้นที่ส่วนประกอบของสารอาหารและการนำคาแร็กเตอร์การ์ตูนเข้ามาเป็นตัวช่วยในการสร้างแรงดึงดูดผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์จึงมีหลากหลายเช่น คุกกี้คริส์ปเนสท์เล่สตาร์ โกโก้ครั้นซ์ ฮันนี่สตาร์ ฮันนี่ (หมีพู) โกโก้ปีอป เป็นต้น

4.2.2 กลุ่มครอบครัว (All-Family segment)

อาหารเช้าจากธัญชาติที่มีกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคทุกคนในครอบครัวมีรสจืด เช่น คอนเฟล็กซ์ ฮันนีโกลด์ เป็นต้น มีส่วนครองตลาดร้อยละ16

4.2.3 กลุ่มผู้ใหญ่ (Adult segment)

ตลาดซีเรียลสำหรับผู้ใหญ่ มีการแบ่งแยกย่อยออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ซีเรียลที่เน้นเรื่องรสชาติ เช่น อัลมอนด์คลัสเตอร์ บานาน่าคลัสเตอร์ และซีเรียลที่เน้นในเรื่องของสุขภาพ ซึ่งในปัจจุบันเนสฟิตของเนสท์เล่จึงถือเป็นรายแรกที่ส่งผลิตภัณฑ์เข้ามาในตลาดเรื่องสุขภาพ โดยที่กลุ่มเป้าหมายนั้น คือ กลุ่มผู้ใหญ่ที่ห่วงใยสุขภาพ โดยตลาดซีเรียลสำหรับผู้ใหญ่นี้มีส่วนครองตลาดร้อยละ14

ตารางที่ 5 ส่วนแบ่งทางการตลาดซีเรียลปี 2547

ส่วนแบ่งทางการตลาดซีเรียลปี 2547	
ยี่ห้อ	ส่วนแบ่งตลาด (ร้อยละ)
เนสท์เล่	60
เคลล็อก	25
อื่นๆ	15

ที่มา: นิรนาม (2548 ข)

ตารางที่6 รายชื่อยี่ห้อและแสดงชื่อตราสินค้า

ยี่ห้อ	ชื่อตราสินค้า
เคลล็อกซ์	ฮันนี่โกลด์, สโนว์เฟลกส์และช็อคโกเฟลกส์ คอร์นเฟลกส์, Choco Pawx, โกโก้ป๊อบ, ไรซ์คริสปี้, Hunny Gold, ฟรอสตี้, โกโก้ ฟรอสตี้, ฟรูทลูป ช็อคโกเช็ค, Hunny(หมีพู), Macix , วีชาฟิท อัลเพนมูสลี่ไม่มีน้ำตาล, All-Brain, Special, Mueslix และ Tropical Eassion Orchar
เนสท์เล่	คุกกี้คริส์ป, เนสท์เล่ สตาร์, โกโก้ครันซ์, ฮันนี่สตารส์ไมโล, คอร์นเฟลกส์, สโนว์เฟลกส์, เนสฟิท บานาน่านัท, อัลมอนด์ คลัสเตอร์
โดเน่	โดเน่ช็อคโก, โดเน่ฟรุ๊ตตี้, โดเน่สวีทตี้, โดเน่ฮันนี่และโดเน่ช็อคโกบอลล์
Familia Cereal	ครอแคนด์, Familia รสหวาน, Swiss Hocobits, Swiss C.M., Ace
Alpen	Alpen รสสตรอเบอรี่โยเกิร์ต, Alpen รสแอปเปิ้ลโยเกิร์ต, Alpenรสฟรุ๊ตแอนด์นัท, Nutty, Caribian, Alpen No Sugar
Weetabix	Minidix ฟรุ๊ตแอนด์นัท, Minidix Hi Fiber Low Fat No Sugar
Hahne	มูสลี่ผลไม้รวม, เบิร์ช เชอร์มูส
ลีดเดอร์ไพร้ส	ออเร้นจ์, ชอคโก บอล, ธัญพืช ชอค

ที่มา: นิรนาม (2548 ข)

4.3 วัตถุดิบหลักจากธัญชาติที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูป

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบพวกธัญชาติ คือ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวเจ้า ข้าวบาร์เลย์

4.3.1 ข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่ตระกูลหญ้า (Gramineae) มีชื่อ วิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays*. เป็นธัญพืชที่รู้จักกันดีทั้งในยุโรปและส่วนต่าง ๆ ของโลก ข้าวโพดแป้งจะมีความแตกต่างจากธัญพืชอื่น ๆ โดยที่จะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดแก่ นอกจากนี้ยังต้องมีการทำให้แห้งก่อนที่จะทำการส่งหรือบด ในสหรัฐอเมริกานั้นข้าวโพดมักใช้ในการผลิตฮอตซีเรียล ขนมปังข้าวโพดและมัฟฟิน อย่างไรก็ตามข้าวโพดมักถูกเลือกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูป (Ragone, 1997) เป็นโครงสร้างของเมล็ดข้าวโพดแบ่งเป็นส่วนขั้ว ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและส่วนของเอ็นโดสเปอร์ม ซึ่งเป็นอาหารที่สะสมในเมล็ด ส่วนใหญ่เป็นแป้งมี 2 ชนิด คือ แป้งอ่อนเป็นแป้งที่เกาะกันหลวมๆมีสีขาวขุ่น และแป้งแข็งเป็นแป้งที่มีเซลล์รวมกันอยู่อย่างแน่นมีลักษณะค่อนข้างใส ส่วนเจิร์มซึ่งฝังตัวอยู่ในเอ็นโดสเปอร์ม (Endosperm) สามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 70 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแป้ง (starch) แป้งข้าวโพดจะมีอะมิโลส (Amylose) อยู่ร้อยละ 23 แป้งในธรรมชาติจะมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ไม่มีรสชาติ และไม่เหมาะสำหรับรับประทาน การทำให้แป้งอยู่ในลักษณะที่ย่อยง่ายและเป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค คือ การหุงต้มหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่บริโภคได้เลย (อรอนงค์, 2538)

4.3.2 ข้าวสาลี

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tricum sp.* ข้าวสาลีโดยทั่วไปในปัจจุบันจะถูกแปรรูปจากเมล็ดให้เป็นแป้งโดยวิธีการโม่แบบแห้ง เพื่อแยกส่วนเปลือกและคัพภะออกจากเนื้อในเมล็ดและบดเนื้อในเมล็ดให้เป็นแป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอและแป้งที่ได้นี้จะมีองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปจากข้าวสาลี โดยข้าวสาลีที่นำมาโม่นั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามความแข็งและสีของเมล็ดจัดเป็นข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard wheat) กับข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat) โดยที่แป้งสาลีชนิดชนิดอ่อนเหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์เนื่องจากไม่มีสีและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดชิ้น (Shredded products)

ในขณะที่แป้งสาลีชนิด Soft red wheat นั้นเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น โดยที่แป้งสาลีชนิดดูรัมนั้นเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดกรอบ (Ragone, 1997) ในด้านคุณค่าทางอาหารนั้นข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าธัญชาติชนิดอื่นๆ โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 12.0 ส่วนคาร์โบไฮเดรตนั้นเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในเมล็ดข้าวสาลีมีประมาณร้อยละ 83.0 (คิดจากน้ำหนักแห้งทั้งหมด) คาร์โบไฮเดรตที่มีมาก คือ สตาร์ช (Starch) นอกจากนั้นเป็น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เพนโตแซน (Pantosan) และน้ำตาล สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สำคัญมีประมาณร้อยละ 58.5 ของเมล็ดข้าวสาลีประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ อะมิโลส และอะมิโลเพคติน (Amylopectin) โดยมีสัดส่วนของอะมิโลสในสตาร์ชประมาณร้อยละ 23.0 และที่เหลือเป็นอะมิโลเพคตินร้อยละ 77 สำหรับเยื่อใยซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มักอยู่ในส่วนของผนังเซลล์มากกว่าส่วนอื่นๆ คือ มีในส่วนที่เป็นเปลือกหุ้ม ประมาณร้อยละ 12.0 –14.0 ในเอ็นโดสเปอร์มเพียงร้อยละ 0.1 ไขมันมีอยู่ในเมล็ดข้าวสาลีประมาณร้อยละ 1.8 ส่วนวิตามินบี ไทอะมิน (Thiamine) และไนอะซิน (Niacin) มีอยู่มากกว่าธัญชาติอื่น (เรวดี, 2545)

4.3.3 ข้าวโอ๊ต

ข้าวโอ๊ตเป็นพืชตระกูลหญ้า และมีชื่อสกุลว่า Avena โดยทั่วไปข้าวโอ๊ตใช้เลี้ยงสัตว์ และมีจำนวนน้อยเพียงร้อยละ 5 ที่นำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์ในลักษณะอาหารเช้าสำเร็จรูปและใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อีกเล็กน้อย เนื่องจากแป้งข้าวโอ๊ตมีกลูเตนน้อยมากจึงใช้ผสมกับแป้งสาลีเพียงเล็กน้อยเพื่อให้มีกลิ่นรส นอกจากนี้แป้งข้าวโอ๊ตยังมีสารป้องกันการเหม็นหืนเนื่องมาจากในแป้งข้าวโอ๊ตมีโปรตีน หรือ กรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydrosycinnamic acids) ที่ช่วยขัดขวางกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน (อรอนงค์, 2538)

ในด้านองค์ประกอบของข้าวโอ๊ตพบว่ามีความชื้นร้อยละ 8.2 โปรตีนร้อยละ 16.9 ไขมันร้อยละ 6.9 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 66.3 ข้าวโอ๊ตแตกต่างจากธัญชาติอื่นๆ คือ มีคาร์โบไฮเดรตอยู่น้อย แต่มีโปรตีนและไขมันสูงโปรตีนของข้าวโอ๊ตจะเป็นกลูบูลิน (Globulin) เป็นส่วนใหญ่ ข้าวโอ๊ตมีปริมาณไขมันสูงกว่าธัญชาติอื่นๆประมาณร้อยละ 4.0-10.0 เป็นไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 42.0-45.0 มีกรดไขมันลิโนเลอิคอยู่สูง เกลือแร่ในข้าวโอ๊ต ได้แก่ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก แคลเซียมและทองแดง ข้าวโอ๊ตและผลิตภัณฑ์จากข้าวโอ๊ตจะเป็นแหล่งของวิตามินโดยเฉพาะไทอะมีนและกรดแพนโตนีนิก (นิรมล, 2536) การนำข้าวโอ๊ตมาแปรรูปเพื่อเป็น

อาหารของมนุษย์จะใช้กระบวนการคล้ายคลึงกับธัญชาติอื่น โดยเริ่มจากนำข้าวโอ๊ตที่ทำความสะอาดแล้วเข้าเครื่องแยกสิ่งเจือปน ต่อจากนั้นเข้าเครื่องกระเทาะเปลือก เมล็ดข้าวโอ๊ตที่ได้จะส่งไปยังเครื่องบดให้เป็นแป้งหรือส่งไปยังเครื่องบีบให้เป็นแผ่น ซึ่งแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วยสารอาหารสำคัญคือ โปรตีน ไขมันและเส้นใย ในปริมาณที่แตกต่างกันไป

4.3.4 ข้าว

ข้าวมีทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryzae sativa L.* เป็นพืชที่มีความสำคัญ อันเนื่องมาจากเป็นอาหารหลักของประชากรโลกมากกว่าครึ่งหนึ่ง และเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและอบอุ่นสามารถขึ้นได้ตั่งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับสูงประมาณ 3000 เมตร นอกจากนี้ยังทนต่อสภาพดินหลากหลายตั้งแต่พื้นที่ดินที่น้ำท่วมสูงจนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา ผลผลิตของการค้าข้าวโลกปี 2546 คาดว่าปริมาณการค้าจะอยู่ที่ประมาณ 26.6 ล้านตัน (อรอนงค์, 2547) ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่าแป้งข้าวคล้ายคลึงกับแป้งข้าวโพดโดยมีทั้งอะมิโลส และอะมิโลเพคติน ในสหรัฐอเมริกาได้มีการนำเมล็ดข้าวขนาดสั้นและกลางในแคลิฟฟอร์เนียมาทำผลิตภัณฑ์อาหารเช้า นอกจากนี้ยังมีการบดข้าวเพื่อใช้ในการทำอาหารเช้าสำเร็จรูปอีกด้วย (Ragone, 1997)

4.3.5 ข้าวบาร์เลย์

ข้าวบาร์เลย์เป็นธัญชาติที่มนุษย์รู้จักมาแต่โบราณอีกชนิดหนึ่ง ในปัจจุบันนิยมใช้เลี้ยงสัตว์และแปรรูปเป็นข้าวมอลต์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์ นอกจากนี้ยังเป็นที่ต้องการในด้านผลิตกลิ่นรสอีกด้วย โดยปกติแล้วในด้านอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้ข้าวบาร์เลย์บดมากกว่าธัญพืชประเภทอื่นเช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด นอกจากนี้ยังนำแป้งบาร์เลย์เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ประเภทอบต่างๆ อาหารเช้าสำเร็จรูปและอาหารสำเร็จทารก (Ragone, 1997) ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวบาร์เลย์นั้น ประกอบไปด้วยสตาร์ชร้อยละ 63.0-65.0 น้ำตาลร้อยละ 1.0-2.0 น้ำตาลอื่นๆร้อยละ 1.0 กัมที่ละลายได้ร้อยละ 1.0 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 8.0-10.0 ไขมันร้อยละ 2.0-3.0 โปรตีนร้อยละ 8.0-13.0 เถ้าร้อยละ 2.0-2.5 และสารประกอบอื่นๆอีกประมาณร้อยละ 5.0-6.0 สตาร์ชของข้าวบาร์เลย์ปกติจะประกอบไปด้วยอะมิโลสร้อยละ 24.0 (อรอนงค์, 2547)

4.4 ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

4.4.1 สตาร์ช

ในสูตรการผลิตอาหารเช้าจากธัญชาติ ส่วนผสมจะมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณมากกว่าสารอาหารอื่น แป้งจะมีความสำคัญต่อการพองตัว (Anderson *et al*., 1969) ปริมาณสตาร์ชที่น้อยกว่าร้อยละ 60 จะทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบแข็ง เนื้อแน่น พองตัวน้อย

4.4.2 อะมิโลส

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ชนิดแอลฟา - 1,4 (α –1,4) แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณร้อยละ 28 แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณร้อยละ 20 แป้งข้าวเหนียว (waxy starch) ไม่มีอะมิโลสเลย และแป้งข้าวโพดอะมิโลเมส (amylomaize) มีอะมิโลสสูงมากถึงร้อยละ 80 น้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 10^5 ถึง 10^6 ดาลตัน ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป ในแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าในแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี แป้งแต่ละชนิดมีขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization, DP) ของอะมิโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1000 ถึง 6000 ซึ่ง สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสในช่วง 200 ถึง 1200 แป้งที่มีโมเลกุลของอะมิโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)ลดลง ในธรรมชาติอะมิโลสมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มาก

อะมิโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น บิวทานอล กรดไขมัน สารลดแรงตึงผิว ฟีนอลและไฮโดรคาร์บอน สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายในน้ำ โดยอะมิโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ (Galliard, 1987) นอกจากนี้อะมิโลสที่รวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะมิโลส

ตำแหน่งของอะมิโลสภายในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแป้ง อะมิโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มของอะมิโลเพคติน บางส่วนกระจายอยู่ในส่วนอสัณฐาน (amorphous) และส่วนผลึก(crytaline) ในแป้งสาลีพบอะมิโลสอยู่ในส่วนอสัณฐาน ในแป้งมันฝรั่งพบอะมิโลสอยู่ร่วมกับอะมิโลเพคตินในส่วนผลึก การศึกษาการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งมันฝรั่ง (Jane, 1999) พบอะมิโลสในส่วนรอบนอกของเม็ดแป้งมากกว่าที่จะอยู่ในส่วนใจกลางเม็ดแป้ง อะมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะพบเป็นเกลียวคู่กับอะมิโลเพคตินอยู่ใจกลางเม็ดแป้ง สำหรับอะมิโลสขนาดโมเลกุลเล็กจะพบอยู่ตามขอบเม็ดแป้ง (Oates, 1997) จากการศึกษาครอสลิงของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินจากแป้งข้าวโพดและแป้งมันฝรั่ง พบว่า อะมิโลสกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนของอะมิโลเพคตินมากกว่าที่จะรวมกันเป็นกลุ่ม

โครงสร้างของอะมิโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบคือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) หรือ ม้วนอย่างไม่เจาะจง (random coil) ในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง อะมิโลสอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว แต่ในตัวทำละลายบางชนิดอะมิโลสจะอยู่ในลักษณะม้วนอย่างไม่เจาะจง นอกจากนี้โครงสร้างของอะมิโลสยังขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลด้วย อะมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 6,500 ถึง 160,000 จะอยู่ในลักษณะเกลียวคู่ที่แข็ง (double helixs) ส่วนอะมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 6,500 หรือมากกว่า 160,000 จะมีโมเลกุลเป็นม้วนอย่างไม่เจาะจง และอาจมีบางส่วนละลายได้

4.4.3 อะมิโลเพคติน

อะมิโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก α –1,4 และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก α –1,6

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะกลูโคซิกชนิด α –1,6 มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะมิโลเพคตินทั้งหมด ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพคตินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะมิโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลส คือ ประมาณ 10^7 ถึง10^9 ดาลตันและมีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะมิโลเพคตินประกอบด้วยสายโซ่ 3 ชนิด คือ

ก. สายA (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (unbranched structure)

ข. สายB (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สายหรือมากกว่าโครงสร้าง อะมิโลเพคตินประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8-0.9 : 1

ค. สายC (C-chain) เป็นสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ ในอะมิโลเพคตินแต่ละโมเลกุล ประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

เมื่อนำอะมิโลสและอะมิโลเพคตินมาย่อยด้วยเอนไซม์ที่ย่อยพันธะกิ่ง (debranching enzyme) เช่น ไอโซอะมิเลส (isoamylase) และพูลูลาเนส (pullulanase) เป็นต้น และนำไปแยกโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีชนิดแบบการจำเพาะขนาด (size exclusion chromatography) พบว่า โครงสร้างของแป้งจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีขนาดต่างๆกัน 3 กลุ่ม ตามความสามารถในการเกิดปฏิกิริยากับไอโอดีน (ค่าความยาวคลื่นสูงสุด, λ_{max} และค่าความเข้มของสีน้ำเงิน, Blue Value) ได้แก่ส่วนที่ 1 (Fraction I) ส่วนที่ 2 (Fraction II) ส่วนที่ 3 (Fraction III) โดยส่วนที่ 1 จะประกอบด้วยอะมิโลส ในขณะที่ส่วนที่ 2 และ 3 เป็นส่วนของอะมิโลเพคตินที่มีขนาดยาวสายต่างกัน ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยสาย B ที่มีขนาดยาว (long B chain) ซึ่งมีขนาดโมเลกุลประมาณ 45 หน่วย และส่วนที่ 3 ประกอบด้วยสาย B ที่มีขนาดสั้นและสาย A (Short B และA chains) ซึ่งมีขนาดโมเลกุลประมาณ 15 หน่วย เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างละเอียดของอะมิโลเพคติน โดยการย่อยอะมิโลเพคตินด้วยเอมไซม์ที่ย่อยพันธะกิ่งและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบการแลกเปลี่ยนประจุแอนไอออนพบว่าขนาดของสายโซ่ในโครงสร้างอะมิโลเพคตินจะมีตั้งแต่ขนาดโมเลกุลเล็ก (DP6) จนถึงขนาดโมเลกุลใหญ่ (DP 50-60)

สำหรับอะมิโลเพคตินของแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันปะหลัง และมันฝรั่ง ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80-90 ประกอบด้วยกลุ่มเดี่ยวๆ และสายที่เหลืออีกร้อยละ 10-20 จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยสายประมาณ 22-25 สาย ทำให้เกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้ง ในการจับกันเป็นกลุ่มของอะมิโลเพคตินทำให้เกิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์ ภายในเม็ดแป้ง

ประกอบด้วยวงแหวน (growth ring) หนาแน่น ซึ่งสังเกตได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ชนิดอิเล็กตรอน ลักษณะเม็ดแป้งที่เปียกและสดจะสังเกตเห็นวงแหวนได้ง่าย เม็ดแป้งขนาดใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งต้นพุทธรักษาที่ผ่านการแช่น้ำจะสังเกตเห็นวงแหวนได้ชัดเจน ในแป้งที่แห้งจะไม่พบวงแหวน สำหรับเม็ดแป้งขนาดเล็ก เช่น แป้งข้าวบาร์เลย์และแป้งข้าวเจ้าจะสังเกตได้ยากจากการส่องกล้องจุลทรรศน์ แต่สามารถสังเกตเห็นได้เมื่อนำแป้งผ่านปฏิกิริยาเคมีหรือเอนไซม์และศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดอิเล็กตรอนจากโครงสร้างของวงแหวน แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเจริญของเม็ดแป้ง โดยเนื้อเยื่อชั้นแรกเจริญมาจากศูนย์กลางของเม็ดแป้ง (hilum) ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนปลายที่มีหมู่รีดิวซิง (reducing end) ของโมเลกุลแป้งมีส่วนปลายที่ไม่มีหมู่รีดิวซิงของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินแผ่กระจายออกไป (Oates, 1997) จุดเชื่อมกิ่ง (branch point) ของอะมิโลเพกตินอยู่ในส่วนอสัณฐาน (amorphous) และสายอยู่ในส่วนผลึก (crystaline) (French, 1979)

อะมิโลเพคตินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะมิโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้ ดังนั้นเมื่อมีอะมิโลเพคตินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อสร้างเม็ดแป้งได้ ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแป้งแตกต่างกัน (Oates, 1997)

4.4.4 เยื่อใย

การเพิ่มเยื่อใยในส่วนผสมของวัตถุดิบประมาณร้อยละ 20-30 จะลดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ เยื่อใยส่วนใหญ่จะได้จากธัญชาติ เช่น รำข้าว เป็นอนุภาคที่ใหญ่และแข็ง ซึ่งเกิดจากเซลลูโลส อนุภาคเหล่านี้จะไม่แตกหักระหว่างการเอกซ์ทรูดจะหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีผลต่อเนื้อสัมผัสและการพองตัวของผลิตภัณฑ์

4.5 การผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบพร้อมบริโภค

ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะต่างๆกัน 5 ลักษณะดังนี้

4.5.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น (Flaked products)

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มักทำจากข้าวโพด ข้าวสาลีและข้าว เรียกว่า คอร์นเฟลก (Corn flakes) วีตเฟลก (Wheat flakes) และไรซ์เฟลก (Rice flakes) ตามลำดับ โดยมีความหมายมาจากการนำธัญชาตินั้นมาทำความสะอาด ปรับความชื้นให้เหมาะสม บดโดยใช้ลูกกลิ้ง 2 ตัวทำให้แบน ทำให้สุกโดยใช้ความดันช่วยให้สุกเร็วขึ้น เติมกลิ่นรส (มอลต์ เกลือ น้ำตาล และอื่น ๆ) จากนั้นทำให้แป้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 15-20 แล้วพักไว้ประมาณ 24-72 ชั่วโมง จึงนำมาบดให้แบนด้วยลูกกลิ้งที่หนักมาก ปิ้งหรือย่าง (toasted) ให้สุก ทำให้เย็น พร้อมบริโภคทันที (อรอนงค์และลินดา, 2536)

หัวใจสำคัญของกระบวนการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น คือ ลูกกลิ้งที่ทำให้เกิดแผ่น ต้องมีการจัดเตรียมลูกกลิ้ง ขนาดและความสม่ำเสมอของชิ้นผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปทำให้เกิดแผ่น สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นผลิตภัณฑ์ก่อนทำให้เกิดแผ่นกับผิวหน้าของลูกกลิ้งจะต้องมากพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ตกลงในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งได้ ซึ่งผิวหน้าของลูกกลิ้งจะต้องไม่เรียบ มีความขรุขระเล็กน้อย จึงจะสามารถบีบอัดชิ้นผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม เมื่อชิ้นอาหารเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง ส่วนกลางของชิ้นอาหารจะถูกบีบอัดขยายออกและจะเกิดลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นช่องว่างในขั้นตอนการปิ้งหรืออบ หลังจากชิ้นอาหารถูกทำให้เป็นแผ่นแล้วต้องเอาออกจากลูกกลิ้ง โดยใช้ใบมีด ชิ้นอาหาร (flake) ที่หลุดออกจากลูกกลิ้งได้ง่าย ไม่เหนียวติดลูกกลิ้ง จะเป็นลักษณะ flake ที่ดี (Guy, 1994)

4.5.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดกรอบ (Puffed products)

เป็นผลิตภัณฑ์ทำจากธัญชาติทั้งเมล็ดหรือจากแป้งที่นวดจนเป็นโด (dough) อาจใช้แป้งผสมหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพดบดหยาบ แป้งข้าวโอ๊ตผสมแป้งมันปะสำหลัง หรือแป้งข้าวไรน์นวดกับน้ำให้เป็นโด (ความชื้นร้อยละ 30-35) เติมน้ำตาล เกลือ และน้ำมันทำให้สุกภายใต้ความดันทำให้แป้งจนมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 14-16

นำเข้าเครื่องเอกทรูซ์เดอร์จนได้รูปร่างและขนาดตามต้องการหรืออาจได้จากการนำเอาเมล็ดธัญชาติที่ความสะอาดและปรับความชื้นดีแล้ว ใส่ลงในหม้ออัดความดัน ให้ความร้อนด้วยไอน้ำ ทำให้ความดันและอุณหภูมิภายในเพิ่มสูงขึ้นจนสตาร์ชสุกเป็นเจล เมื่อผลิตภัณฑ์ออกมาพบกับสภาพความดันต่ำภายนอกน้ำจะระเหยกลายเป็นไอทันทีทันใดดันให้ธัญชาติที่ได้พองตัว และมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 3 จากนั้นนำไปย่างให้สุกและทำให้เย็นผลิตภัณฑ์ชนิดนี้อาจจะนำมาเคลือบด้วยน้ำเชื่อม แล้วจึงค่อยทำให้เย็นอีกครั้งก่อนบรรจุลงในภาชนะ

4.5.3 ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดชิ้น (Shredded products)

นำวัตถุดิบที่ใช้มาทำความสะอาดต้มกับน้ำโดยใช้ความร้อนจากแก๊สหรือไอน้ำรอบชั้นนอกของหม้อต้ม จนได้เป็นเมล็ดที่นิ่มและเหนียวเป็นยาง มีความชื้นประมาณร้อยละ 43 สตาร์ชภายในเมล็ดเกิดการเจลาติไนส์เต็มที่ แล้วจึงทำให้เย็นลง พักทิ้งไว้ในถังปรับสภาพความชื้นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง จึงส่งเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นโดยตัวเครื่องจักรประกอบไปด้วยลูกกลิ้งหลายคู่แต่ละคู่จะมีลูกกลิ้งผิวเรียบอยู่ด้านบน และลูกกลิ้งผิวฟันเลื่อยแบบโค้งอยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดการขูดเป็นชิ้นเมื่อผ่านวัตถุดิบที่สุกแล้วเข้าไประหว่างลูกกลิ้งทั้งสองจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นชิ้นๆ ออกมาและผ่านไปยังเครื่องตัดเป็นชิ้นให้เท่า ๆ กัน ส่งไปยังเตาอบอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ต่อจากนั้นจึงทำให้แห้งจนมีความชื้นเพียงร้อยละ 1 ทำให้เย็นลงแล้วบรรจุในถังเพื่อเตรียมส่งไปบรรจุในภาชนะที่เหมาะสมต่อไป (ไพจิตร, 2534)

4.5.4 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดเม็ด (granular)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ทำมาจากแป้งสาลีทั้งเมล็ดหรือแป้งสาลีคุณภาพต่ำหรือแป้งข้าวบาร์เลย์งอก นำมาผสมกับเกลือ น้ำ ยีสต์ ทำให้เป็นโดแล้วหมักไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ปั้นเป็นก้อนขนมปังขนาดใหญ่ประมาณ 10 ปอนด์ อบให้สุกนำมาบดเป็นเม็ดหรือเกล็ด ทำให้แห้งและบดจนได้ขนาดตามต้องการ (อรอนงค์ และ ลินดา, 2536)

4.5.5 ผลิตภัณฑ์เคลือบน้ำตาล (Sugar-coated products)

นำผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นหรือพองกรอบมาเคลือบด้วยน้ำตาลหรือน้ำเชื่อม โดยใช้น้ำเชื่อมซูโครสผสมน้ำผึ้งเพื่อให้เคลือบติดแบบใสและแห้งไม่เหนียวเยิ้มเมื่อถูกความชื้น ผลิตภัณฑ์เคลือบน้ำตาลจะมีน้ำตาลเพิ่มจากเดิมร้อยละ 7 เป็น 43 สำหรับคอรน์เฟลกและจากร้อยละ 2 เป็น 51 สำหรับพัฟวีต (puffed wheat) ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบพร้อมที่จะบริโภคได้เลยเป็นที่นิยมของชาวยุโรปและอเมริกา โดยเฉพาะในเด็กเล็กและเด็กวัยเรียน เนื่องจากบริโภคได้ทันทีไม่ต้องเสียเวลาเตรียม มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอสำหรับมื้อเช้าและเพียงพอสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปนิยมบริโภคพร้อมนมสด อาจจะปรุงด้วยผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น กล้วย สตรอเบอรี่ เป็นอาหารเช้าที่มีคุณค่าทางอาหารอย่างเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต เพราะทางบริษัทผู้ผลิตมักจะเสริมคุณค่าทางอาหารเข้าไปในผลิตภัณฑ์เช่น วิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน แป้งถั่วเหลือง นมผงขาดมันเนยและเคซีนเป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปมีคุณค่าทางอาหารทั้งเป็นแหล่งของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุและกรดไขมันต่างๆโดยการเสริมวัตถุดิบต่าง ๆ ข้างต้น เป็นอาหารที่เหมาะสำหรับทุกเพศทุกวัย (ไพจิตร, 2534; Nesheim and Lockhart, 1993)

5. <u>การใช้รังสีไมโครเวฟ</u>

พลังงานจากรังสีไมโครเวฟเป็นพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ความถี่ 2,450 MHz หรือ 915 MHz การให้ความร้อนด้วยตู้อบไมโครเวฟแตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยเครื่องอบธรรมดา คือ เครื่องอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุก โดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธี คือ การนำ การพาและการแผ่รังสี แต่ตู้อบไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงถึง 2,450 ล้านรอบ/วินาที ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไป จนเกิดเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานจลน์นี้เองจะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วกว่าการประกอบอาหารด้วยระบบอื่นๆ

เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนขึ้นทั้งชิ้นพร้อมกับเกิดการระเหยความชื้น จึงเป็นการช่วยแก้ปัญหาเรื่องที่อาหารมีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำได้ ทำให้สามารถป้องกันความเสียหายของผิวหน้าอาหารได้ ช่วยปรับปรุงการถ่ายเทความชื้นในช่วงท้ายของการทำแห้ง และลดการเกิดเปลือกแข็ง มีการใช้ไมโครเวฟสำหรับการทำแห้งอาหารที่แห้งแล้วเป็นบางส่วนในขั้นตอนสุดท้าย ทั้งนี้รังสีไมโครเวฟจะเลือกให้ความร้อนเฉพาะส่วนที่ชื้นโดยที่ส่วนที่แห้งจะไม่ได้รับผลกระทบแต่อย่างใด ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องให้ความร้อนแก่อากาศในปริมาณมาก ทำให้สามารถลดการเกิดออกซิเจนในอากาศ

การอบแห้งขั้นสุดท้ายโดยไมโครเวฟเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพอบสำหรับผลิตภัณฑ์ชิ้นบางๆ เช่น บิสกิตและขนมปังกรอบ เครื่องอบแบบดั้งเดิมจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง แต่ค่าการนำความร้อนจะลดต่ำลงเมื่ออบต่อไป จึงต้องใช้เวลานานมากในการอบจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารโดยไม่ให้สีผิวเปลี่ยนแปลงมาก มีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนโดยพลังงานไมโครเวฟที่ทางออกของเครื่องอบแบบอุโมงค์ เพื่อลดความชื้นและทำให้เกิดการอบอย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดการเปลี่ยนสี วิธีนี้จะช่วยลดเวลาในการอบได้ถึงร้อยละ 30 และช่วยเพิ่มผลิตในการอบด้วย (วิไล, 2545)

6. <u>การเคลือบ</u>

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเอกซ์ทรูชันนั้นอาจมีการแต่งเติมกลิ่นรส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความอร่อยมากขึ้น กลิ่นรสที่เลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์และความต้องการของผู้บริโภค การเคลือบกลิ่นรสจะช่วยเพิ่มคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ทำให้มีกลิ่นรสมากขึ้น เพิ่มความหลากหลายและมูลค่าของผลิตภัณฑ์พื้นฐานได้ วิทัศน์ (2546) ได้แบ่งการเคลือบสารปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหารขบเคี้ยวนั้นออกได้ 3 วิธี ได้แก่

6.1 การเคลือบสารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบขั้นตอนเดียว (Single-stage seasoning)

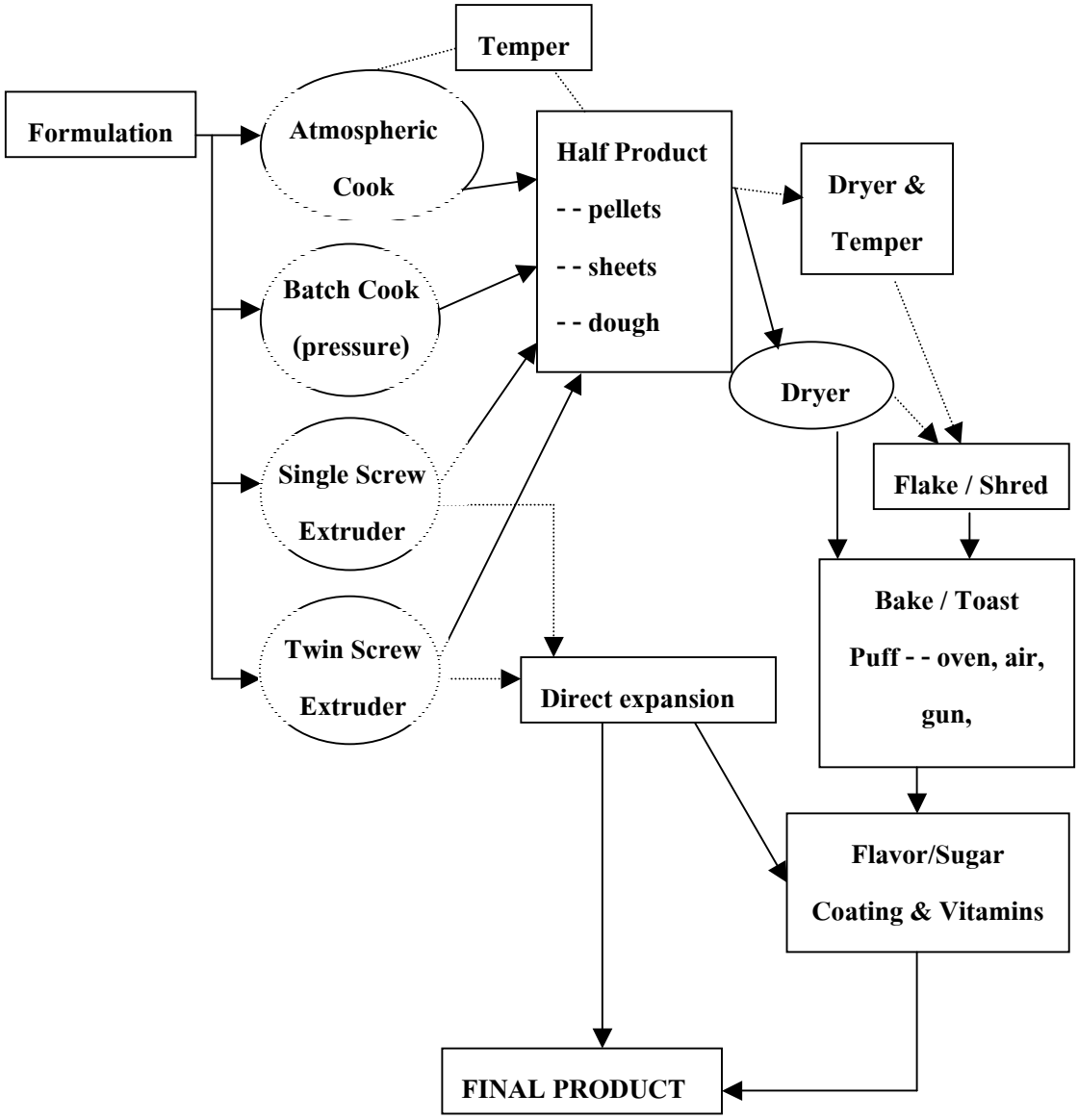
วัตถุดิบที่ใช้ปรุงแต่งแบบขั้นตอนเดียวมักจะเป็นการผสมกลิ่นรสกับเครื่องปรุงรสที่เป็นผงแห้ง สำหรับเครื่องปรุงรสแบบที่เป็นของเหลว (liquid) มักอยู่ในรูปน้ำมัน (oil-based) ซึ่งไม่รวมถึงซอสหรือวัตถุให้กลิ่นรสที่ละลายได้ในน้ำ การเคลือบสารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบนี้นิยมใช้เมื่ออาหารขบเคี้ยวมีความมัน และความชื้นเพียงพอที่ผงกลิ่นรสสามารถเกาะติดได้ โดยการใส่กลิ่นรสลงไปให้เกาะติดกับตัวผลิตภัณฑ์

6.2 การเคลือบสารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบใช้ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic seasoning)

กรรมวิธีนี้ขนมขบเคี้ยวจะอยู่ด้านล่างของถังเคลือบแบบลูกกลิ้ง (coating drum) โดยที่จะใช้กลิ่นรสที่เป็นผง ส่วนเครื่องปรุงรสจะถูกส่งมาที่แทงค์ส่วนผสม บริเวณที่ใช้ผสมมีการปล่อยพลังงานกระตุ้นออกมา ทำให้ผงกลิ่นรสได้รับพลังงานแล้วถูกนำพามาด้วยอากาศมาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารปรุงรสที่ใช้ต้องมีอนุภาคเล็กเพื่อสะดวกต่อการนำพาโดยอากาศ

6.3 การเคลือบสารปรุงแต่งกลิ่นรสสองขั้นตอน (Two-stage seasoning)

การเคลือบกลิ่นรสโดยการพ่นน้ำมัน กัมอราบิค (gum Arabic) หรือสตาร์ชเดกซ์ตริน ที่ละลายในน้ำลงบนตัวผลิตภัณฑ์ก่อน จากนั้นก็ตามด้วยกลิ่นรสที่ต้องการ วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีของเหลวหรือความชื้นอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์น้อย นอกจากการเคลือบกลิ่นรสแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารเช้ายังมีกระบวนการในการเคลือบน้ำตาลอีกด้วย โดยการใช้อุณหภูมิสูงจากนั้นจึงใช้วิธีพ่นเคลือบไปที่ผิวแบบบาง ๆ น้ำตาลซูโครสนิยมนำมาใช้ในการเคลือบเนื่องจากความหนืดต่ำทำให้ง่ายต่อการพ่น แต่วิธีดังกล่าวข้างต้นอาจก่อให้เกิดปัญหาทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างการอบครั้งสุดท้ายหรือการตกผลึกอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนากรรมวิธีในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวโดยวิธีของ Roufs และคณะ โดยการพ่นสารละลายน้ำตาลให้อยู่ในรูปของไอน้ำ ในขณะที่กรรมวิธีของ Kelloge นั้นจะให้ความร้อนสูงกับน้ำเชื่อมแล้วเพิ่มความดัน วิธีทั้งสองช่วยในการพัฒนาในด้านการเคลือบทำให้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากนี้แล้วผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปยังมีการเคลือบวิตามิน น้ำมัน สารปรุงรสเป็นองค์ประกอบอีกด้วย กรรมวิธีโดยทั่วไปในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปเป็นดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แผนภาพกระบวนการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปทั่วไป

ที่มา: Kulp *et al.* (2000)

7. <u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

Adebowale *et al*. (2004) ศึกษาการดัดแปรแป้ง (starch) จากสาเกด้วยวิธีการต่างๆได้แก่ กระบวนการออกซิเดชั่น (BOS) กระบวนการอะซิทิเลชั่น (BACS) การแปรรูปด้วยความร้อนชื้น (BHMTS) และการแช่ (BANS) คุณสมบัติของแป้งเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งท้องถิ่น (BNS) พบว่า แป้งที่ดัดแปรทั้ง 3 ชนิดมีความชื้นในระดับที่สูงกว่ายกเว้นแป้งที่แปรรูปด้วยความร้อนชื้น (BHMTS) ที่มีระดับความชื้นต่ำกว่า ระดับเยื่อใยนั้นลดลง ยกเว้นแป้งท้องถิ่นและแป้งที่แปรรูปด้วยการแช่ที่มีระดับเท่ากันคือร้อยละ 0.42 ส่วนโปรตีนและไขมันมีระดับลดลงหลังจากทำการสกัด สำหรับกรรมวิธีการสกัดแป้งด้วยวิธีกระบวนการอะซิทิเลชั่น กระบวนการออกซิเดชั่นและการแปรรูปด้วยความร้อนชื้น จะช่วยในการพัฒนาในด้านการพองตัวได้ดีกว่าวิธีแป้งท้องถิ่น จากผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการดัดแปรแป้งทุกชนิดทำให้ความสามารถในการถูกละลายลดลงของแป้งลดลง นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาเกแทนแป้งสาลีนั้นจะมีผลทำให้เพิ่มค่าการเจือปนในด่างเพิ่มขึ้นอีกด้วย

Omobuwajo (2003) ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบและค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้ง ขนมทอดกรอบและขนมปังกรอบจากสาเก โดยทำการทดแทนแป้งสาเกในขนมปังกรอบอัตราส่วน 33 50 67 และ 100 ตามลำดับ พบว่าค่าคุณภาพทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมากเพียงพอกับความต้องการในแต่ละวัน ถึงแม้ว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในขนมปังกรอบที่ทำการทดแทนด้วยแป้งสาเกทั้งหมดมีค่าคะแนนการยอมรับด้านความชอบรวมต่ำทั้งหมด จากการศึกษาข้อมูลทำให้พบว่าแป้งสาเกเหมาะสำหรับอาหารประเภทอาหารแบบเร่งด่วน

Nochera *et al* (2001) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกรรมวิธีเอกทรูซ์เดอร์ และการพัฟในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งสาเกโดยผ่านเครื่องเอกทรูซ์เดอร์แบบเกลียวคู่พบว่า ความกรอบของผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเหมือนกัน ในด้านของค่าคะแนนสีและกายภาพระหว่างผลิตภัณฑ์ธัญพืชแป้งสาเกที่ผ่านการเอกทรูดซ์กับผลิตภัณฑ์ธัญพืชจากข้าวในอุตสาหกรรมพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เรวดี (2545) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากกากถั่วเหลืองที่เหลือจากน้ำนมถั่วเหลือง พบว่า สูตรประกอบด้วยแป้งข้าวโพด 38.50 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 21.60 แป้งกากถั่วเหลืองร้อยละ 16.90 น้ำตาลร้อยละ 8.00 นมผงร้อยละ 5.00 แบะแซร้อยละ 4.00 โกโก้ร้อยละ 3.00 เกลือร้อยละ 2.50 กลิ่นรสช็อคโกแลตร้อยละ 0.50 และมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 2.00 กรัมต่อส่วนผสมแห้ง 100.00 กรัม ผสมส่วนผสมแห้งกับน้ำในอัตราส่วนเท่ากับ 2 : 1 ทำการผสม ขึ้นรูปเป็นชิ้นและรีดเป็นแผ่น จากนั้นนำไปนึ่งด้วยไอน้ำ 15 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำไปทำให้เกิดการพองตัวที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

ประชาและจุฬาลักษณ์ (2542) ได้ทำการพัฒนาอาหารเช้าธัญชาติพร้อมบริโภคที่มีปลายข้าวเจ้าบดเป็นองค์ประกอบหลักด้วยการอัดพอง พบว่า เมื่อนำแป้งถั่วเหลืองใส่รวมเป็นองค์ประกอบรวมกับปลายข้าวเจ้าทำให้อาหารเช้าที่พัฒนาได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น

จิราภา (2539) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีอะมิโลสต่ำ มีความเหมาะสมที่สุดและสูตรผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปประกอบด้วย แป้งข้าว แป้งถั่วเหลือง น้ำตาลทราย เลซิทิน เกลือและโปรตีนนม คิดเป็นร้อยละ 68.55, 12.00, 11.00, 0.06, 2.39 และ 6.00 โดยน้ำหนักตามลำดับ

นิรมล (2536) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้จากถั่วมะแฮะพบว่า ได้สูตรที่เหมาะสมดังนี้ แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 54.07 แป้งข้าวโพด 21.64 น้ำตาลร้อยละ 9.01 นมผงพร่องมันเนยร้อยละ 8.34 โกโก้ร้อยละ 4.24 กลูโคสไซรัปร้อยละ 1.80 และเกลือร้อยละ 0.90 กรรมวิธีคือการผสมขึ้นรูปและตัดเป็นชิ้น จากนั้นนึ่งด้วยไอน้ำ 45 นาที รีดเป็นแผ่นปรับความชื้นให้ได้ร้อยละ 15.00 นำมาคั่วที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสนาน 3 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาล

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 แป้งสาเก
1.2 แป้งข้าวโพดตราคนอร์ บริษัทยูนิลีเวอร์เทรดดิ้งจำกัด
1.3 นมผงขาดมันเนยชนิดละลายน้ำทันทีตรามิชชั่น บริษัทมิชชั่นเฮ็ลท์ฟู้ด
1.4 น้ำตาลทรายตราไดเนสตี บริษัทไดนาสตี้แปซิฟิกจำกัด
1.5 เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทสหพัฒนพิบูล จำกัด
1.6 แคลเซียมคาร์บอเนตตราเบสท์ฟูดส์ บริษัทยูนิลิเวอร์เบสท์ฟูดส์จำกัด
1.7 ผงโกโก้ตราเฮอร์ชีส์ บริษัทชีโน่ไทยแปซิฟิกจำกัด
1.8 กลิ่นรสโกโก้ บริษัทเครื่องหอมไทยจีนจำกัด

2. อุปกรณ์ผลิตแป้งสาเก

2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว
2.2 เครื่องปิดผนึกภาชนะบรรจุ
2.3 เครื่องบดแป้ง Hammer mill รุ่น AP-S บริษัท Hosokawa Micron Crop
2.4 เครื่องตัดเป็นชิ้น (Slicer)
2.5 เครื่องอบชนิดลมร้อน (B.W.S รุ่น HA-40)
2.6 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนแป้ง (Endecotts รุ่น E.V.S 1)

3. อุปกรณ์ในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูป

3.1 เครื่องรีดเป็นแผ่นแบบลูกกลิ้ง
3.2 เครื่องอบชนิดลมร้อน (B.W.S รุ่น HA-40)
3.3 ตู้ไมโครเวฟ (LG รุ่น MS-1822C)

4. <u>อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ</u>

4.1 เครื่องวัด water activity (Nobasina รุ่น MLK)

4.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (LLOYD Instrument รุ่น L500)

4.3 เครื่องวัดสี Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d

4.4 เครื่องวัดความหนืด Rapid Visco Analyzer (RVA 4D, Newport Scientific, Australia)

4.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกราดลำแสง (Scanning Electron Microscope,Joel JSM 5310,England)

4.6 ตู้อบไฟฟ้าแบบควบคุมอุณหภูมิได้

4.7 เครื่องชั่งวิเคราะห์อย่างละเอียด

5. <u>อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี</u>

5.1 ตู้อบ (Binder รุ่น FD-115)

5.2 เตาเผาเถ้า (CarboliteELF รุ่น 11/14)

5.3 เครื่องย่อยหาโปรตีน (Kjeltec System รุ่น 1026 Distilling Unit)

5.4 เครื่องมือชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Tecator รุ่น 2050 Soctec Auto Extraction Unit)

5.5 ปริมาณเยื่อใย (Foss Tecator รุ่น Fibertec System M)

5.6 ชุดวิเคราะห์ปริมาณและขนาดอะมิโลส

6. <u>อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์</u>

6.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

6.2 ตู้อบเพาะเชื้อ (Incubator)

6.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

7. <u>อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

7.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

7.2 แบบทดสอบ

วิธีการ

1. การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้า

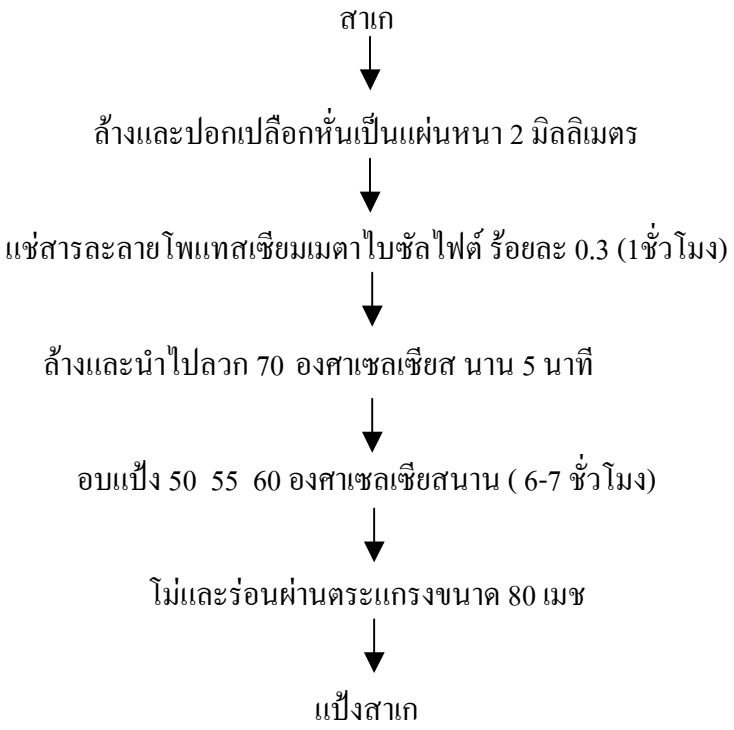
1.1 สำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้หญิงอายุ 18-40 ปี จำนวน 200 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปโดยใช้แบบสอบถาม ในด้านความคิดเห็น พฤติกรรมการบริโภคและคุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในกรุงเทพมหานคร รวบรวมข้อมูลประเมินผลแบบสอบถามแบบนับความถี่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS

2. การศึกษากรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของแป้งสาเก

2.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งสาเกที่เหมาะสม

คัดเลือกพันธุ์ที่ใช้ในการผลิตแป้งคือ พันธุ์ข้าวเหนียวเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่นิยมเพาะปลูกจากตลาดคลองเตย จากนั้นทำการศึกษากรรมวิธีและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตแป้งสาเกโดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial 3^2 in CRD ได้แก่ ปัจจัยในด้านกรรมวิธีที่ 1 2 3 และปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียสดังแผนภาพที่ 2-4 ดังต่อไปนี้

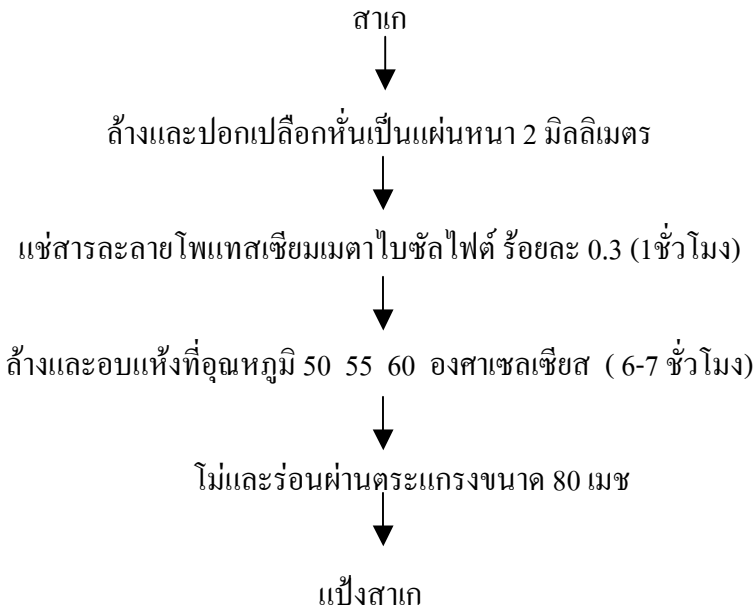
วิธีที่ 1



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตแป้งสาเกแบบโม่แห้ง

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Omobuwaj (2003)

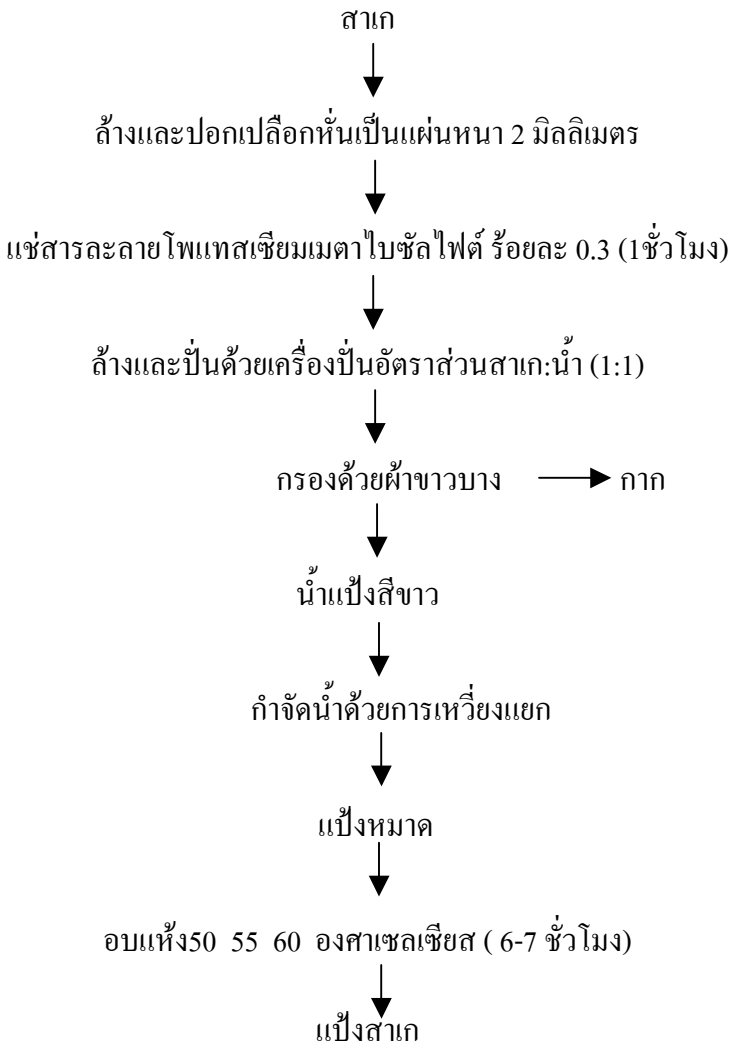
วิธีที่ 2



ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตแป้งเผือกแบบโม่แห้ง

ที่มา: ดัดแปลงจากรองรัตน์ (2546)

<u>วิธีที่ 3</u>



<u>ภาพที่ 4</u> กรรมวิธีการผลิตแป้งท้าวยายม่อม

ที่มา: ดัดแปลงมาจากปิติพร (2546)

2.1.1 การวัดค่าคุณภาพ

ก. ร้อยละของน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้

ข. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ A.O.A.C.(2000)

ค. วิเคราะห์ค่า water activity ด้วยเครื่องวัด water activity (Novasina)

ง. วิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIELAB ได้แก่ค่า L* , a*, b*โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d)

2.1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักเปียก) และค่า water activity ของระหว่างการอบแห้งแป้งสาเกจากกรรมวิธีที่คัดเลือก (กรรมวิธีที่ 2) เพื่อเป็นแนวทางในคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมและลดระยะเวลาในการอบ โดยสร้างกราฟมาตรฐานของการอบแห้ง (Drying Curve) ของแป้งสาเกโดยสุ่มตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ความชื้นและวัดค่า water activity

2.2 การเตรียมและศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ

เตรียมแป้งสาเกแป้งสาเกโดยกรรมวิธีที่ได้คัดเลือกจากนั้นทำการศึกษาคุณภาพดังต่อไปนี้

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

การวัดค่าสี L*a*b* ของแป้งสาเกโดยเครื่องวัดสี Minolta Spectrophotometer (โดยค่า L=0 หมายถึง สีดำ L =100 หมายถึงสีขาว -a หมายถึง สีเขียว +a หมายถึง สีแดง -b หมายถึง สีน้ำเงิน และ +b หมายถึง สีเหลือง) ค่า water activity โดยใช้เครื่องวัดค่า water activity วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสาเก โดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกราดลำแสง (Scanning Electron Microscope,Joel JSM 5310,England) ตามวิธีการของ Sahai and Jackson (1996)

2.2.2 คุณภาพทางเคมี

นำแป้งสาเกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้า ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 2000 (คาร์โบไฮเดรตคำนวณจากการนำผลรวมขององค์ประกอบอื่นไปหักออกจาก 100) วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส ตามวิธีของ Juliano (1971)

3. <u>การพัฒนาสูตรและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป</u>

3.1 การพัฒนาสูตรในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

นำแป้งสาเกและแป้งข้าวโพดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากคุณลักษณะของแป้งข้าวโพดนั้น มีเนื้อสัมผัสเบาอีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง จากนั้นศึกษาหาปริมาณของที่เหมาะสมของแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลตที่เหมาะสม สำหรับการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปโดยใช้แผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) 15 การทดลองดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนการทดลอง 15 สิ่งทดลองวางแผนการทดลองแบบ CCD

สิ่งทดลอง	ปัจจัย		
	แป้งสาเก (g.)	น้ำตาล (g.)	กลิ่นรส (g.)
1	100.00	20.00	2.00
2	90.62	26.25	1.00
3	90.62	26.25	3.00
4	90.62	13.75	1.00
5	90.62	13.75	3.00
6	75.00	10.00	2.00
7	75.00	20.00	0.40
8	75.00	20.00	2.00
9	75.00	20.00	3.60
10	75.00	30.00	2.00
11	59.37	26.25	1.00
12	59.37	26.25	3.00
13	59.37	13.75	1.00
14	59.37	13.75	3.00
15	50.00	20.00	2.00

หมายเหตุ ปัจจัยในด้านของน้ำตาลและกลิ่นรสนั้นใช้ปริมาณแป้งทั้งหมดในการคำนวณ

3.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

นำผลิตภัณฑ์มาวัดค่า water activity โดยใช้เครื่องวัดค่า water activity วัดค่าสี L* a* b* ของแป้งสาเกโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Spectrophotometer และค่าแรงกดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (LLoyd Instrument รุ่น l500) โดยใช้หัวกด (compression) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm. (ตั้ง depression limit 10 mm. , Test speed 10 mm/min และ Trigger 0.005 kgf) กดแบบ single hardness โดยใช้แรงต่อพื้นที่ทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร) ทำการวัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง

3.1.2 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

ประเมินผลการทดสอบความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบความชอบในคุณลักษณะด้านความกรอบและความชอบรวม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-point hedonic scaling)

3.1.3 สร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ (ปริมาณแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลต) และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

คัดเลือกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้รับอิทธิพลจากส่วนประกอบอัน ได้แก่ แป้งสาเก น้ำตาล กลิ่นรสช็อกโกแลต จากนั้นสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลตโดยใช้เทคนิคดาต้าฟิตติ่ง (Data fitting) ด้วยโปรแกรมแมทแลป (Matlab) ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลอง และค่า mean square error (MSE) แล้วนำแบบจำลองที่พัฒนาได้มาคำนวณสูตรที่สามารถผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปที่มีค่าคะแนนความชอบรวมสูงสุด

3.2 การพัฒนากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก

3.2.1 นำสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากแป้งสาเกมาพัฒนาด้านกลิ่นรสช็อกโกแลตเพื่อให้มีคะแนนความชอบมากขึ้น โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ที่ระดับผงโกโก้ร้อยละ 2 4 และ 6 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาคุณภาพดังข้อที่ 3.1.1 และ 3.1.2

3.2.2 นำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่พัฒนาแล้วมาเคลือบกลิ่นรสช็อกโกแลตที่อยู่ในลักษณะน้ำเชื่อม ประกอบด้วยน้ำตาลทรายร้อยละ 22.70 น้ำตาลปี๊บร้อยละ 40 น้ำร้อยละ 17.40 เนยเทียมร้อยละ 3.70 โกโก้ผงร้อยละ 11.40 เกลือร้อยละ 0.94 นมผงร้อยละ 3.86 ในอัตราส่วนอาหารเช้าสำเร็จรูปต่อน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลต 2.75 : 1 แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4. <u>การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาขึ้น</u>

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาขึ้นดังต่อไปนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 วิเคราะห์ค่า water activity ด้วยเครื่องวัด water activity (Novasina รุ่น MLK)

4.1.2 วิเคราะห์ค่าแรงกด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd Instrument รุ่น L500)

4.1.3 วิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIELAB ได้แก่ค่า L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d)

4.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (AOAC, 2000)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

4.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (AOAC, 2000)

4.3.2 จำนวนยีสต์และรา โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose count agar (AOAC, 2000)

4.3.3 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธีการ MPN ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ lauryl sulphate tryptose broth (AOAC, 2000)

4.3.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (AOAC, 2000)

4.3.5 จำนวนยีสต์และรา โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose count agar (AOAC, 2000)

4.3.6 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธีการ MPN ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ lauryl sulphate tryptose broth (AOAC, 2000)

5. <u>ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก</u>

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่ผ่านการพัฒนาแล้วโดยใช้แบบสอบถามโดยวิธี Central Location Test (CLT) กับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คน ให้คะแนนด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scaling (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 9=ชอบมากที่สุด) รวบรวมแบบสอบถามทั้งหมดมาทำการประมวลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS

6. <u>สถานที่ทำการวิจัย</u>

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. <u>ระยะเวลาในการทำวิจัย</u>

ตั้งแต่พฤษภาคม 2548 ถึงเมษายน 2549

ผลและวิจารณ์

1. การสำรวจความคิดเห็น พฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

1.1 ลักษณะทางประชาการศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสำรวจผู้บริโภคเพศหญิงจำนวน 200 คน ช่วงอายุ 18-40 ปี กรุงเทพมหานคร พบว่า ร้อยละ 45.50 มีอาชีพข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 70.00 มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 47.50 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ลักษณะประชากรศาสตร์จากผู้บริโภคจำนวน 200 คนในเขตกรุงเทพมหานคร

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
อาชีพ	
นักเรียน/นักศึกษา	35.5
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	45.5
พนักงานบริษัทเอกชน	14.5
รับจ้างทั่วไป	2.5
ธุรกิจส่วนตัว	1.0
อื่นๆ	1.0
การศึกษา	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	15.0
ปริญญาตรี	70.0
สูงกว่าปริญญาตรี	15.0
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
น้อยกว่า10,000 บาท	47.5
10,000 - 20,000 บาท	34.5
20,001 - 30,000 บาท	12.0
สูงกว่า 30,000 บาท	6.0

1.2 สำรวจความคิดเห็น และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคชอบรับประทานมากที่สุด คือ โกโก้ครันซ์ ร้อยละ 58.50 รองลงมาคือ คอรน์เฟลกส์รสธรรมชาติ ร้อยละ 16.50 ในด้านความถี่ในการรับประทานอาหารเช้าสำเร็จรูปพบว่า น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์คิดเป็นร้อยละ 52.00 และ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์คิดเป็นร้อยละ 22.00 ส่วนรูปแบบในการรับประทาน พบว่ารับประทานร่วมกับนมสดร้อยละ 57.50 รองลงมารับประทานเปล่าๆ เป็นขนมขบเคี้ยวร้อยละ 19.00 ลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคต้องการคือ กรอบ ร้อยละ 65.00 ผู้บริโภคไม่พบปัญหาในการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 53.00 และพบปัญหาในการรับประทานคิดเป็นร้อยละ 47.00 โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือ นิ่มเร็วเวลารับประทานกับนม หรือเครื่องดื่มอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 40.60 รองลงมาคือ ติดฟันร้อยละ 22.80 ในด้านพฤติกรรมด้านการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปพบว่าร้อยละ 86.00 ซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่คือ ซูเปอร์มาร์เกต ร้อยละ 82.80 ปัจจัยที่ใช้ในตัดสินใจซื้อคือ รสชาติคิดเป็นร้อยละ 65.50 รองลงมาคือใยอาหารสูงและไขมันต่ำคิดเป็นร้อยละ 13.50

ตารางที่ 9 ผลสำรวจข้อมูลความคิดเห็น และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
ผลิตภัณฑ์ที่ชอบรับประทานที่สุด	
โกโก้ครันซ์	58.50
คอร์นเฟลกส์รสธรรมชาติ	16.50
เนสฟิตไขมันต่ำ	5.50
คอร์นเฟลกส์รสหวานเคลือบน้ำผึ้ง	5.00
อัลมอนด์ คลัสเตอร์	4.00
คอร์นเฟลกส์รสหวาน	4.00
บานาน่า คลัสเตอร์ เคลือบน้ำตาล	3.50
อัลเพน	1.50
อื่น ๆ	1.00
ออล แบรนด์	0.50

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
ความถี่ในการรับประทาน (ต่อสัปดาห์)	
น้อยกว่า 1 ครั้ง	52.00
2-3 ครั้ง	22.00
1 ครั้ง	11.50
4- 5 ครั้ง	6.50
อื่นๆ	6.00
มากกว่า 5 ครั้ง	2.00
รูปแบบในการรับประทาน	
รับประทานร่วมกับนมสด	57.50
รับประทานเปล่าๆ เป็นขนมขบเคี้ยว	19.00
รับประทานร่วมกับโอวัลติน ไมโล	12.50
รับประทานร่วมกับโยเกิร์ต	9.50
อื่นๆ	1.50
ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ	
กรอบ	65.00
กรอบผสมนิ่ม	26.50
นิ่ม	8.50
ประสบปัญหาในการรับประทานหรือไม่	
ไม่พบ	53.00
พบ	47.00
ปัญหาที่พบในการรับประทาน	
นิ่มเร็วเวลารับประทานกับนม / เครื่องดื่มอื่นๆ	40.60
ติดฟัน	22.80
มีกลิ่นเหม็นหืน	15.80
ไม่กรอบ	14.90
ขนาดไม่เหมาะสมเช่น ใหญ่ เล็กไป	4.00
อื่นๆ	2.00

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปด้วยตนเองหรือไม่	
ซื้อเอง	86.00
ไม่ซื้อเอง	14.00
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป	
ซูเปอร์มาร์เก็ต	82.80
ร้านสินค้าสะดวกซื้อ	16.10
ร้านขายของชำ	1.10
ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	
รสชาติ	65.50
ใยอาหารสูง (Fiber)	13.50
ไขมันต่ำ	13.50
พลังงานต่ำ	2.50
บรรจุภัณฑ์	2.50
ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น บอล, แผ่น	2.50

1.3 ลักษณะทางประชาการศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคพบว่าความต้องผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคต้องการรูปวงกลม ร้อยละ 44.00 รองลงมาคือรูปวงรี ร้อยละ 18.50 สีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ต้องการคือ สีธรรมชาติ ร้อยละ 63.00 กลิ่นรสที่ต้องการคือ กลิ่นรสช็อกโกแลต ร้อยละ 40.00 รองลงมาคือ กลิ่นรสธรรมชาติ ร้อยละ 31.50 สำหรับภาชนะบรรจุที่เหมาะสมคือ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในกล่องกระดาษ ร้อยละ 43.20 รองลงมาคือถุงซิปล็อคในกระป๋องกระดาษคิดเป็นร้อยละ 39.70

ตารางที่ 10 ความคิดเห็น และความต้องการของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเก

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
รูปร่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น	
รูปวงกลม	44.00
รูปวงรี	18.50
รูปสามเหลี่ยม	15.00
รูปสี่เหลี่ยม	14.50
รูปอื่นๆ	8.00
สีผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป	
สีธรรมชาติ	63.00
สีน้ำตาล	18.00
สีเหลือง	13.50
สีอื่นๆ	3.00
สีขาว	2.50
กลิ่นรสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป	
กลิ่นรสช็อกโกแลต	40.00
กลิ่นรสธรรมชาติ	31.50
กลิ่นรสผลไม้	10.00
กลิ่นรสวนิลา	9.00
กลิ่นรสนมถั่วเหลือง	3.50
กลิ่นรสใบเตย	2.50
กลิ่นรสชาเขียว	2.50
กลิ่นรสอื่นๆ	1.00
ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่เหมาะสม	
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในกล่องกระดาษ	43.20
ถุงซิปล็อคในกระป๋องกระดาษ	39.70
ถุงลามิเนต	15.10
อื่นๆ	0.50

2. <u>การศึกษากรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของแป้งสาเก</u>

ความคิดเห็น และความต้องการของของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้า

2.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งสาเกที่เหมาะสม

2.1.1 การวัดค่าคุณภาพ

ก. ร้อยละของน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้

จากการศึกษาการสกัดแป้งจากสาเกทั้ง 3 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เป็นกรรมวิธีโม่แห้งส่วนกรรมวิธีที่ 3 เป็นกรรมวิธีโม่เปียก พบว่าทั้ง 3 กรรมวิธีให้ร้อยละของน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) โดยที่กรรมวิธีที่ให้ร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้มากที่สุด คือวิธีที่ 2 รองลงมาคือวิธีที่ 1 และ 3 ตามลำดับ เนื่องจากกรรมวิธีที่ 3 เป็นกรรมวิธีโม่เปียกซึ่งมีกำจัดน้ำด้วยเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) แล้วมีการแยกโปรตีนออกมา ดังนั้นร้อยละของน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้จึงมีน้อยกว่ากรรมวิธีโม่แห้ง ส่วนกรรมวิธีที่ 2 มีร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 1 เนื่องจากการลวกทำให้เนื้อเยื่อผลไม้นุ่มขึ้นและมีปริมาตรลดลง (วิไล, 2545) ด้านอุณหภูมิพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติดังตารางที่ 11

<u>ตารางที่ 11</u> ร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้		
(°c)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3
50	6.73^{b}	8.32^{a}	1.25^{c}
55	6.67^{b}	8.23^{a}	1.23^{c}
60	6.31^{b}	8.01^{a}	1.01^{c}

<u>หมายเหตุ</u> a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ข. ค่าความชื้น

จากการศึกษาด้านค่าความชื้นของแป้งสาเกพบว่า ค่าความชื้นมีความแตกต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ทั้งในด้านกรรมวิธีและอุณหภูมิ โดยที่ค่าความชื้นของแป้งที่ผลิตจากกรรมวิธีที่ 3 มีมากที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) เนื่องจากกรรมวิธี 3 มีน้ำผสมการผลิต ในแป้งทำให้มีความชื้นเริ่มต้นมีมากกว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 ในด้านอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนั้น มีความชื้นอยู่ในระดับที่สูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นพบว่าแป้งสาเกมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพด คือ ไม่เกินร้อยละ 13 (มอก. 673-2529) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดอเนกประสงค์ คือ ไม่เกินร้อยละ 14 % (มอก 373-2524) ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ร้อยละความชื้นของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ร้อยละความชื้น		
(°c)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3
50	9.87 ± 0.13^{Ab}	10.19 ± 0.23^{Ab}	11.15 ± 0.19^{Aa}
55	5.88 ± 0.21^{Bb}	7.91 ± 0.35^{Bb}	10.59 ± 0.24^{Ba}
60	5.26 ± 0.32^{Bb}	7.06 ± 0.21^{Bb}	8.70 ± 0.28^{Ba}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรขนาดเล็กที่ต่างกันและแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่ที่ต่างกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค. ค่า water activity

ด้านค่า water activity พบว่าแป้งสาเกมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ทั้งในด้านกรรมวิธีและอุณหภูมิ ด้านกรรมวิธีนั้นพบว่า ค่า water activity สูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 รองลงมาคือวิธีที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ในด้านอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า water activity สูงที่สุดรองลงมาคือที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ค่า water activity ทุกสิ่งทดลองอยู่ในช่วงของแป้ง คือ 0.67-0.87 (วิไล, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่า water activity ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	water activity		
(°c)	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3
50	0.483 ± 0.003^{Cc}	0.494 ± 0.005^{Cb}	0.522 ± 0.004^{Ca}
55	0.278 ± 0.010^{Bc}	0.370 ± 0.003^{Bb}	0.517 ± 0.000^{Ba}
60	0.233 ± 0.002^{Ac}	0.329 ± 0.004^{Ab}	0.378 ± 0.001^{Aa}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรขนาดเล็กที่ต่างกันและแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ง. ค่าวิเคราะห์ค่าสี

จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพด้านค่าสีของแป้งโดยเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งจะอาศัยหลักการสะท้อนแสงกลับของแสง (reflective index) ของพื้นผิว พบว่า ค่าสี L* a* b* และ c ของแป้งสาเกในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) โดยที่ค่าสี L* ของแป้งสาเกที่ผลิตจากกรรมวิธี 3 ให้ค่าความสว่างสูงที่สุด เนื่องจากส่วนของน้ำและสิ่งเจือปนจะถูกแยกออกมาด้วยการเหวี่ยงจากความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ (กล้าณรงค์, 2546) ในด้านค่าสี a* b* และ c ของแป้งสาเกแต่ละอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าสี L* a* b* c และ h ของแป้งสาเกจากกรรมวิธีและอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°c)	กรรมวิธี	L*	a*	b*	c	h
50	1	85.65 ± 1.49^{c}	1.77 ± 0.72^{Aa}	12.06 ± 0.34^{Ca}	12.19 ± 0.72^{Ca}	80.09 ± 0.71^{ns}
	2	84.03 ± 1.52^{b}	1.71 ± 057^{Ab}	9.83 ± 0.52^{Cb}	9.98 ± 0.48^{Cb}	81.64 ± 0.78^{ns}
	3	90.02 ± 1.27^{a}	0.05 ± 0.02^{Ac}	5.97 ± 0.42^{Cc}	5.99 ± 0.54^{Cc}	89.45 ± 1.02^{ns}
55	1	82.03 ± 0.96^{c}	1.43 ± 0.24^{Ca}	15.16 ± 0.63^{Ba}	15.23 ± 0.74^{Ba}	84.59 ± 0.78^{ns}
	2	89.00 ± 1.11^{b}	0.29 ± 0.32^{Cb}	9.89 ± 0.75^{Bb}	9.89 ± 0.84^{Bb}	88.32 ± 0.87^{ns}
	3	91.31 ± 1.59^{a}	0.14 ± 0.25^{Cc}	4.59 ± 0.57^{Bc}	4.59 ± 0.54^{Bc}	88.19 ± 0.97^{ns}
60	1	83.03 ± 1.14^{c}	1.47 ± 0.13^{Ba}	15.23 ± 0.57^{Aa}	15.29 ± 0.75^{Aa}	84.86 ± 0.64^{ns}
	2	86.96 ± 1.03^{b}	1.37 ± 0.21^{Bb}	10.76 ± 0.58^{Ab}	10.8 ± 0.85^{Ab}	82.21 ± 0.38^{ns}
	3	90.65 ± 1.76^{a}	0.12 ± 0.07^{Bc}	6.04 ± 0.64^{Ac}	6.05 ± 0.75^{Ac}	88.83 ± 0.72^{ns}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยกรรมวิธีในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรขนาดเล็กที่ต่างกันและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.5$)

ns หมายถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษากรรมวิธีในการผลิตแป้งสาเกพบว่า กรรมวิธีที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่ให้ร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้มากที่สุด อีกทั้งในด้านค่าสี L* พบว่าแป้งสาเกที่ผลิตจากกรรมวิธีที่ 2 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 ในด้านค่าความชื้นพบว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 1 มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.5$) และค่า water activity ทุกสิ่งทดลองมีค่าต่ำกว่า 0.87 (วิไล, 2545) ดังนั้นจึงคัดเลือกกรรมวิธีที่ 2 ในการผลิตแป้งสาเก

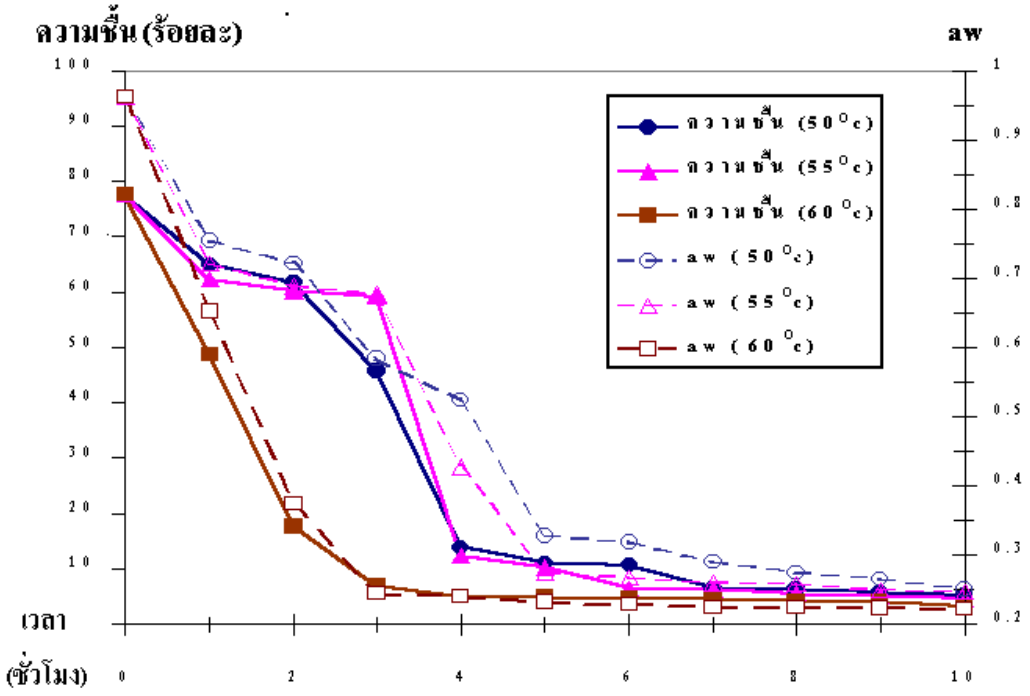
ในด้านอุณหภูมิพบว่าร้อยละน้ำหนักส่วนที่นำไปใช้ได้และ ค่าสี L* h ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.5$) ด้านค่าความชื้นพบว่าที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีอเนกประสงค์ คือ ไม่เกินร้อยละ 13 (มอก. 673-2529) และ 14 (มอก.373-2524) ตามลำดับ ในด้านค่า water activity ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสพบว่ามีค่าต่ำที่สุดรองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 55 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่า ค่าคุณภาพของระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงทำการศึกษาต่อในด้านกราฟมาตรฐานในการอบแห้งเพื่อศึกษาหาระดับอุณหภูมิและลดเวลาในอบแห้งที่เหมาะสม

จ. กราฟมาตรฐานการอบแห้ง

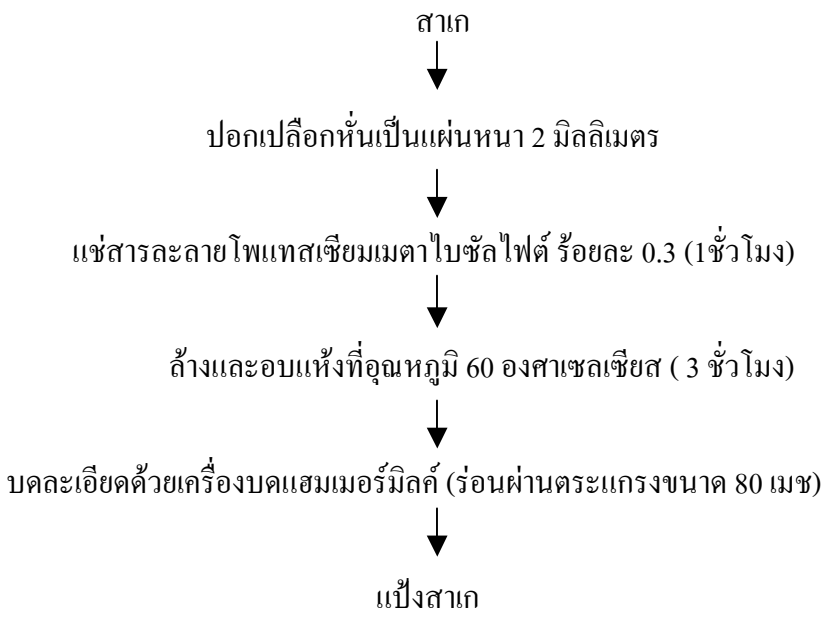
จากการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก) และค่า water activity จากกราฟมาตรฐานของการอบแห้ง (Drying curve) เพื่อคัดเลือกอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาที่เหมาะสม พบว่า ขั้นเริ่มต้นของการทำที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นและค่า water activity ใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราการทำแห้งเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 5 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพด (มอก. 673-2529) ในขณะที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มการลดลงอย่างรวดเร็วของความชื้นและค่า water activity โดยอัตราการทำแห้งเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 3 และมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

โดยทั่วไปนั้นกระบวนการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเริ่มต้นของการทำแห้ง ขั้นอัตราการทำแห้งคงที่ และขั้นอัตราการทำแห้งลดลง จากภาพที่ 6 ไม่พบขั้นเริ่มต้นของการทำแห้งซึ่งมีค่าความชื้นคงที่และเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น (วิไล, 2545) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนดังกล่าวใช้ระยะเวลาน้อยและเกิดขึ้นก่อนการสุ่มตัวอย่างในระยะเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับขั้นตอนอัตราการทำแห้งคงที่ซึ่งเป็นช่วงในการทำให้แห้งและมีค่าความชื้นลดลงประมาณร้อยละ 50 ของทั้งหมดทำให้ค่า water activity ลดลงอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2545) โดยที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสเกิดในช่วงระยะเวลา 0-5 ชั่วโมง ส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเกิดในช่วงระยะเวลา 0-3 ชั่วโมง สำหรับขั้นตอนอัตราการทำแห้งลดลงเป็นช่วงที่อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบผิวหน้าของอาหาร จากภาพที่ 5 พบว่าช่วงดังกล่าวอยู่ที่ระดับความชื้นร้อยละ 6



ภาพที่ 5 ค่าความชื้นและ water activity ของแป้งสาเกที่อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่างๆ

ดังนั้นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแป้งสาเก คือ การนำผลสาเกพันธุ์ข้าวเหนียวมาปอกเปลือก จากนั้นนำไปหั่นเป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องสไลด์ จากนั้นนำไปแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ร้อยละ 0.3 นาน 1 ชั่วโมง อบแห้งทันทีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลค์ (hammer mill) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช กรรมวิธีการผลิตแป้งสาเกแสดงได้ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กรรมวิธีการผลิตแป้งสาเก

ที่มา: ดัดแปลงจากธีรวัฒน์ (2545)

นำแป้งสาเกที่ผลิตได้มาทำการศึกษาค่าคุณภาพดังต่อไปนี้

2.1.2 การวัดค่าคุณภาพ

ก. ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้ง พบว่า ค่าสี L* ของแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีชนิดดูรัมและแป้งข้าวเจ้ามีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ในกลุ่มเดียวกันไม่แตกต่าง ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือแป้งสาลีชนิดเบา ในขณะที่แป้งสาลีชนิดหนัก แป้งข้าวโพด แป้งสาเกมีความสว่างน้อยที่สุด ตามลำดับ ความสว่างของแป้งมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ในกรณีของแป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางต้นเมื่อเป็นเจลแป้งจะให้เจลที่มีความใส โปร่งแสง (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ดังนั้นแป้งสาเกที่มีค่าความขาวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาเกไม่ใสเท่ากับการใช้แป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่แป้งจากธัญพืช (แป้งสาลีและแป้งข้าวโพด) จะขุ่นมัว ทึบแสงมีผลทำให้เจลหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าสีของแป้งแต่ละชนิด

ชนิดแป้ง	L*	a*	b*
แป้งสาเก[1]	89.57±0.02^{c}	0.14±0.01^{c}	9.31±0.05^{a}
แป้งข้าวโพด	89.72±0.05^{c}	0.34±0.03^{a}	7.43±0.08^{b}
แป้งสาลีชนิดหนัก	89.89±0.04^{c}	0.28±0.02^{b}	7.28±0.13^{c}
แป้งสาลีชนิดดูรัม	93.97±0.13^{a}	-1.12±0.04^{g}	5.66±0.06^{e}
แป้งสาลีชนิดเบา	91.66±0.01^{b}	0.06±0.14^{d}	5.8±0.07^{d}
แป้งมันสำปะหลัง	93.77±0.00^{a}	-0.13±0.03^{e}	2.33±0.09^{g}
แป้งข้าวเจ้า	93.83±0.07^{a}	-0.30±0.06^{f}	3.78±0.15^{f}

หมายเหตุ [1]แป้งสาเกที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

ข. ค่า water activity

วิเคราะห์ค่า water activity โดยใช้เครื่อง water activity พบว่า แป้งสาเกที่ได้จากการผลิตในห้องปฏิบัติการมีค่า water activity ต่ำกว่าแป้งชนิดอื่นๆ ซึ่งเกณฑ์โดยทั่วไปแป้งจะมีค่า water activity ระหว่าง 0.67-0.87 (วิไล, 2545) การที่แป้งสาเกมีค่า water activity ต่ำทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดี ผลการทดลองดังตารางที่ 16

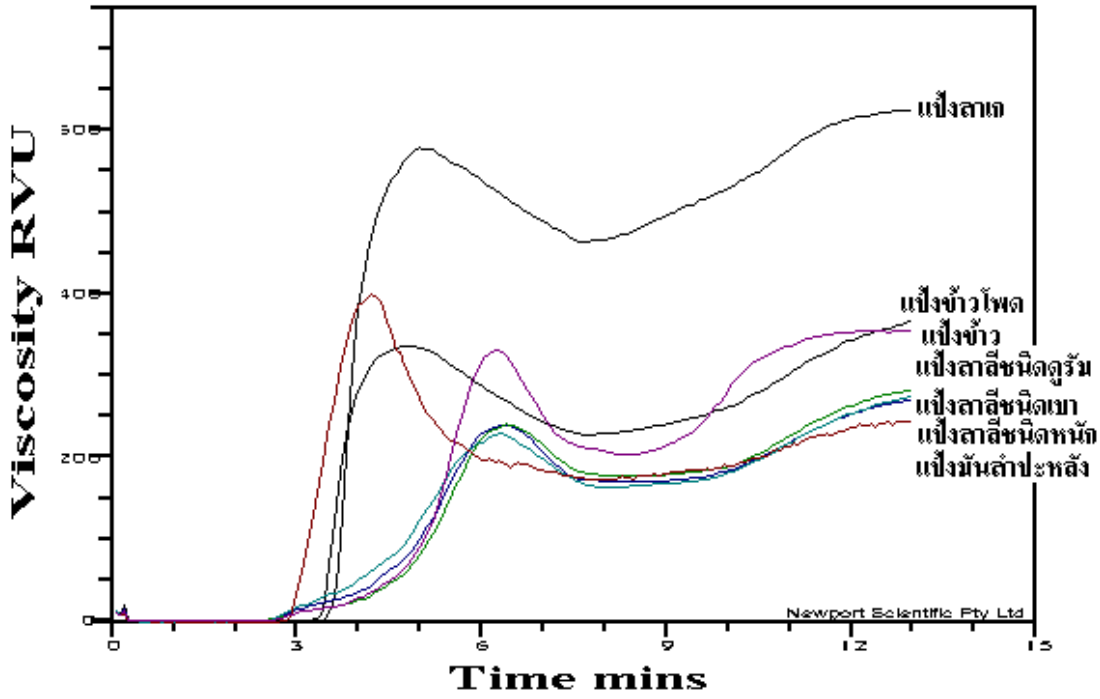
ตารางที่ 16 ค่า water activity ของแป้งแต่ละชนิด

ชนิดแป้ง	ค่า water activity
แป้งสาเก[1]	0.227 ± 0.000^{g}
แป้งข้าวโพด	0.613 ± 0.007^{c}
แป้งสาลีชนิดหนัก	0.594 ± 0.007^{e}
แป้งสาลีชนิดดูรัม	0.619 ± 0.007^{b}
แป้งสาลีชนิดเบา	0.587 ± 0.002^{f}
แป้งมันสำปะหลัง	0.607 ± 0.000^{d}
แป้งข้าวเจ้า	0.663 ± 0.000^{a}

หมายเหตุ [1]แป้งสาเกที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

ค. ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืด

เมื่อนำแป้งสาเกที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แป้งข้าวโพด แป้งสาลีชนิดหนัก (แป้งขนมปัง) แป้งสาลีชนิดดูรัม (แป้งสาลีอเนกประสงค์) แป้งสาลีชนิดเบา (แป้งเค้ก) แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านความข้นหนืดโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 17



ภาพที่ 7 คุณลักษณะด้านความข้นหนืดของแป้งแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่างที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ตารางที่ 17 คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งแต่ละชนิดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA

ชนิดของแป้ง	คุณสมบัติ					
	อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าหนืด (°c)	ค่าความหนืดสูงสุด (RVU)	ค่าความหนืดต่ำสุด (RVU)	ค่าความหนืดสุดท้าย (RVU)	ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและต่ำสุด (RVU)	ค่าการคืนตัว (RVU)
สาเก[1]	79.10±0.03[b]	578.55±4.69 [a]	464.24±3.89 [a]	624.94±4.99[a]	114.31±0.79[c]	160.70±1.09[a]
ข้าวโพด	77.60±0.65[c]	335.66±2.50 [c]	227.74±0.04 [b]	367.52±1.62[b]	107.92±2.10[d]	139.78±2.02[b]
สาลีชนิดหนัก	67.70±0.38[e]	239.91±2.01 [d]	169.19±2.10 [de]	270.63±2.41[d]	70.72±0.09[e]	101.44±0.31[d]
สาลีชนิดดูรัม	67.80±0.40[e]	240.26±4.10 [de]	176.45±2.63[d]	283.36±3.50[d]	63.81±1.53[f]	105.91±0.87[d]
สาลีชนิดเบา	67.60±0.08[e]	229.06±2.14 [e]	163.24±3.99[e]	274.66±3.50[d]	65.82±1.84[e]	111.42±0.48[c]
มันสำปะหลัง	71.75±0.02[d]	400.52±0.92 [b]	172.25±0.31[d]	245.07±0.92[e]	228.27±1.23[a]	72.82±1.22[e]
ข้าวเจ้า	85.50±0.05[a]	328.92±1.04 [c]	200.58±1.75[c]	347.75±3.00[c]	128.33±0.71[b]	18.83±1.96[f]

หมายเหตุ [1]แป้งสาเกที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

a-f หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1) อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าหนืด (Pasting temperature)

อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด หรืออุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องใช้ในการทำให้แป้งสุก แป้งสาเกมีอุณหภูมิในช่วง 79 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทำให้แป้งสุกต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าแป้งข้าวโพด แป้งสาลีชนิดหนัก แป้งสาลีชนิดดูรัม แป้งสาลีชนิดเบาและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิต่ำสุดในการทำให้แป้งสุกในช่วง 67-71 องศาเซลเซียส แต่สำหรับแป้งข้าวเจ้านั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าแป้งสาเกคือ 85 องศาเซลเซียส

2) ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity)

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุดซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย รวมทั้งบอกถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำและแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือผสมในอาหาร โดยเกิดขึ้นที่จุดสมดุลระหว่างการพองตัวและการไหลออกของอะมิโลสพบว่าแป้งสาเกมีความหนืดสูงสุดในช่วง 578 RVU ซึ่งมีค่าสูงสุดรองลงมาคือแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งสาลีชนิดดูรัม แป้งสาลีชนิดหนักและแป้งสาลีชนิดเบา

3) ค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity)

ค่าความหนืดต่ำสุดซึ่งจะบอกถึงค่าความหนืดต่ำสุดของแป้งที่เกิดจากการในความร้อนและแรงกวนที่ใช้ในการผสม การใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้แรงกลมากจะทำให้เม็ดแป้งแตกและความหนืดลดลง เมื่อพิจารณาพบว่าที่อุณหภูมิและแรงกวนที่เท่ากันแป้งสาเกจะให้ค่าความหนืดต่ำสุดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งอื่น ๆ คือ มีค่าความหนืดต่ำสุดเท่ากับ 464 RVU รองลงมาคือแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีชนิดดูรัม แป้งสาลีชนิดหนัก และแป้งสาลีชนิดเบา

4) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและต่ำสุด (Breakdown)

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดซึ่งจะบอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนที่เป็นปัจจัยที่สำคัญในหลายกระบวนการผลิต พบว่า แป้งสาเกมีค่าต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าคือมีค่าอยู่ที่ 114 RVU ซึ่งจัดว่าเป็นแป้งที่มีความคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนดีปานกลาง

5) ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

พิจารณาถึงความหนืดสุดท้ายซึ่งบอกถึงคุณภาพของแป้งและเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะของแป้งหรือผลิตภัณฑ์ว่ามีลักษณะเป็นแป้งเปียกหรือเจล เมื่อผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็น พบว่าแป้งทั้ง 7 ชนิด มีค่าความหนืดสุดท้ายมากกว่าค่าความหนืดต่ำสุดนั่นแสดงว่าแป้งทั้ง 7 ชนิด เมื่อผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจลโดยแป้งที่ให้ลักษณะเจลที่แข็งที่สุดคือแป้งสาเก

6) ค่าการคืนตัว (Setback viscosity)

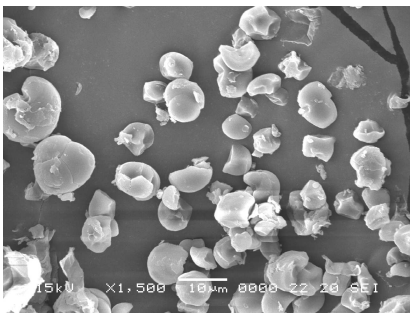
จากการวิเคราะห์ผลต่างของค่าความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุดหรือความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด ซึ่งการคืนตัวนี้มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีค่าการคืนตัวมากจะเกิดการรีโทรเดรชั่นได้ดี และมีแนวโน้มที่จะให้แป้งที่แข็งมาก จากการทดลองพบว่าแป้งสาเกมีการคืนตัวมากกว่าแป้งอีก 5 ชนิด ดังนั้นน่าจะทำผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบได้ดี

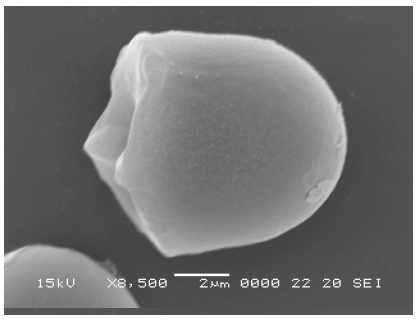
ง. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เมื่อทำการศึกษาลักษณะทางสันฐานวิทยาของเม็ดแป้งด้วยกล้อง Scanning Electron Microscrop (SEM) ได้ผลดังแสดงภาพที่ 8 พบว่ารูปร่างของเม็ดแป้งสาเกมีลักษณะคล้ายถ้วยเป็นรูเว้าเข้าไปลักษณะใกล้เคียงกับแป้งท้าว โดยการอบแห้งเป็นการทำให้โครงสร้างของแป้งเกิดรูในเม็ดแป้ง ซึ่งจะช่วยให้เกิดการปฏิกิริยากับน้ำหรือการเข้าไปทำงานของเอนไซม์เกิดได้ดีขึ้น (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

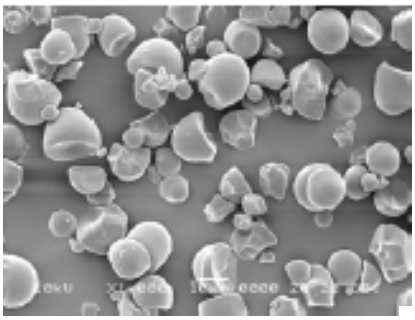
กำลังขยาย 1,000 เท่า

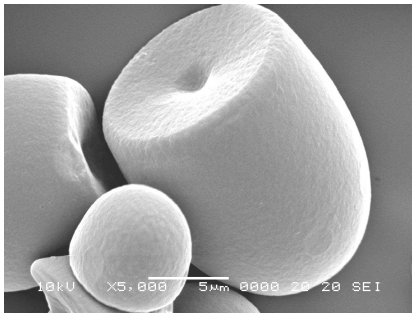
กำลังขยาย 5,000 เท่า



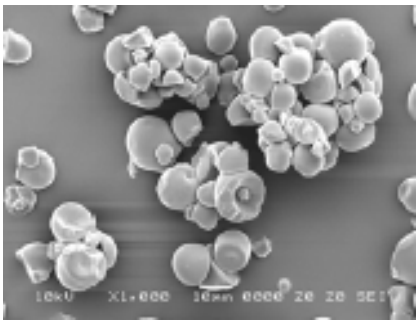


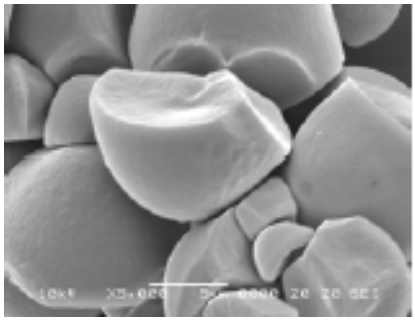
ก) แป้งสาเก



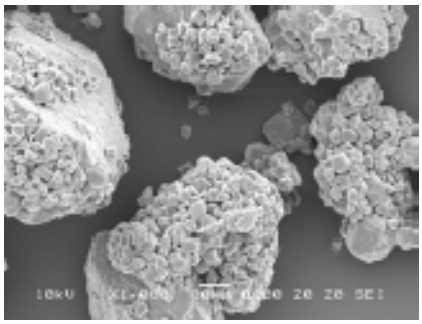


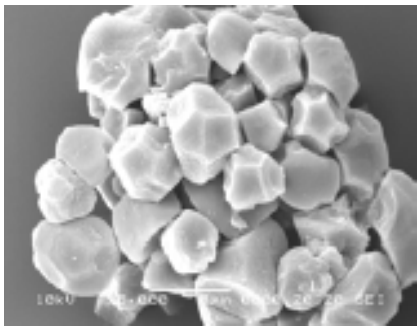
ข) แป้งท้าวยายม่อม





ค) แป้งมันสำปะหลัง





ง) แป้งข้าวเจ้า

ภาพที่ 8 ลักษณะสันฐานวิทยาของเม็ดแป้งแต่ชนิดเมื่อศึกษาด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (ภาพซ้าย) และ 5,000 เท่า(ภาพขวา)

ที่มา: ปิติพร (2546)

2.1.3 คุณภาพทางเคมี

เมื่อนำผลสาเกมาผลิตแป้งสาเกในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า แป้งสาเก 100 กรัม สามารถนำมาสกัดแป้งได้ 8.01 กรัม ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ความชื้น และปริมาณอะมิโลส พบว่า แป้งสาเกมีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 0.80 ซึ่งใกล้เคียงกับไขมันในแป้งข้าวโพดที่มีประมาณร้อยละ 0.60–0.80 แต่ต่ำกว่าในแป้งสาลีซึ่งมีไขมันร้อยละ 0.80-1.2.00 (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) และสูงกว่าในแป้งท้าวยายม่อมซึ่งมีไขมันเพียงร้อยละ 0.02 ตามงานวิจัยของปิติพร (2546) ส่วนระดับของเส้นใยหยาบในแป้งสาเกมีร้อยละ 13.34 เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่มีเพียงร้อยละ 2.70 และแป้งท้าวยายม่อม ร้อยละ 0.52 แต่มีระดับใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพดซึ่งมีร้อยละ 13.00 (Nochera and Moore, 2001) โปรตีนในแป้งสาเกมีร้อยละ 3.58 ซึ่งมีระดับสูงกว่าในแป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งท้าวยายม่อมที่มีเพียงร้อยละ 0.40 0.35 และ 0.05 ตามลำดับ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) เถ้าในแป้งสาเกนั้นมีร้อยละ 1.98 ซึ่งปริมาณเถ้าของแป้งส่วนใหญ่จะจะประกอบไปด้วยโซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียมและแคลเซียม (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) และประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80.30 ความชื้นร้อยละ 5.79 ส่วนอะมิโลสนั้นพบในแป้งสาเกร้อยละ 28.79 ซึ่งใกล้เคียงกับแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี ทั้งนี้ปริมาณอะมิโลสเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนืดสุดท้ายพบว่ามีความสอดคล้องกับปริมาณอะมิโลส โดยถ้าปริมาณอะมิโลสมีค่ามากค่าความหนืดสุดท้ายก็จะมีค่ามากด้วย เนื่องจากเจลแป้งเมื่อผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็นจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีผลทำให้น้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้นและจะเกิดได้เร็วเมื่ออะมิโลสมีโมเลกุลสูง (ปิติพร, 2546) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีระหว่างแป้งสาเกที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการกับการศึกษาของ Ragone (1997) พบว่ามีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกัน ผลดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งสาเก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)
ไขมัน	0.80±0.31
เส้นใยหยาบ	13.34±0.41
โปรตีน	3.58±0.06
เถ้า	1.98±0.01
คาร์โบไฮเดรต*	80.30±0.63
ความชื้น	5.79±0.11
อะมิโลส	28.79±0.09

หมายเหตุ * คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้งกับปริมาณองค์ประกอบส่วนที่เป็นโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า

3. การพัฒนาสูตรมาตรฐานและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

3.1 การพัฒนาสูตรมาตรฐานในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

เพื่อศึกษาหาสูตรมาตรฐานที่มีปริมาณของแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลตที่เหมาะสม ในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปโดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้ค่าคุณภาพดังดังต่อไปนี้

3.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินทางกายภาพ พบว่า อาหารเช้าสำเร็จรูปทั้ง 15 สูตร มีค่า water activity ในช่วง 0.337-0.461 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้านระดับค่าแรงกด พบว่า สิ่งทดลองทั้งหมดอยู่ในช่วง ในช่วง 95.56-172.80 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณแป้งสาเก เนื่องจากค่าการคืนตัวของแป้งสาเกอยู่ในระดับที่สูงกว่าแป้งข้าวโพด ซึ่งค่าความการคืนตัวมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลแสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่า water activity และค่าแรงกดของอาหารเช้าสำเร็จรูปทั้ง 15 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	a_w	ค่าแรงกด (นิวตัน)
1	0.367±0.000 ^{cde}	156.28±12.75 ^{bc}
2	0.377±0.000 ^{cd}	166.35±8.80 ^{a}
3	0.348±0.001 ^{ef}	159.35±2.12 ^{abc}
4	0.385±0.001 ^{bcd}	162.67±15.08 ^{ab}
5	0.348±0.000 ^{ef}	163.44±11.35 ^{ab}
6	0.346±0.005 ^{ef}	167.03±11.21 ^{ab}
7	0.373±0.003 ^{cde}	172.80±9.52 ^{a}
8	0.408±0.002 ^{ab}	161.27±11.69 ^{ab}
9	0.361±0.000 ^{def}	128.06±6.85 ^{d}
10	0.368±0.001 ^{ab}	164.49±10.52 ^{ab}
11	0.414±0.002 ^{abc}	95.56±3.17 ^{e}
12	0.412±0.001 ^{a}	145.70±6.73 ^{c}
13	0.337±0.003 ^{f}	126.36±8.57 ^{d}
14	0.360±0.001 ^{def}	154.95±5.15 ^{bc}
15	0.370±0.003 ^{cde}	105.37±1.22 ^{e}

หมายเหตุ a-f หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่าสี L* a* b* c และ h พบว่ามีแนวโน้มค่าความสว่าง (L*) ลดลงตามปริมาณแป้งสาเกอัน เนื่องมาจากค่าสีของแป้งสาเกมีความสว่างต่ำส่งผลไปถึงผลิตภัณฑ์ด้วย ในขณะที่ Hue angle มีค่าที่ใกล้เคียงกันในช่วงสีส้มแดงถึงสีเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 20 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 20 ค่าสีของอาหารเช้าสำเร็จรูปทั้ง 15 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ค่าสี				
	L*	a*	b*	c	h
1	39.13±1.34 ^{cd}	12.72±0.48 ^{bcde}	20.89±0.97 ^{c}	24.46±1.01 ^{bcd}	58.66±0.87 ^{cd}
2	37.92±0.72 ^{e}	12.49±0.19 ^{defg}	18.80±0.51 ^{g}	22.57±0.47 ^{g}	56.39±0.69 ^{h}
3	39.83±0.56 ^{c}	13.08±0.31 ^{a}	21.97±0.60 ^{b}	25.57±0.64 ^{a}	59.25±0.45 ^{c}
4	38.67±0.60 ^{de}	12.61±0.24 ^{cdef}	19.55±0.40 ^{efg}	23.27±0.51 ^{fg}	57.16±0.50 ^{fgh}
5	39.16±0.86 ^{cd}	12.99±0.21 ^{ab}	20.90±0.64 ^{c}	24.61±0.65 ^{bc}	58.12±0.43 ^{de}
6	37.83±1.46 ^{e}	12.06±0.29 ^{cdefg}	19.93±0.87 ^{def}	23.58±0.76 ^{ef}	57.67±1.21 ^{ef}
7	39.49±0.55 ^{cd}	12.72±0.22 ^{bcde}	19.94±0.56 ^{def}	23.65±0.58 ^{ef}	57.47±0.39 ^{ef}
8	38.44±1.29 ^{a}	13.04±0.30 ^{gh}	20.23±1.02 ^{a}	24.07±0.95 ^{a}	57.15±1.19 ^{a}
9	37.93±0.55 ^{e}	12.32±0.26 ^{fgh}	19.41±0.39 ^{fg}	22.99±0.39 ^{fg}	57.60±0.62 ^{ef}
10	38.97±0.67 ^{de}	12.86±0.27 ^{ab}	20.71±0.49 ^{cde}	24.38±0.51 ^{cde}	58.17±0.54 ^{fgh}
11	39.71±0.87 ^{cd}	12.35±0.24 ^{cdef}	19.27±0.30 ^{def}	22.89±0.32 ^{ef}	57.35±0.48 ^{cf}
12	37.92±0.65 ^{e}	12.45±0.31 ^{efg}	18.86±0.44 ^{g}	22.61±0.47 ^{g}	56.57±0.65 ^{gh}
13	38.70±1.00 ^{de}	12.86±0.39 ^{abc}	19.98±0.56 ^{def}	23.76±0.67 ^{def}	57.23±0.28 ^{fg}
14	44.10±1.14 ^{b}	12.04±0.35 ^{h}	21.80±0.64 ^{b}	24.90±0.60 ^{b}	61.08±0.95 ^{b}
15	40.16±1.00 ^{c}	12.82±0.14 ^{abcd}	20.57±0.51 ^{cd}	24.23±0.46 ^{bcde}	58.05±0.61 ^{de}

หมายเหตุ a-h หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.1.2 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ค่าการยอมรับในด้านสี กลิ่นรส ความกรอบ ความหวาน ความรู้สึกหลังรับประทาน ความชอบรวมทั้งก่อนและพร้อมรับประทานกับนมพบว่ามีแนวโน้มคะแนนความชอบลดลงตามระดับของแป้งสาเก ในด้านคะแนนด้านกลิ่นรสช็อกโกแลตพบว่าการเพิ่มระดับแป้งสาเกทำให้แนวโน้มกลิ่นรสช็อกโกแลตลดลงเนื่องจากแป้งสาเกมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ส่วนในด้านความกรอบนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาเกพบว่าคะแนนความชอบลดลง เนื่องผู้บริโภคมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบแบบกระด้างโดยสอดคล้องกับค่าแรงกดที่ลดลงตามปริมาณแป้งสาเกและคุณลักษณะของแป้งสาเก ในด้านกลิ่นรสเนื่องจากแป้งสาเกมีกลิ่นรสเฉพาะตัวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสฝาด การเพิ่มปริมาณแป้งส่งผลให้แนวโน้มคะแนนความชอบด้านความหวานลดลง ด้านคะแนนความรู้สึกหลังรับประทานพบว่ายิ่งปริมาณแป้งสาเกเพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มในคะแนนความชอบด้านความรู้สึกหลังรับประทานลดลงเช่นเดียวกับคะแนนความชอบรวมดังแสดงในตารางที่ 21 และ 22

ตารางที่ 21 ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป (ก่อนรับประทานนม) ทั้ง 15 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ก่อนรับประทานนม				
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5.13±1.20 ^{b}	4.45±1.71 ^{ab}	4.58±1.75 ^{cde}	3.23±1.61 ^{d}	2.94±1.53 ^{c}
2	5.34±1.21 ^{ab}	4.50±1.30 ^{ab}	4.91±1.04 ^{abcd}	4.25±1.48 ^{abc}	3.69±1.07 ^{bc}
3	5.67±0.90 ^{ab}	4.27±1.31 ^{ab}	5.33±1.64 ^{abc}	3.87±1.32 ^{abcd}	3.87±1.39 ^{b}
4	5.63±1.50 ^{ab}	4.16±1.35 ^{b}	4.66±1.52 ^{cde}	3.56±1.50 ^{bcd}	3.84±1.42 ^{b}
5	5.88±1.24 ^{a}	4.22±1.75 ^{ab}	4.72±1.46 ^{bcde}	3.50±1.61 ^{cd}	3.81±1.75 ^{b}
6	5.53±1.14 ^{ab}	5.06±1.58 ^{a}	3.97±1.60 ^{e}	3.72±1.67 ^{bcd}	3.81±1.31 ^{b}
7	5.72±1.30 ^{ab}	4.63±1.48 ^{ab}	4.31±2.26 ^{de}	3.38±1.68 ^{cd}	3.63±1.84 ^{bc}
8	5.72±1.64 ^{ab}	4.83±1.65 ^{ab}	5.09±1.76 ^{abcd}	3.89±2.16 ^{bcd}	3.80±1.90 ^{b}
9	5.44±1.41 ^{ab}	5.03±1.47 ^{ab}	5.63±1.52 ^{ab}	4.00±1.55 ^{abcd}	4.03±1.49 ^{b}
10	6.07±1.17 ^{ab}	4.30±1.95 ^{ab}	4.70±1.60 ^{abc}	3.97±1.79 ^{abc}	3.90±1.47 ^{b}
11	5.78±1.13 ^{a}	4.75±1.46 ^{ab}	4.97±1.67 ^{bcd}	4.03±1.60 ^{abcd}	4.06±1.48 ^{b}
12	5.40±1.25 ^{ab}	4.63±1.25 ^{ab}	5.17±1.58 ^{abcd}	4.47±1.57 ^{ab}	3.67±1.58 ^{bc}
13	5.50±1.04 ^{ab}	4.23±1.30 ^{ab}	5.30±1.62 ^{abc}	3.40±1.63 ^{cd}	3.27±1.48 ^{bc}
14	5.63±1.10 ^{ab}	4.43±1.01 ^{ab}	5.77±1.28 ^{a}	3.73±1.55 ^{bcd}	3.83±1.58 ^{b}
15	5.87±1.01 ^{a}	4.71±1.32 ^{ab}	5.81±1.23 ^{a}	4.81±1.33 ^{a}	5.26±0.98 ^{a}

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 22 ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของอาหารเช้าสำเร็จรูป (รับประทานพร้อมนม) ทั้ง 15 สิ่งทดลอง

ตัวอย่างที่	รับประทานพร้อมนม					
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม	ความชอบด้านรสชาติ	ความชอบด้านลักษณะปรากฏ
1	5.06±1.26 [b]	4.13±1.52 [b]	4.35±1.94 [c]	3.29±1.473 [d]	3.32±1.64 [d]	3.35±1.58 [d]
2	5.47±1.46 [ab]	4.72±1.59 [ab]	5.56±1.60 [a]	4.47±1.58 [ab]	4.56±1.39 [b]	4.81±1.29 [b]
3	5.33±0.91 [ab]	4.07±1.33 [b]	5.00±1.56 [abc]	4.07±1.33 [bc]	3.80±1.37 [cd]	3.77±1.49 [cd]
4	5.81±1.26 [ab]	4.56±1.41 [ab]	5.03±1.51 [abc]	1.37±1.37 [ab]	4.63±1.45 [b]	4.47±1.46 [bc]
5	5.88±1.21 [a]	4.50±1.27 [ab]	5.44±1.32 [ab]	3.81±1.40 [bcd]	4.34±1.38 [b]	4.58±1.32 [bc]
6	5.22±13.1 [ab]	4.38±1.16 [ab]	4.63±1.68 [bc]	3.41±1.85 [cd]	3.97±1.33 [cd]	4.19±1.26 [bc]
7	5.72±1.25 [ab]	4.66±1.43 [ab]	5.13±1.83 [abc]	4.19±1.75 [bc]	4.72±1.42 [b]	4.41±1.52 [bc]
8	5.72±1.38 [ab]	4.72±1.47 [ab]	5.46±1.64 [ab]	4.22±1.74 [ab]	4.50±1.60 [b]	4.52±1.70 [bc]
9	5.59±1.29 [ab]	4.72±1.57 [ab]	5.16±1.51 [abc]	3.84±1.30 [bcd]	3.94±1.46 [cd]	4.00±1.32 [bcd]
10	5.97±1.22 [ab]	4.17±1.98 [ab]	5.60±1.40 [a]	4.20±1.99 [ab]	4.37±1.50 [b]	4.63±1.43 [b]
11	5.59±1.50 [ab]	4.84±1.39 [ab]	5.75±1.57 [a]	4.63±1.24 [b]	4.91±1.35 [b]	5.03±1.36 [b]
12	5.63±1.25 [ab]	4.50±1.11 [ab]	5.70±1.09 [a]	4.27±1.55 [bc]	4.23±1.30 [b]	4.20±1.40 [bc]
13	5.30±1.32 [ab]	5.13±1.28 [a]	5.77±1.33 [a]	3.87±1.72 [bcd]	3.90±1.81 [cd]	4.13±1.48 [bcd]
14	5.20±1.52 [ab]	4.53±1.25 [ab]	5.77±1.36 [a]	3.93±1.68 [bcd]	4.07±1.62 [cd]	4.13±1.68 [bcd]
15	5.87±1.01 [a]	4.61±1.41 [ab]	5.84±1.46 [a]	5.29±1.25 [a]	5.68±1.30 [a]	5.71±1.30 [a]

หมายเหตุ a-h หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.1.3 สร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลต ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ก. การคัดเลือกปัจจัย

เมื่อนำผลค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ได้มาศึกษาหาความสัมพันธ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบกับปัจจัยในการคัดเลือก

คุณลักษณะ	แป้งสาเก	น้ำตาล	กลิ่นรสช็อกโกแลต	ความชอบรวม
ก่อนรับประทานกับนม				
ค่าสี	-0.257	0.117	-0.26	0.466
กลิ่นรสช็อกโกแลต	-0.030	0.001	0.170	0.123
ความกรอบ	-0.486*	0.159	0.459	0.208
ความหวาน	-0.474	0.473	0.227	0.672**
ความรู้สึกหลังรับประทาน	-0.515*	0.99	0.113	0.815**
รับประทานพร้อมนม				
ค่าสี	-0.105	0.239	-0.064	0.454
กลิ่นรสช็อกโกแลต	-0.481	-0.216	-0.384	0.380
ความกรอบ	-0.690**	0.276	-0.004	0.640**
ความหวาน	-0.419	0.389	-0.255	0.859**
ความรู้สึกหลังรับประทาน	-0.456	0.179	-0.356	0.947**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาค่าความสัมพันธ์ พบว่า อัตราส่วนของแป้งส่งผลต่อคุณลักษณะด้านความกรอบและความรู้สึกหลังรับประทาน (ก่อนรับประทานนม) อีกทั้งความรู้สึกหลังรับประทานนั้นส่งผลต่อค่าคะแนนความชอบรวมอีกด้วย ดังนั้นปัจจัยที่คัดเลือกและใช้กำหนดข้อจำกัดจึงได้แก่ ความกรอบและความรู้สึกหลังรับประทานมาเป็นส่วนหนึ่งของข้อจำกัดในการสร้างสูตร ส่วนในด้านกายภาพได้ทำการคัดเลือกค่า water activity ซึ่งมีผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งค่าแรงกดตามผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม

ข. ผลการสร้างแบบจำลองด้วยสมการของค่า water activity ค่าความแข็ง ค่าความกรอบ ค่าความรู้สึกหลังรับประทาน ค่าความชอบรวมและการทวนสอบแบบจำลอง

จากการนำข้อมูลที่ได้วัดค่าคุณภาพสามารถสร้างสมการและประสิทธิภาพในการทำนายของแต่ละสมการ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองพบว่ามีค่ามากกว่า 0.6 แสดงถึงแบบจำลองสามารถทำนายได้เป็นแนวโน้มเดียวกับค่าทดลอง และค่า mean square error (MSE) ต่ำแสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงสมการและประสิทธิภาพในการทำนายของแต่ละสมการจากค่าคุณภาพ

ค่าคุณภาพ	สมการ	r	MSE
water activity (a_w)	$y_1 = -0.1166+0.0084x_1+0.0114x_2+0.0817x_3$ $-0.00018x_1x_2-0.0007x_1x_3-0.00034x_2x_3$ $-0.000026x_1^2-0.0000733x_2^2-0.0069x_3^2$	0.6618	$3.91x10^{-4}$
ค่าแรงกด	$y_2 = -290.423+11.4284x_1+2.4882x_2-0.6346x_3-$ $0.0752x_1x_2-0.1269x_1x_3+1.14x_2x_3 -$ $0.0669x_1^2+0.0311x_2^2–8.6797x_3^2$	0.6525	350.0623
ความกรอบ (ก่อนรับประทานนม)	$y_3 = 9.6423-0.1343x_1+0.0552x_2+0.1612x_3$ $+0.0024x_1x_2-0.0011x_1x_3-0.0028x_2x_3$ $+0.0005x_1^2-0.0056x_2^2-0.0299x_3^2$	0.8858	0.0502
ค่าความกรอบ (รับประทานพร้อมนม)	$y_4 = 5.1789-0.0046x_1+0.0591x_2+0.4173x_3$ $+0.000396x_1x_2+0.00024x_1x_3-0.0178x_2x_3$ $-0.00016x_1^2-0.00082x_2^2-0.0202x_3^2$	0.7739	0.0670
ความรู้สึกหลังรับประทาน	$y_5 = 0.1823+0.0579x_1+0.1679x_2-0.6008x_3-$ $0.00076x_1x_2+0.000879x_1x_3-0.0122x_2x_3$ $-0.00044x_1^2 -0.00019x_2^2-0.0849x_3^2$	0.7436	0.1996
ความชอบรวม	$y_6 = -0.9235+0.0498x_1+0.3137x_2+1.232x_3-$ $0.0016x_1x_2- 0.000081x_1x_3-0.0358x_2x_3$ $-0.00023x_1^2-0.0026x_2^2-0.1835x_3^2$	0.7412	0.1168

ค. ผลการหาสูตรที่เหมาะสม

ในการหาสูตรที่เหมาะสมจะต้องมีการกำหนดช่วงของคุณลักษณะต่าง ๆ โดยจุดประสงค์หลักคือได้ค่าความชอบรวมสูงสุด ส่วนในด้านค่าความแข็งได้ยึดค่าตามคุณภาพของอาหารเช้าสำเร็จรูปยี่ห้อโกโก้ครันช์มีค่าแรงกดอยู่ระหว่าง 100.00–120.00 นิวตัน ส่วนค่า water activity (a_w) มีค่าต่ำกว่า 0.40 ค่าคะแนนความกรอบก่อนและรับประทานพร้อมนมมากกว่า 5.00 ค่าความรู้สึกหลังรับประทานมากกว่า 4.00 พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งสาเกร้อยละ 50.00 น้ำตาลร้อยละ 26.53 และกลิ่นรสช็อกโกแลตร้อยละ 0.59

จากการทำนายของแบบจำลองสูตรดังกล่าวทำให้ได้อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเกที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.38 ค่าความแข็งเท่ากับ 120 นิวตัน ค่าคะแนนความกรอบก่อนและรับประทานกับนมมีค่าเท่ากับ 6.03 และ 5 .00 ตามลำดับ ค่าความชอบด้านความรู้สึกหลังรับประทานมีค่าเท่ากับ 4.26 และค่าคะแนนความชอบรวมมีค่าเท่ากับ 5.49

3.1 การพัฒนากลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

เมื่อได้สูตรมาตรฐานจากการสร้างแบบจำลองซึ่งประกอบด้วยแป้งสาเกร้อยละ 50 น้ำตาลร้อยละ 26.53 และกลิ่นรสช็อกโกแลตร้อยละ 0.59 ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ได้แก่ น้ำร้อยละ 80.00 ของน้ำหนักของแห้งทั้งหมด นมผงขาดมันเนยร้อยละ 5.00 แบะแซร้อยละ 4.00 เกลือร้อยละ 3.00 โกโก้ร้อยละ 2.00 และแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ1.00 (ส่วนผสมทั้งหมดตามอัตราส่วนของแป้งทั้งหมด) แต่เนื่องจากสูตรมาตรฐานที่ได้ยังมีค่าคะแนนความชอบรวมต่ำ โดยจากการศึกษาด้านความสัมพันธ์พบว่าปัจจัยด้านความรู้สึกหลังรับประทานมีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบรวม ดังนั้นจึงทำการพัฒนาในด้านความรู้สึกหลังรับประทานโดยการเพิ่มระดับโกโก้ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มรสหวานเนื่องจากผงโกโก้มีน้ำตาลเป็นส่วนผสม จากการที่รสหวานมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับรสขมทำให้การเพิ่มรสหวานจะช่วยในการลดรสขมลง อีกทั้งเป็นการเพิ่มกลิ่นรสช็อกโกแลตด้วย ดังนั้นจึงทำการศึกษาระดับผงโกโก้ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2 4 และ 6 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า water activity และค่าแรงกดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง 25

ตารางที่ 25 ค่า water activity และค่าแรงกดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับผงโกโก้ต่างๆ

ระดับโกโก้ (ร้อยละ)	water activity	ค่าแรงกด (นิวตัน)
2	0.297±0.000 [a]	133.62±5.29 [b]
4	0.257±0.000 [b]	133.06±1.43 [b]
6	0.279±0.019 [a]	134.26±9.19 [a]

หมายเหตุ a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* c h ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับผงโกโก้ร้อยละ 2 4 และ 6 พบว่าค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ค่า L* และ Hue angle มีแนวโน้มลดลงบ่งบอกว่ายิ่งเพิ่มระดับผงโกโก้ทำให้มีค่าความสว่างลดลงและมีความเข้มมากขึ้น ดังแสดงในตาราง 26

ตารางที่ 26 ค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับผงโกโก้ต่างๆ

ระดับโกโก้ (ร้อยละ)	ค่าสี				
	L*	a*	b*	c	h
2	58.93 ±1.25 [a]	10.95 ±0.76 [a]	23.84±0.98 [a]	26.24±1.20 [b]	65.36±0.71 [a]
4	52.11±1.26 [b]	13.27±0.32 [b]	23.89±0.46 [a]	27.33± 0.53 [a]	60.95±0.38 [b]
6	48.92±1.43 [a]	13.89 ±0.45 [c]	22.24±0.64 [b]	26.22±0.71 [b]	58.02±0.69 [c]

หมายเหตุ a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับผงโกโก้ร้อยละ 2 4 และ 6 พบว่า ค่าความชอบในด้านสีและกลิ่นรส (ก่อนรับประทานนม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มผงโกโก้ช่วยเพิ่มคะแนนค่าสีและกลิ่นรส ในขณะที่ค่าความชอบในด้านความกรอบ ความหวานและความรู้สึกหลังรับประทาน (ก่อนรับประทานนม) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนความชอบในสูตรมาตรฐานพบว่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากผงโกโก้มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมทำให้ค่าคะแนนความชอบในด้านความรู้สึกหลังรับประทานและความหวานเพิ่มขึ้น เนื่องจากรสหวานมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับรสหวานช่วยในการลดรสขม ดังแสดงในตาราง 27

ตารางที่ 27 ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเช้าสำเร็จรูป (ก่อนรับประทานนม) ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

ระดับโกโก้ (ร้อยละ)	ก่อนรับประทานนม				
	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	ความหวาน	ความรู้สึกหลังรับประทาน
2	5.36±0.66[b]	5.26±1.36[b]	6.16±1.57[ns]	5.76±1.35[ns]	5.36±1.40[ns]
4	6.56±0.85[a]	5.33±1.12[b]	6.36±1.18[ns]	5.90±1.42[ns]	5.50±1.25[ns]
6	7.06±0.14[a]	6.03±1.12[a]	6.63±088[ns]	6.26±1.17[ns]	6.03±1.12[ns]

หมายเหตุ a-h หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่ระดับผงโกโก้ร้อยละ 2 4 และ 6 (รับประทานพร้อมนม) พบว่า ค่าความชอบในด้านสี กลิ่นรส ความกรอบ ความหวาน ความรู้สึกหลังรับประทานและความชอบรวมในทุกคุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับผงโกโก้ ดังแสดงในตาราง ที่ 28

ตารางที่ 28 ค่าความชอบของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเช้าสำเร็จรูป (รับประทานพร้อมนม) ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

ระดับโกโก้ (ร้อยละ)	รับประทานพร้อมนม					
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบรวมด้านกลิ่นรส	ความชอบรวม
2	5.60±1.10[b]	4.96±0.99[b]	6.10±1.21[b]	5.83±1.34[b]	5.46±1.19[b]	5.56±1.27[c]
4	6.50±0.97[a]	5.40±1.35[b]	6.56±1.00[ab]	6.16±1.23[ab]	5.90±1.02[b]	6.16±1.23[b]
6	7.00±0.87[a]	6.26±1.08[a]	6.90±0.92[a]	6.70±0.83[a]	6.53±0.89[a]	6.19±0.90[a]

หมายเหตุ a-h หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองในด้านการพัฒนากลิ่นรสช็อกโกแลตพบว่า ระดับผงโกโก้ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปที่จากแป้งสาเกคือ ระดับผงโกโก้ร้อยละ 6 ซึ่งมีค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุด โดยเฉพาะในด้านคะแนนความชอบรวมที่มีความแตกต่างจากระดับที่ 2 และ 4 อีกทั้งค่าทางกายภาพในด้านค่า water activity ค่าสีและค่าแรงกดมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงทำการเลือกช็อกโกแลตที่ระดับดังกล่าว

3.2 การพัฒนากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

เมื่อได้สูตรมาตรฐานจากการสร้างแบบจำลองซึ่งประกอบด้วยแป้งสาเกร้อยละ 50 นำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ได้มาเคลือบกลิ่นรสช็อกโกแลตประกอบด้วยน้ำตาลทรายร้อยละ 22.70 น้ำตาลปี๊บร้อยละ 40 น้ำร้อยละ 17.40 เนยเทียมร้อยละ 3.70 โกโก้ผงร้อยละ 11.40 เกลือร้อยละ 0.94 นมผงขาดมันเนยร้อยละ 3.86 ได้เป็นผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 9 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่เคลือบรสช็อกโกแลต

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาขึ้น

ศึกษาคุณภาพในด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนาขึ้นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 29 คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่พัฒนา

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากแป้งสาเก
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่า water activity	0.230±0.00
ค่าแรงกด	122.00±5.81
ค่าสี L*	45.69±1.49
ค่าสี a*	12.87±0.41
ค่าสี b*	19.29±0.11
ค่าสี c	23.19±0.29
ค่าสี h	56.29±0.76
คุณภาพทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละ)	2.62±0.09
โปรตีน (ร้อยละ)	2.08±0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	1.63±0.29
เถ้า (ร้อยละ)	2.24±0.75
เยื่อใย (ร้อยละ)	2.07±0.08
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	89.36
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	1.4×10^3
จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)	< 10
จำนวนโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3

ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วมีค่าคุณลักษณะทางเคมีเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมของขนมกรอบจากธัญชาติแล้ว พบว่า ค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 ไขมันไม่เกินร้อยละ 30 เถ้าไม่เกินร้อยละ 4 แต่ในด้านของโปรตีนนั้นต่ำกว่าร้อยละ 6 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางด้านกายภาพพบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วมีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งและไม่ค่อยพองตัว เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดโดยโกโก้ครัช์มีค่าแรงกด 109 นิวตัน แต่ในด้านค่า water activity นั้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปซึ่งส่งผลดีต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ในด้านจุลินทรีย์นั้นพบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.1534-2541) ที่กำหนดคือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1 4×10^{4} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 ตัวต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 30 ลักษณะประชากรศาสตร์จากผู้บริโภคจำนวน 200 คน

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
อายุ	
18-25 ปี	51.5
26-30 ปี	20.5
30-40 ปี	28.0
อาชีพ	
นักเรียนหรือนักศึกษา	45.0
ข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจ	24.5
พนักงานบริษัทเอกชน	18.0
ธุรกิจส่วนตัว	6.0
อื่นๆ	4.5
รับจ้างทั่วไป	2.0
การศึกษา	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	52.5
ปริญญาตรี	39.0
สูงกว่าปริญญาตรี	8.5
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
น้อยกว่า 10,000 บาท	50.0
10,000–20,000 บาท	34.0
20,001–30,000 บาท	10.5
สูงกว่า 30,000 บาท	5.5

จากการสอบถามเกี่ยวกับรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกโดยสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นในตัวผลิตภัณฑ์ โดยให้คะแนนด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scaling คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 9=ชอบมากที่สุด) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านสีในตัวผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ระดับ 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) มากที่สุด คือ ร้อยละ 52 รองลงมาคือ ระดับ 6 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ระดับ 8 คะแนน (ชอบมาก) ระดับ 5 คะแนน(บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ร้อยละ 22.5 18.5 5.5 และ 1.5 ตามลำดับ

ในด้านกลิ่นรสนั้นพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในระดับ 8 คะแนน(ชอบมาก) มากที่สุดร้อยละ 43.5 รองลงมาคือ 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ระดับที่ 6 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ระดับที่ 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) และระดับ 5 คะแนน (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ร้อยละ 33 26 26 และ 13 ตามลำดับ ในด้านลักษณะปรากฏพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในระดับ 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) มากที่สุด ร้อยละ 33.5 รองลงมาคือ ระดับ 6 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ระดับ 5 คะแนน (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ระดับ 8 คะแนน (ชอบมาก) ระดับ 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ร้อยละ 29.5 18.5 16 และ 2.5 ด้านความชอบรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในระดับ 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) ระดับ 6 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ระดับ 8 คะแนน (ชอบมาก) ระดับ 5 คะแนน (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ระดับ 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ร้อยละ 24.5 14.5 7 และ 1.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความคิดเห็นในด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ว่า แข็งเกินไป ควรมีรูปร่างที่แปลกใหม่และดึงดูดใจมากกว่านี้ เป็นต้น

5. <u>ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก</u>

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเกที่ผ่านการพัฒนาแล้วโดยใช้แบบสอบถามโดยวิธี Central Location Test (CLT) กับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายคือ ผู้หญิงอายุ 18-40 ปี ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คน ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 30 พบว่า ผู้ทดสอบส่วนมากมีอายุในช่วง 18–25 ปีมีจำนวนมากที่สุดร้อยละ 51.5 รองลงมาคือช่วงอายุ 26–30 ปี ร้อยละ 20.5 และช่วงอายุ 30-40 ปีร้อยละ 28 อาชีพนักเรียนหรือนักศึกษามีจำนวนมากที่สุด คือ ร้อยละ 45 รองลงมาคือ ข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจ พนักงานเอกชน ธุรกิจส่วนตัว อื่น ๆ รับจ้างทั่วไปร้อยละ 24.5 18 6 4.5 และ 2 ตามลำดับ การศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 52.5 ปริญญาตรีร้อยละ 39 และสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 8.5 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาทร้อยละ 50 รองลงมาคือ ช่วง 10,000–20,000 บาท ช่วง 20,001–30,000 บาท สูงกว่า 30,000 บาท ร้อยละ50 34 10.5 และ5.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 31 การทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเกโดยให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-point hedonic-scale)

ปัจจัย		ร้อยละ
ด้านสีผลิตภัณฑ์		
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	(5 คะแนน)	5.5
ชอบเล็กน้อย	(6 คะแนน)	22.5
ชอบปานกลาง	(7 คะแนน)	52.0
ชอบมาก	(8 คะแนน)	18.5
ชอบมากที่สุด	(9 คะแนน)	1.5
ด้านกลิ่นรส		
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	(5 คะแนน)	13.0
ชอบเล็กน้อย	(6 คะแนน)	26.0
ชอบปานกลาง	(7 คะแนน)	26.0
ชอบมาก	(8 คะแนน)	43.5
ชอบมากที่สุด	(9 คะแนน)	33.0
ด้านลักษณะปรากฏ		
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	(5 คะแนน)	18.5
ชอบเล็กน้อย	(6 คะแนน)	29.5
ชอบปานกลาง	(7 คะแนน)	33.5
ชอบมาก	(8 คะแนน)	16.0
ชอบมากที่สุด	(9 คะแนน)	2.5
ด้านความชอบรวม		
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	(5 คะแนน)	7.0
ชอบเล็กน้อย	(6 คะแนน)	24.5
ชอบปานกลาง	(7 คะแนน)	52.5
ชอบมาก	(8 คะแนน)	14.5
ชอบมากที่สุด	(9 คะแนน)	1.5

จากการสำรวจด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 89 และไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 11 จากเหตุผลเนื่องจากต่างจากยี่ห้อที่เคยกินและรสชาติอ่อนไป

ตารางที่ 32 การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก

ปัจจัย	ร้อยละ
ยอมรับผลิตภัณฑ์	89
ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์	11

จากการสอบถามเกี่ยวกับรายละเอียดด้านราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเกขนาด 25 กรัม บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอลย์ในกล่องกระดาษ พบว่า ร้อยละ 64 เห็นว่าควรมีราคาเท่ากับท้องตลาด (ราคา 9-10 บาท) รองลงมาคือ น้อยกว่าท้องตลาด ร้อยละ 33.50 (ราคา 5-9 บาท) และมากกว่าท้องตลาด (12 บาท) ร้อยละ 2.50

ตารางที่ 33 ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก

ปัจจัย	ร้อยละ
น้อยกว่าท้องตลาด	33.50
เท่ากับท้องตลาด	64.00
ราคามากกว่าท้องตลาด	2.50

ในด้านแนวโน้มการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก พบว่า ผู้บริโภคมีความคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อออกวางจำหน่ายร้อยละ 34 เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะดวกในการรับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการ ชอบรับประทานและแปลกใหม่ดี นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 24 ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่รับประทานเป็นประจำอยู่แล้ว ชอบรับประทานอาหารมากกว่า เนื้อสัมผัสแข็งไป เป็นต้น และมีจำนวนร้อยละ 42 ไม่แน่ใจว่าจะตัดสินใจซื้อเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีให้เลือกมากมาย แปลกใหม่ไม่กล้าลอง ชอบรับประทานอาหารเช้ามากกว่าและไม่มั่นใจว่าดีกว่าของเดิม

ตารางที่ 34 แนวโน้มการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปรสช็อกโกแลตจากแป้งสาเก

ปัจจัย	ร้อยละ
ซื้อ	34
ไม่ซื้อ	24
ไม่แน่ใจ	42

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้เริ่มจากการนำผลสาเกที่อายุการเก็บสั้นมาแปรรูปเป็นแป้งเพื่อพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น จากนั้นได้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปต่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ด้วย ผลการศึกษาสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การสำรวจความคิดเห็น พฤติกรรม และความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก จากผู้บริโภคจำนวน 200 คน ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคชอบรับประทานมากที่สุดคือ โกโก้ครันซ์ ร้อยละ 58.50 รองลงมาคือ คอรน์เฟลกส์รสธรรมชาติ ร้อยละ 16.50 ในด้านความถี่ในการรับประทานอาหารเช้าสำเร็จรูป พบว่าน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์คิดเป็น ร้อยละ 52.00 และ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์คิดเป็นร้อยละ 22.00 ส่วนรูปแบบในการรับประทาน พบว่ารับประทานร่วมกับนมสด ร้อยละ 57.50 รองลงมารับประทานเปล่าๆ เป็นขนมขบเคี้ยว ร้อยละ 19.00 ลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคต้องการคือ กรอบ ร้อยละ 65.00 ผู้บริโภคไม่พบปัญหาในการบริโภคคิดเป็น ร้อยละ 53.00 และพบปัญหาในการรับประทานคิดเป็น ร้อยละ 47.00 โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือ นิ่มเร็วเวลารับประทานกับนม หรือเครื่องดื่มอื่นๆคิดเป็นร้อยละ 40.60 รองลงมาคือ ติดฟัน ร้อยละ ในด้านพฤติกรรมด้านการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป พบว่า ซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง ร้อยละ 86 สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่คือ ซูเปอร์มาร์เกต ร้อยละ 82.80 ปัจจัยที่ใช้ในตัดสินใจซื้อคือ รสชาติคิดเป็นร้อยละ 65.50 รองลงมาคือใยอาหารสูงและไขมันต่ำคิดเป็น ร้อยละ 13.50

2. กรรมวิธีในการผลิตแป้งได้คัดเลือกใช้วิธีโม่แห้งโดยนำผลสาเกพันธุ์ข้าวเหนียวมาปอกเปลือก จากนั้นนำไปหั่นเป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องสไลด์ จากนั้นนำไปแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ร้อยละ 0.3 นาน 1 ชั่วโมง อบแห้งทันทีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่อง Hammer mill และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

3. จากการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพของแป้งสาเกพบว่า ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 89.5 0.14 9.31 ค่า water activity 0.227 ด้านอุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดอยู่ในช่วง 79 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดสูงสุดในช่วง 578 RVU ค่าการคืนตัวมีค่าเท่ากับ 160.7 RVU และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแป้งสาเกมีลักษณะคล้ายถ้วยใกล้เคียงกับแป้งท้าว

4. ด้านคุณภาพทางเคมีของแป้งสาเก พบว่า องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ได้แก่ ไขมัน เส้นใยหยาบ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เท่ากับ ร้อยละ 0.80 13.34 3.58 80.30 และ 1.98 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอะมิโลสมีร้อยละ 28.79

5. การศึกษาสูตรมาตรฐานที่มีปริมาณที่เหมาะสมของแป้งสาเก น้ำตาล และกลิ่นรสช็อกโกแลต ในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูป โดยการวางแผนการทดลองแบบ CCD ทั้งหมด 15 สิ่งการทดลอง โดยทำการประเมินค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่า water activity ค่า L* a* b* c h ค่าแรงกด และค่าทางประสาทสัมผัส นำผลมาคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปัจจัยคุณลักษณะด้านความกรอบและความรู้สึกหลังรับประทาน(ก่อนรับประทานนม) ค่าคะแนนความชอบรวม ค่า water activity

6. สร้างแบบจำลองโดยกำหนดช่วงของคุณลักษณะต่าง ๆ ของสูตรที่เหมาะสม กำหนดจุดประสงค์หลักคือได้ค่าความชอบรวมสูงสุด ในด้านค่าความแข็งได้ยึดค่าตามของโกโก้ครัชซ์มีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 100–120 นิวตัน ค่า water activity (a_w) มีค่าต่ำกว่า 0.4 ค่าคะแนนความกรอบก่อนและรับประทานกับนมมากกว่า 5 ค่าความรู้สึกหลังรับประทานมากกว่า 4 พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งสาเกร้อยละ 50.00 น้ำตาลร้อยละ 26.53 และกลิ่นรสช็อกโกแลตร้อยละ 0.59

7. การปรับปรุงในด้านกลิ่นรสช็อกโกแลตให้เหมาะสมมากขึ้น โดยการศึกษาระดับโกโก้ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2 4 และ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและการยอมรับ พบว่าระดับกลิ่นรสโกโก้ร้อยละ 6 ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด อีกทั้งคุณภาพทางทางกายภาพ ได้แก่ ค่า water activity ค่าสีและค่าแรงกดมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นจึงทำการเลือกโกโก้ที่ระดับร้อยละ 6 เป็นสูตรสำหรับการทำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

8. นำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่ได้มาเคลือบกลิ่นรสช็อกโกแลต ประกอบด้วย น้ำตาลปี๊บร้อยละ 40.00 น้ำตาลทรายร้อยละ 22.70 น้ำร้อยละ 17.40 โกโก้ผงร้อยละ 11.40 นมผงร้อยละ 3.86 เนยเทียมร้อยละ 3.70 เกลือร้อยละ 0.94

9. จากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวน 200 คน ผู้บริโภคมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ ในระดับความชอบด้านสีเท่ากับชอบปานกลางมากที่สุด ในด้านกลิ่นรสนั้นพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในระดับชอบมาก ในด้านลักษณะปรากฏพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในผลิตภัณฑ์ระดับชอบปานกลาง นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความคิดเห็นในด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ว่าแข็งเกินไป ควรมีรูปร่างที่แปลกใหม่และดึงดูดใจมากกว่านี้ เป็นต้น

10. ในด้านการยอมรับพบว่าโดยส่วนใหญ่ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 89 และมีแนวโน้มการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อออกวางจำหน่ายร้อยละ 34 เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะดวกในการรับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการ ชอบรับประทานและแปลกใหม่ดี

ข้อเสนอแนะ

1. จากกระบวนการผลิตพบว่าการผลิตค่อนข้างซับซ้อน จึงควรพัฒนากระบวนการผลิตเข้าสู่กระบวนการทางอุตสาหกรรมโดยการใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชั่น

2. การปรับปรุงกลิ่นรสเพิ่มเติม จะเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคได้ โดยแป้งสาเกนั้นจะมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ดังนั้นจึงต้องพิจารณาการปรุงแต่งกลิ่นรสและอัตราส่วนของแป้งที่ใช้รวม อีกทั้งพิจารณาการปรุงแต่งกลิ่นรสที่สอดคล้องกับกลิ่นรสของแป้งสาเกและความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีรวัฒน์ เทพใจกาศ. 2545. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากแป้งมันเทศและเนื้อปลาป่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้และไม้โตเร็วอเนกประสงค์. 2545. **ไม้อเนกประสงค์กินได้**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

จิราภา เมืองคล้าย. 2539. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรมล ล้อสุริยนต์. 2536. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากถั่วมะแฮะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2546. **เนสท์เล่ รุกตลาดซีเรียล ไอเอ็มซี กิจกรรมเชิงรุก.** แหล่งที่มา :www.businessthai/เนสเล่.htm. 9/5/2548.

นิรนาม. 2548 ข. **ข้อมูลการตลาดของอาหารเช้าสำเร็จรูป.** แหล่งที่มา :www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf210.htm 20 20/5/2548.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช. 2546. **คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งท้าวยายม่อมและการนำไปใช้ประโยชน์ของขนมชั้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประชา บุญญาสิริกุล และ จุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2540. **การผลิตอาหารเช้าจากธัญชาติพร้อมบริโภคที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลักโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูดสกรูคู่.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรวดี เทพประดิษฐ์. 2545. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากกากถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพจิตร ศุภพิมล. 2534. ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป, **สารยูไนเต็ด** 14(99): 39-41.

มลฤดี วีโรทัย. 2545. **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ.** สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล, กรุงเทพฯ.

วิทัศน์ แสงอรุณ. 2546. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากข้าวผสมกล้วยโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิสุทธิ์ พงษ์ศิริศักดิ์. 2542. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสาเก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติ.** มอก.1534-2541.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพด.** มอก.637-2539.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งสาลีอเนกประสงค์.** มอก.637-2541.

อรอนงค์ นัยวิกุล และ ลินดา พงศ์ผาสุก. 2536. **อาหารเช้าจากธัญชาติ.** วารสารอุตสาหกรรมเกษตร 4(3): 5-14.

อรอนงค์ วินัยกุล. 2547. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ วินัยกุล. 2538. **เคมีธัญญาหาร.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adebowale, K.O., B.I.O. Owokabi , K. Esther. and O.S. Lawel. 2004. **Functional properties of native physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch.** Available Source: http://www.ScienceDirect, May 13, 2004.

Anderson, R.A. H.F. Conway, V.F. Pferifer and E.L. Griffen. 1969. Gelatinization of corn grits and by roll and extrusion cooking. **Cereal Sci. Today.** 14: 4-7.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis**. The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

French, A.D. 1979. Allowed and preferred shapes of amylose**. Bander's Dig**. 53(1): 30.

Guy, R.C.E. 1994. **Raw material for Extrusion cooking Process, The Technology of Extrusion cooking.** Washington, Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, Glasgow.

Galliard, T. 1987. **Starch: Properties and Potential.** Critical report on applied Chemistry.

Jane, J., Y.Y., L.F. Lee, A.E. Mcpherson, K.S. Wong, M. Radosavlgevic and T. Kasemsuwan. 1999. Effect of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. **Cereal Chem.** 76(5): 629-637.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay of milled rice amylase. **Cereal Sci. Today.** 16(10): 334-360

Kulp, K. and J.G. Ponter. 2000. **Handbook of cereal science and technology.** Marcel Dekker, Inc. USA.

Nesheim, R.O. and H.B. Lockhart. 1993. **Breakfast cereal and How They are Made.** American Association of Cereal Chemists,Inc. USA.

Nochera, C.L. and G. Moore. 2001. Properties of Extruded Products from Breadfruit Flour. **Cereal Foods World.** 46(10): 488-490.

Oates, C.G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and Hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology.** 8: 375-382

Omobuwajo, T.O. 2003. **Composition characteristics and sensory quality of biscuits, prawn crackers and fried chips produce from breadfruit.** Available Source: http://www.ScienceDirect Scientia Horticulturae Growth, maturation and ripening of breadfruit, Artocarpus altilis (Park_) Fosb.htm.June 20, 2003.

Owens, G. 2001. **Cereals processing technology.** Woodhead Publishing Limited. England.

Ragone, D. 1997. **Breadfruit Artocarpus altilis (Parkinson)Fosberge.** IPGRI. Italy.

Sahai, D. and D.S. Jackson. 1996. Structure and chemical properties of native corn starch granules. **Starch/Stark.** 48: 249-255.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจความคิดเห็น พฤติกรรม และความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง: แบบสอบถามชุดนี้เป็นงานวิจัยการสำรวจความคิดเห็น พฤติกรรม และความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นในหญิง อายุ 18-40 ปี โดยจัดทำขึ้นเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของนางสาววิภาภรณ์ ไพศาลคงทวี นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านจะนำไปใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเก เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป โดยออกแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1	ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2	ข้อมูลความคิดเห็น และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป
ส่วนที่ 3	ความคิดเห็น และความต้องการของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเก

คำอธิบาย: ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป (Breakfast cereal) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานในมื้อเช้าหรือเป็นอาหารว่างใช้รับประทานร่วมกับนม หรือเครื่องดื่มอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่ทำจากแป้ง ธัญชาติ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า และถั่ว ลักษณะเป็นแผ่นหรือเกล็ดเล็ก ๆ ผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาด เช่น คอร์น-เฟลกส์ตราเคลล็อกส์, แผ่นข้าวโพดอบกรอบตราเนสเล่ เป็นต้น

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงใน □ ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. อาชีพ

□ นักเรียน/นักศึกษา □ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

□ พนักงานบริษัทเอกชน □ รับจ้างทั่วไป

□ ธุรกิจส่วนตัว □ อื่นๆ ระบุ.....

2. การศึกษา

□ ต่ำกว่าปริญญาตรี □ ปริญญาตรี

□ สูงกว่าปริญญาตรี

3. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

□ น้อยกว่า 10,000 บาท □ 10,000 - 20,000 บาท

□ 20,001- 30,000 บาท □ สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรม และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป

4. ผลิตภัณฑ์ที่ท่านชอบรับประทานที่สุด (เลือกเพียงผลิตภัณฑ์เดียว)

□ อัลมอนด์ คลัสเตอร์ □ บานาน่า คลัสเตอร์ เคลือบน้ำตาล

□ ออล แบรนด์ □ เนสฟิตไขมันต่ำ

□ เจเนอรัลมิลค์โฮลเกรนโททัล □ โกโก้ครันซ์

□ คอร์นเฟลกส์รสหวานเคลือบน้ำผึ้ง □ คอร์นเฟลกส์รสธรรมชาติ

□ คอร์นเฟลกส์รสหวาน □ อัลเพน

□ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. ความถี่ในการรับประทานอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

□ มากกว่า 5 ครั้ง/สัปดาห์ □ 4- 5 ครั้ง/สัปดาห์

□ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ □ 1 ครั้ง/สัปดาห์

□ น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ □ อื่นๆ โปรด

ระบุ.....……..

6. รูปแบบในการรับประทานอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นมากที่สุด

   - ☐ รับประทานร่วมกับนมสด
   - ☐ รับประทานร่วมกับโอวัลติน, ไมโล
   - ☐ รับประทานร่วมกับโยเกิร์ต
   - ☐ รับประทานเปล่าๆ เป็นขนมขบเคี้ยว
   - ☐ อื่นๆ ระบุ.....

7. เมื่อรับประทานอาหารเช้าสำเร็จรูป ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นมีลักษณะอย่างไร

   - ☐ นิ่ม
   - ☐ กรอบ
   - ☐ กรอบผสมกับนิ่มด้วย
   - ☐ อื่นๆ.....

8. จากการที่ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น ท่านเคยประสบปัญหาบ้างหรือไม่

   - ☐ พบ
   - ☐ ไม่พบ (ข้ามไปตอบข้อ 10)

9. ปัญหาที่ท่านพบเมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

   - ☐ มีกลิ่นเหม็นหืน
   - ☐ ไม่กรอบ
   - ☐ สีไม่เป็นธรรมชาติ
   - ☐ รูปร่างไม่สม่ำเสมอ
   - ☐ ติดฟัน
   - ☐ ขนาดไม่เหมาะสมเช่น ใหญ่ , เล็กไป
   - ☐ นิ่มเร็ว เวลารับประทานกับนม หรือเครื่องดื่มอื่นๆ
   - ☐ อื่นๆ ระบุ.....

10. ท่านซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปด้วยตนเองหรือไม่

    - ☐ ซื้อเอง
    - ☐ ไม่ได้ซื้อเอง (ข้ามไปตอบข้อ 12)

11. สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป (เลือกเพียงข้อเดียว)

    - ☐ ซูเปอร์มาร์เก็ต
    - ☐ ร้านสินค้าสะดวกซื้อ
    - ☐ ร้านขายของชำ
    - ☐ สหกรณ์
    - ☐ อื่นๆ ระบุ.....

12. ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น (เลือกเพียงข้อเดียว)

☐ รสชาติ ☐ ใยอาหารสูง (Fiber)

☐ ไขมันต่ำ ☐ พลังงานต่ำ

☐ ลักษณะผลิตภัณฑ์ เช่น บอล, แผ่น ☐ บรรจุภัณฑ์

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็น และความต้องการของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเก

13. ท่านต้องการผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเกมีรูปร่างแบบใด

☐ รูปวงกลม ☐ รูปวงรี

☐ รูปสามเหลี่ยม ☐ รูปสี่เหลี่ยม

☐ รูปอื่น ระบุ.....

14. ท่านต้องการผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเกที่มีสีอะไร

☐ สีธรรมชาติ ☐ สีน้ำตาล

☐ สีขาว ☐ สีเหลือง

☐ สีอื่นๆระบุ.....

15. ท่านต้องการผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งสาเกที่มีกลิ่นรสอย่างไร

☐ กลิ่นรสธรรมชาติ ☐ กลิ่นรสนมถั่วเหลือง

☐ กลิ่นรสช็อคโกแลต ☐ กลิ่นรสใบเตย

☐ กลิ่นรสผลไม้ ☐ กลิ่นรสกระเจี๊ยบ

☐ กลิ่นรสชาเขียว ☐ กลิ่นรสวนิลา

☐ กลิ่นรสอื่นๆ ระบุ.....

16. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปควรมีภาชนะบรรจุเช่นไรจึงเหมาะสม

☐ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในกล่องกระดาษ

☐ ถุงลามิเนต (เป็นถุงขนมขบเคี้ยวต่างๆเช่น เลย์ เป็นต้น)

☐ ถุงซิปล็อคในกระป๋องกระดาษ

☐ อื่นๆ ระบุ .....

จบแบบสอบถาม ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ใบรายงานผลการทดสอบ

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งสาเก

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทดสอบ.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งสาเก 3 ตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลงในช่องว่าง ซึ่งมีระดับคะแนนดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ก่อนเทนม				
สี				
กลิ่นรสช็อคโกแลต				
ความกรอบ				
ความหวาน				
ความรู้สึกหลังชิม				
หลังเทนม				
สี				
กลิ่นรสช็อคโกแลต				
ความกรอบ				
ความหวาน				
ความรู้สึกหลังชิม				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

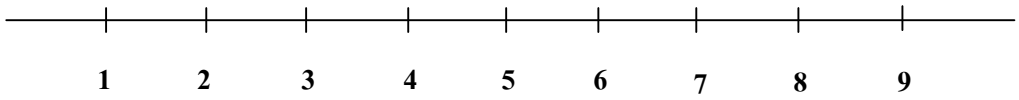
คำชี้แจง: แบบสอบถามชุดนี้เป็นงานวิจัยเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของนางสาววิภาภรณ์ ไพศาล คงทวี นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในหัวข้อ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก” จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วน ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ. โอกาสนี้ด้วย

คำอธิบาย : ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้จากแป้งสาเก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาเกและแป้งข้าวโพดเป็นวัตถุดิบมีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน ใยอาหาร เหมาะสำหรับเป็นอาหารมื้อเช้าหรือเป็นอาหารว่าง ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาล ใช้รับประทานร่วมกับนม หรือเครื่องดื่มอื่น ๆ

<u>คำแนะนำ</u> โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงใน □ ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้จากแป้งสาเก

1. กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้ร่วมกับนมสด (โดยใส่ผลิตภัณฑ์ลงในถ้วยที่บรรจุด้วยนมสดประมาณ 30 วินาที) และให้คะแนนความชอบ 1–9 คะแนนให้ตรงกับความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับคะแนนดังต่อไปนี้



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

ด้านสี ……..
กลิ่นรส ……..
ลักษณะปรากฏ ……..
ความชอบรวม ……..

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

……

……

……

2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้นี้หรือไม่

□ ยอมรับ

□ ไม่ยอมรับ เพราะ……

3. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นรสโกโก้จากแป้งสาเก บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอลย์ในกล่องกระดาษ ขนาดบรรจุ 25 กรัม (ขนาดเท่ากับกล่องคอร์นเฟลกส์ขนาดเล็กที่ขายในท้องตลาด ซึ่งมีราคาประมาณ 10 บาทต่อกล่อง)

☐ น้อยกว่าท้องตลาด โปรดระบุราคา……บาทต่อกล่อง

☐ เท่ากับท้องตลาดคือ 9-10 บาทต่อกล่อง

☐ มากกว่าท้องตลาด โปรดระบุราคา……บาทต่อกล่อง

4. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่เพราะเหตุใด

☐ ซื้อ เนื่องจาก (โปรดระบุ)……..

……

☐ ไม่ซื้อ เนื่องจาก (โปรดระบุ)……..

……

☐ ไม่แน่ใจเนื่องจาก (โปรดระบุ)……..

……

<u>คำแนะนำ</u> โปรดทำ √ เครื่องหมาย ☐ ลงในตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

5. อายุ

☐ 18- 25 ปี ☐ 26- 30 ปี ☐ 30- 40 ปี

6. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ รับจ้างทั่วไป

☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ ระบุ.....

7. การศึกษา

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

8. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ น้อยกว่า 10,000 บาท ☐ 10,000 - 20,000 บาท

☐ 20,001- 30,000 บาท ☐ สูงกว่า 30,000 บาท

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ข
ตารางแสดงข้อมูลกราฟมาตรฐานการอบแห้ง
และแนวโน้มค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง

ตารางที่ ข1 ค่าความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก) และค่า water activity ในการศึกษากราฟมาตรฐานการอบแห้ง

เวลา	ความชื้น (ร้อยละ)			water activity		
(ชั่วโมง)	50° c	55° c	60° c	50° c	55° c	60° c
0	77.562	77.562	77.562	0.962	0.962	0.962
1	64.938	62.330	48.853	0.754	0.720	0.653
2	61.696	60.192	17.605	0.720	0.689	0.375
3	45.805	59.190	6.867	0.584	0.677	0.244
4	13.854	12.387	4.903	0.524	0.428	0.239
5	10.986	10.206	4.909	0.328	0.274	0.232
6	10.685	6.384	4.597	0.319	0.267	0.229
7	6.416	6.227	4.504	0.289	0.259	0.225
8	5.623	5.487	4.112	0.275	0.257	0.224
9	6.211	5.040	3.992	0.265	0248	0.223

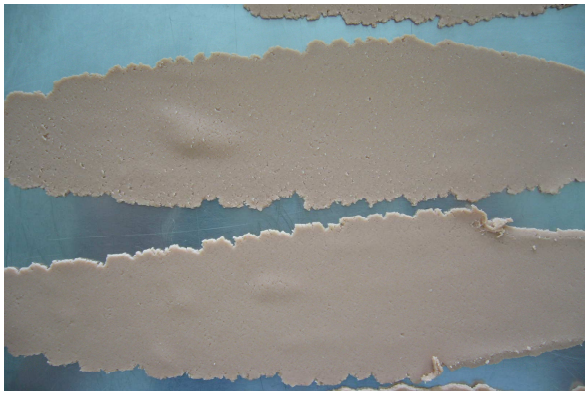
ตารางที่ ข2 แนวโน้มค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง

ปัจจัย	**แนวโน้ม**		
แป้งสาเก (ร้อยละ)	25.00	50.00	75.00
น้ำตาล (ร้อยละ)	30.00	26.53	30.00
กลิ่นรส (ร้อยละ)	2.12	0.59	0.40
a_w	0.44	0.31	0.39
ค่าแรงกด (นิวตัน)	38.59	120.00	139.68
ความกรอบ (ก่อนรับประทานนม)	5.97	6.03	5.80
ความกรอบ (รับประทานพร้อมนม)	5.61	5.00	4.47
ความรู้สึกหลังรับประทาน(รับประทานพร้อมนม)	6.10	5.45	4.83
ความชอบรวม	5.66	5.49	5.04

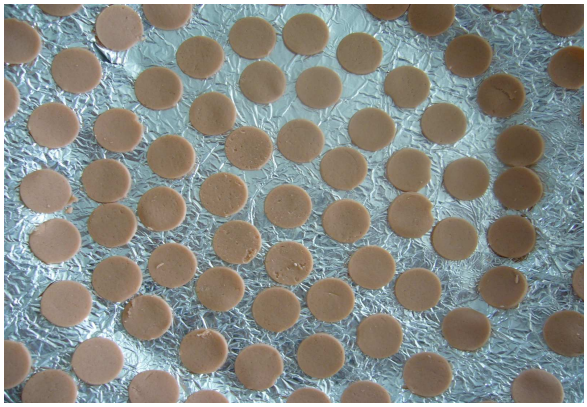
ภาคผนวก ค
ภาพขั้นตอนกรรมวิธีในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งสาเก
ในระดับห้องปฏิบัติการ

ภาพผนวกที่ ค1 โดของอาหารเช้าสำเร็จรูป

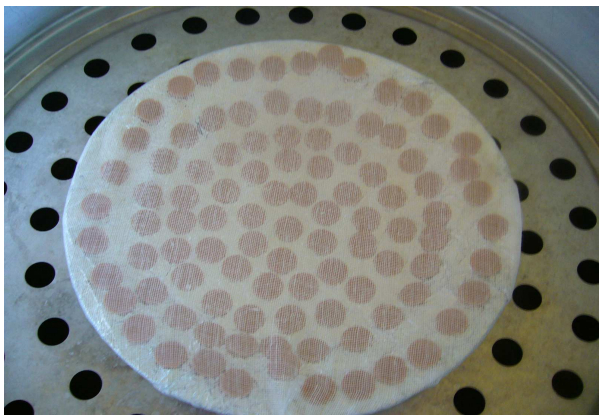
ภาพผนวกที่ ค2 การรีดแผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป



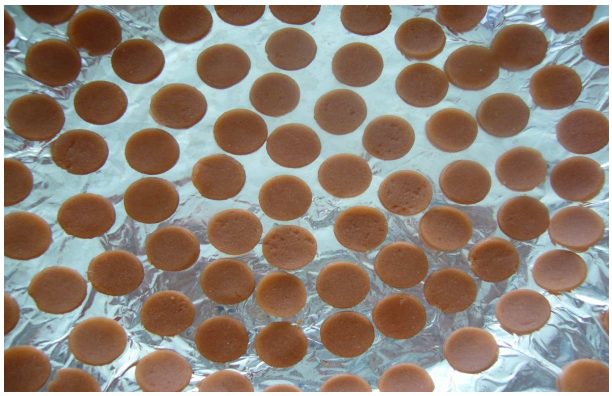
ภาพผนวกที่ ค3 แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป (หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร)



ภาพผนวกที่ ค4 แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูปที่ได้ไปกดด้วยพิมพ์



ภาพผนวกที่ ค5 การนึ่งอาหารแผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูป (ประมาณ 15 นาที)



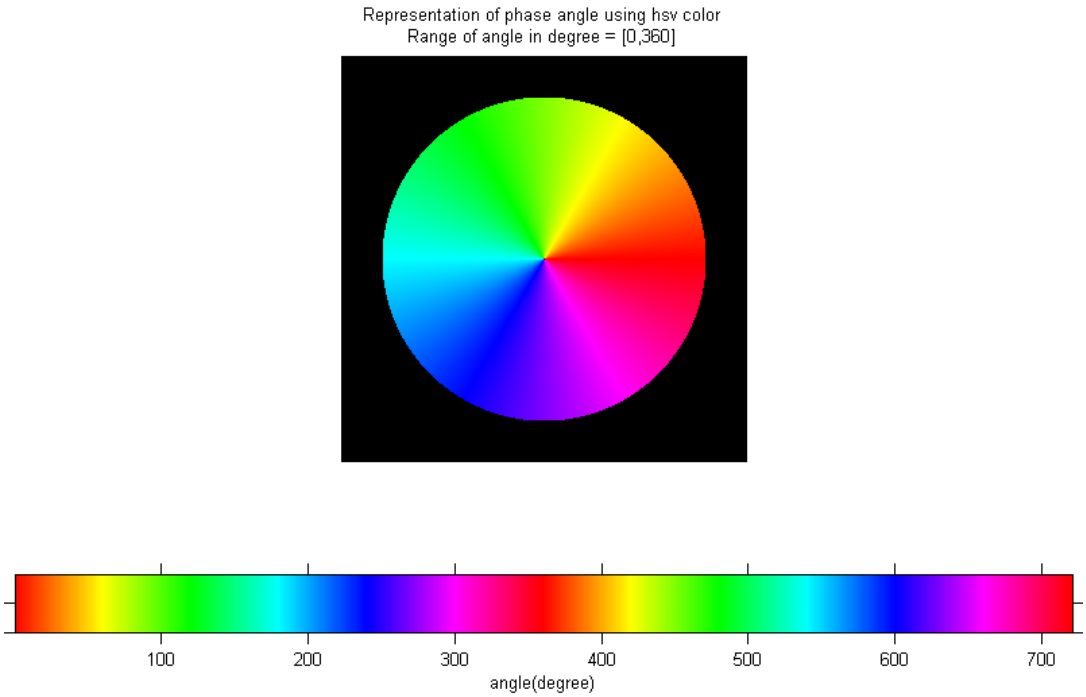
ภาพผนวกที่ ค6 แผ่นแป้งอาหารเช้าสำเร็จรูปที่นึ่งแล้ว
(จากนั้นนำเข้าไมโครเวฟประมาณ 3 นาที ไฟระดับปานกลาง)

ภาพผนวกที่ ค7 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปที่พัฒนาแล้ว

ภาคผนวก ง

แผนภาพ Hue angle

คำนวณหาค่า Hue angle ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความอิ่มตัวของสี



ภาพผนวกที่ ง1 แผนภาพของสี (Hue angle)

ถ้ามีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าวัตถุมีสีซีดจาง (เทา) มีค่าสูงเข้าใกล้ 60 แสดงว่าวัตถุมีสีเข้ม และคำนวณหาค่า Hue angle (h°) ที่เป็นค่าแสดงถึงมุมในการตกกระทบของค่า a* ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา จากสมการ ดังนี้ (McGuire, 1992)

$$THETA = (\text{arctangent } (b^*/a^*))/(6.2832 \times 360)$$

ถ้า $a > 0$ และ $b > 0$; ค่า $h° = THETA$

ถ้า $a < 0$ และ $b < 0$; ค่า $h° = THETA + 180$

ถ้า $a < 0$ และ $b > 0$; ค่า $h° = THETA + 180$

ถ้า $a > 0$ และ $b < 0$; ค่า $h° = THETA + 360$

ค่า h° เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ คือ

0 – 45	องศาแสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง
45 – 90	องศาแสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง
90 – 135	องศาแสดงสีเหลืองถึงสีเหลืองเขียว
135 – 180	องศาแสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว
180 – 225	องศาแสดงสีเขียวถึงน้ำเงินเขียว
225 - 270	องศาแสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน
270 – 315	องศาแสดงสีน้ำเงินถึงม่วง
315 – 360	องศาแสดงสีม่วงถึงม่วงแดง

ภาคผนวก จ
วิธีวิเคราะห์คุณภาพ

วิธีการวิเคราะห์

1. การศึกษาลักษณะแกรนูลแป้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope

(Sahai และคณะ, 1996)

เครื่องมือ

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Jeol JSM 5310, England)
แท่ง Aluminium Stub
เทปกาวสองหน้าชนิดบาง

วิธีวิเคราะห์

1. นำแป้งตัวอย่างปริมาณเล็กน้อยกระจายน้อยตัวบนเทปกาวสองหน้า ที่ติดอยู่บนแท่ง Aluminium Stub
2. นำแท่ง Aluminium Stub ที่ติดแป้งตัวอย่างแล้วเข้าเครื่องเคลือบทอง (Coating gold) ที่ผิวของแป้งตัวอย่าง เพื่อช่วยในการนำประจุอิเล็กตรอน
3. นำแท่ง Aluminium Stub ที่ผ่านการเคลือบทองแล้ว เข้าสู่ช่องใส่แท่ง Aluminium Stub ภายในตัวกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยควบคุมสภาวะการทดองที่ค่าอัตราเร่งของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 10 หรือ 15 kV และใช้กำลังขยายที่ 1,000 หรือ 4,000 เท่า
4. เลือก Field ของแกรนูลแป้งที่ต้องการและบันทึกภาพแกรนูลแป้งดังกล่าวลงบนฟิล์ม AGAFAPAN-APX 100 film

2. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971)

<u>สารเคมี</u>

1. เอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 95
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มัล
3. กรดแอซีติกเข้มข้น 1 นอร์มัล
4. สารละลายไอโอดีน เตรียมโดยใช้ไอโอดีน 0.2 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5. อะมิโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง

<u>วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

เตรียมสารละลายโดยใช้ตัวอย่างแป้ง 0.100กรัม ใส่ขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ต้ม 10 นาที ในน้ำเดือดเพื่อให้เกิดเจลาทิไนซ์ เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากันได้ดี

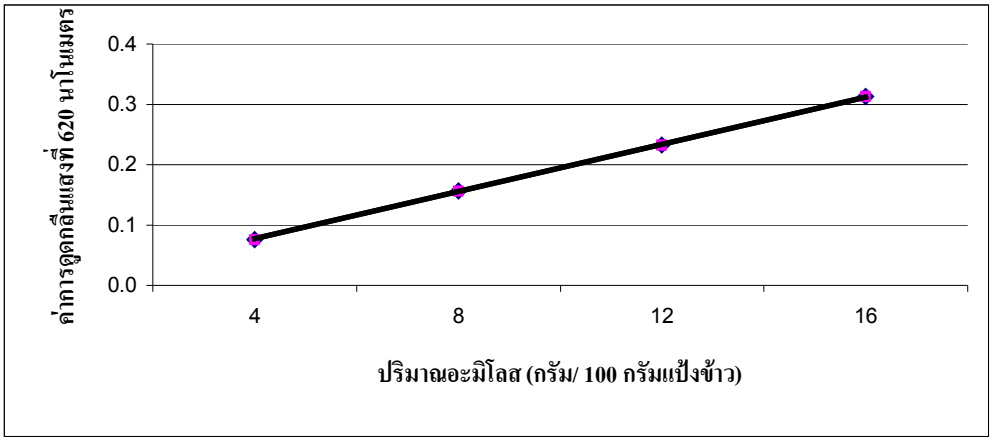
ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซีติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที และทำเช่นเดียวกันอีกแต่ไม่ใส่สารตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแบลงค์ วัดความเข้มสีของสารละลายโดยใช้สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าสารละลายแบลงค์เท่ากับศูนย์

การเตรียมกราฟมาตรฐานเช่นเดียวกันการเตรียมสารละลายตัวอย่าง โดยชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์ 0.040 กรัม ปิเปตสารละลายมาตรฐานอะมิโลสที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซีติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ใส่ขวดวัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซีติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร

เติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซีติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร และเขียนกราฟระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัม หรืออะมิโลสบริสุทธิ์คิดเป็นร้อยละ 8 16 24 32 และ 40) (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัม หรืออะมิโลสข้าวโพดที่มีอะมิโลส ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 5.6, 11.2, 16.8, 22.4 และ 28.0) กับค่าการดูดกลืนแสง การเปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงเป็นปริมารอะมิโลส โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณตัวอย่าง 0.100 กรัมของแต่ละตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วอ่านค่าเป็นร้อยละของอะมิโลสต่อแป้งข้าว 100 กรัม

ตารางภาคผนวกที่ จ1 ค่าการดูดกลืนแสงสารละลายมาตรฐานอะมิโลส

ปริมาณสารละลายมาตรฐาน อะมิโลส (มล.)	น้ำหนักอะมิโลส กรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 620 นาโนเมตร
1	8	0.108
2	16	0.208
3	24	0.304
4	32	0.391
5	40	0.493



ภาพผนวกที่ จ1 กราฟมาตรฐานอะมิโลส

สมการเส้นตรง $Y = 0.0119X + 0.0149$

$R^2 = 0.09995$

เมื่อ Y = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร

X = ปริมาณอะมิโลส (กรัมต่อ 100 กรัมแป้งข้าว)

3. วัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง RVA รุ่น 4D (Newport Scientific Pty, Ltd., 1995)

<u>เครื่องมือ</u>

เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) รุ่น 4D พร้อมแคนและพาย
เครื่องแฮมเมอร์มิลล์
ตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิเมตร

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. กรณีที่ตัวอย่างแป้งมีค่าความชื้นร้อยละ 14 ให้ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25.00±0.05 มิลลิลิตร ใส่ลงในแคนของเครื่อง RVA
2. ชั่งตัวอย่างแป้งมาจำนวนหนึ่งใส่ลงในแคนที่น้ำอยู่ โดยจำนวนของตัวอย่างแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง (หมายเหตุ ถ้าตัวอย่างไม่ละเอียด ให้บดตัวอย่างด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ แล้วร่อนด้วยตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิตร)
3. ใส่พาย (paddle) ลงในแคน หมุนย้ายไปมาแรงๆและดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดอยู่ที่พาย
4. นำแคนที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA กดมอเตอร์ลงเพื่อให้เครื่อง RVA ทำงาน
5. จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ สามารถหาค่าของ pasting temperature (อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด), peak viscosity (ความหนืดสูงสุด), setback (ค่าการคืนตัว) และ final viscosity (ความหนืดสุดท้าย)

<u>ข้อสังเกต</u>

ในการชั่งตัวอย่างและตวงวัดปริมาณน้ำ เพื่อที่จะให้ได้ผลถูกต้องควรนำค่าความชื้น (moisture content) ของตัวอย่างมาคิดด้วย ซึ่งจะทำให้เมื่อคิดน้ำหนักของตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วมีจำนวนเท่ากัน ปกติความชื้นจะอยู่ที่ร้อยละ 14 และมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณสำหรับความชื้นที่ร้อยละ 14 ดังนี้

$$M2 = \frac{(100\text{-}14) \times M_1}{(100\text{-}M_1)}$$

$$W2 = 25.0 + M_1 - M_2$$

เมื่อ M1 = น้ำหนักตัวอย่างตามที่แนะนำไว้ในคู่มือ

M2 = น้ำหนักที่ถูกต้อง

W2 = ปริมาณน้ำที่ถูกต้อง