วิทยานิพนธ์

การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจาก แป้งข้าวหอมมะลิ

DEVELOPMENT OF REDUCED CHOLESTEROL AND SUGAR OF CHIFFON CAKE FROM FRAGRANCE RICE FLOUR

นางสาวชลิดา ยอดกันสี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
สาขา

พัฒนาผลิตภัณฑ์
ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Development of Reduced Cholesterol and Sugar of Chiffon Cake from Fragrance Rice Flour

นามผู้วิจัย นางสาวชลิดา ยอดกันสี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....
(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, M.Sc.)

กรรมการ .....
(รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D.)

กรรมการ .....
(อาจารย์วารุณี ธนะแพสย์, วท.ม.)

กรรมการ .....
(อาจารย์สุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ, พบ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 14 **เดือน** พ.ค. **พ.ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Development of Reduced Cholesterol and Sugar of Chiffon Cake from Fragrance Rice Flour

โดย

นางสาวชลิดา ยอดกันสี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2550

ชลิดา ยอดกันสี 2550: การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, M.Sc. 153 หน้า

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากปลายข้าวหอมมะลิสู่ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าชิฟฟอนเค้กมีความนุ่มฟู ผลิตใหม่ทุกวัน มีราคาตั้งแต่ 6- 15บาท/ชิ้น ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคต้องการชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีกลิ่นรสใบเตย บรรจุ 1 ชิ้นในกล่องพลาสติกใส เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและวางจำหน่ายตามร้านสะดวกซื้อ ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในสูตรพื้นฐาน พบว่า สามารถทดแทนได้ทั้งหมด แต่ต้องปรับเนื้อสัมผัสให้มีความนุ่มมากขึ้น ผลการศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำที่เหมาะสมในสูตร พบว่าต้องเพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 20 จากน้ำหนักแป้ง การพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 23.00 ไข่ขาวร้อยละ 18.00 ไข่แดงร้อยละ 4.25 น้ำมันพืชร้อยละ 12.50 สารทดแทนของแข็ง ร้อยละ 19.57 สารทดแทนไขมันร้อยละ 2.65 นมสดระเหยร้อยละ 9.50 น้ำใบเตยร้อยละ 8.90 ผงฟูร้อยละ 1.00 เกลือร้อยละ 0.30 ครีมออฟทาร์ทาร์ร้อยละ 0.30 สารให้ความหวานร้อยละ 0.03 ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาลมีเนื้อนุ่มและกลิ่นหอม ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวอ่อน ค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 57.17, -4.96, 22.79 ตามลำดับ มีค่าความแข็งเท่ากับ 1.75 นิวตันปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2.29 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม มีปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 32.35, 5.21, 12.50, 1.55, 4.79 และ 43.59 ตามลำดับ มีค่าพลังงาน 200 กิโลแคลอรี่และคอเลสเตอรอล 18 มิลลิกรัมต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น (65 กรัม) ผู้บริโภคเป้าหมายให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย (6.3) ยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 90 ผลิตภัณฑ์นี้บรรจุในกล่องพลาสติกใสที่สภาวะบรรยากาศปกติสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ 3 วัน

ชลิดา ยอดกันสี 8 พฤ 50

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Chalida Yodkansee 2007: Development of Reduced Cholesterol and Sugar of Chiffon Cake from Fragrance Rice Flour. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Vichai Haruthaithanasan, M.Sc. 153 pages.

The main research is aimed to increase a channel of utilization and created a value added product from fragrance broken rice. A result from market survey was showed that there was only new baked chiffon cake with a price range from 6- 15 Baht/piece. A result from consumer survey was found that they wanted a chiffon cake which were made from fragrance rice flour with a typical characteristic of reduced cholesterol and sugar, pandan leaf flavor, packing one piece in transparent plastic box, stored at room temperature and sold in convenient stores. A result of using rice flour as wheat flour replacer was showed that it could totally substitute in basic formula but it must be improved its quality of softness. From study of water added in basic formula was found that the optimum level of water was 20% by flour weight. The final result of formulation showed that the optimum formulation of reduced cholesterol and sugar of chiffon cake from fragrance rice flour was consisted of 23.00% fragrant rice flour, 18.00% egg white, 4.25% egg yolk, 12.50% vegetable oil, 19.57% bulking agent, 2.65% fat replacer, 9.50% evaporated milk, 8.90% pandan leaf water extract, 1.00% baking power, 0.30% salt, 0.30% cream of tartar and 0.03% sugar substitute. The quality of measurement was soft with hardness 1.75 N and specific volume 2.31 cm3/g. It was light green, consisted of 32.35% moisture, 5.21% protein, 12.50% fat, 1.55% ash, 4.79 crude fiber and 43.59% carbohydrate. The total energy and cholesterol were 200 kcal and 18 mg per serving (65 g). Consumer acceptance test was revealed that they liked the product slightly (6.3) with 90% acceptance. Chiffon cake packed in plastic box in normal atmosphere condition could be kept not more than 3 days at room temperature.

Chalida Yodkansee — Student's signature

Vichai H. — Thesis Advisor's signature

8, May, 07

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา กรรมการสาขาวิชาเอก อาจารย์วารุณี ธนะแพสย์ กรรมการสาขาวิชาเอก และอาจารย์สุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ กรรมการสาขาวิชารอง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำระหว่างการดำเนินการวิจัย ตลอดทั้งแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณา ตรวจแก้ไข และให้คำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณหน่วยเทคโนโลยีแปรรูปข้าว สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ที่อนุเคราะห์งบประมาณ วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์และเจ้าหน้าที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ จนงานสำเร็จอย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว และทุกท่านในครอบครัวของข้าพเจ้า รวมทั้งผู้ที่มีพระคุณที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับการสนับสนุนทั้งค่าใช้จ่ายในระหว่างการศึกษาและช่วยเหลือในการพิมพ์งาน และสอนการใช้โปรแกรมต่าง ๆ ตลอดไปจนถึงความรักความห่วงใย และให้กำลังใจ ขอบคุณพี่น้องที่คริสตจักรความหวังกรุงเทพที่ให้ความช่วยเหลือมาตลอด และที่สำคัญที่สุด ขอบพระคุณพระเจ้าที่เสริมเรี่ยวแรง กำลังใจอย่างน่าอัศจรรย์เสมอมา ทำให้การศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ชลิดา ยอดกันสี

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ		(1)
สารบัญตาราง		(2)
สารบัญภาพ		(5)
คำนำ		1
วัตถุประสงค์		3
การตรวจเอกสาร		4
อุปกรณ์และวิธีการ		68
อุปกรณ์		68
วิธีการ		70
ผลและวิจารณ์		82
สรุปและข้อเสนอแนะ		118
สรุป		118
ข้อเสนอแนะ		119
เอกสารและสิ่งอ้างอิง		121
ภาคผนวก		131
ภาคผนวก ก	การสำรวจผู้บริโภค	132
ภาคผนวก ข	แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	139
ภาคผนวก ค	ข้อมูลผลการวิจัย	143
ภาคผนวก ง	การทดสอบผู้บริโภค	146

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส	9
2	คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	13
3	คุณสมบัติของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105, แป้งข้าวหอมมะลิและแป้งสาลีอเนกประสงค์	17
4	คุณภาพของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ดอกมะลิ105 แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์	18
5	ความคงตัวของซูคราโลสในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ	41
6	รูปแบบการจัดแสดงข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ McNemar test	59
7	สูตรพื้นฐานในการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ	72
8	สิ่งทดลองในการศึกษาการลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ในสูตร	76
9	ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	83
10	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	85
11	ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อการพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	86
12	ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ผู้บริโภคพิจารณาในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก	88
13	ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิเปรียบเทียบกับแป้งสาลี	90
14	คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำแตกต่างกัน	91
15	ค่าปริมาตรจำเพาะ และค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำแตกต่างกัน	92
16	ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิหลังปรับปรุงเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กแป้งสาลี	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลี	94
18	สูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม	95
19	ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของสิ่งทดลองในแผนการทดลองแบบ Mixture Design เพื่อลดปริมาณไข่แดงในสูตร	96
20	สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	97
21	สูตรของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม	101
22	ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุมและชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอล	102
23	ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาล	103
24	คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลองและสูตรขยายการผลิต	105
25	ค่าคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	109
26	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	111
27	คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	112
28	การยอมรับและตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ(ร้อยละ)	112
29	ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังได้รับข้อมูล	113
30	ข้อมูลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังได้รับข้อมูล	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

31 ลักษณะปรากฏ, ค่าความแข็ง, ค่าการเกาะตัวรวมกัน และค่า water activity ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ 117

ตารางผนวกที่

ค1 แนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ 144

ค2 แนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรขนาดทดลองและขนาดขยายการผลิต 144

ค3 ฐานนิยมของคะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิในปัจจัยคุณภาพด้านต่าง ๆ 145

ค4 ความถี่และร้อยละของแต่ละระดับราคาที่ผู้บริโภคให้กับชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ 145

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการสีข้าว	6
2	การผลิตแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105	12
3	กราฟค่าความหนืดของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105, แป้งข้าวขาวหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์	17
4	ลักษณะกราฟของการวิเคราะห์หาโพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA)	37
5	โครงสร้างของน้ำตาลซูโครสและซูคราโลส	39
6	โครงสร้างของ Lactitol	45
7	โครงสร้างของ maltodextrin	52
8	กรรมวิธีการเตรียมชิฟฟอนเค้ก กลิ่นใบเตย	73
9	แผนการทดลองแบบ Mixture Design ในการลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ในสูตร	76
10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตรินและสารแลคทิทอล ที่มีผลต่อปริมาตรจำเพาะ	99
11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่แดง,สารมอลโตเด็กซ์ตรินและสารแลคทิทอล ที่มีผลต่อค่าความแข็ง	99
12	บริเวณพื้นที่ทับซ้อนกันระหว่างพื้นผิวของปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งที่ผ่านเกณฑ์ พิจารณา	100
13	กรรมวิธีการผลิตชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ กลิ่นรสใบเตย	107
14	ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	108

การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

Development of Reduced Cholesterol and Sugar of Chiffon Cake from Fragrance Rice Flour

คำนำ

ข้าวเจ้าเป็นอาหารหลักที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก มีผู้บริโภคข้าวเจ้ามากกว่าร้อยละ 50 ของประชากรโลก หรือมากกว่า 3,000 ล้านคน ผลผลิตข้าวของโลกส่วนใหญ่มาจากประเทศในทวีปเอเชีย ในปี 2546 มีผลผลิตรวมกัน 550 ล้านตันข้าวเปลือก หรือคิดเป็นร้อยละ 90 ของผลผลิตรวมทั้งโลก ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะบริโภคกันในประเทศผู้ผลิตเอง มีอยู่เพียง 25 ล้านตัน ข้าวสารหรือประมาณ 5% ของผลผลิตรวมที่มีการซื้อขายในตลาดโลก ซึ่งนับว่าค่อนข้างน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาลีที่มีปริมาณการค้าประมาณ 100 ล้านตัน จากผลผลิตรวม 600 ล้านตัน ข้าวสาลี ข้าวเจ้าส่วนหนึ่งจะเก็บสำรองไว้บริโภคในปีต่อไป คาดว่าประมาณปีละ 50 ล้านตัน ข้าวสารหรือประมาณ 14- 15% ของผลผลิตรวม การที่มีข้าวสารเข้าสู่ตลาดโลกสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตรวมทำให้ราคาข้าวสารในตลาดโลกค่อนข้างขาดเสถียรภาพได้ง่าย มีเพียงข้าวเจ้าคุณภาพดีที่ยังได้ราคาสูง เช่น ข้าวหอมมะลิของไทย จากการสีข้าวนอกจากข้าวเมล็ดเต็มที่เป็นที่ต้องการแล้ว ยังมีปลายข้าวและข้าวหักอยู่จำนวนมาก ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 25 หรือประมาณเกือบล้านตัน ส่วนใหญ่จะใช้ปลายข้าวและข้าวหักหอมมะลิแปรรูปเป็นโจ๊กซึ่งมีการใช้ปีละไม่เกิน 5 หมื่นตัน (วิชัย, 2548)

จากปริมาณปลายข้าวและข้าวหักที่มีมาก หากนำมาโม่เป็นแป้งข้าวหอมมะลิในลักษณะของแป้งฟลาว(flour) ก็จะได้แป้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากการผลิตแป้งฟลาวเป็นการนำวัตถุดิบมาบดจนมีขนาดเล็กละเอียด วัตถุดิบเหล่านี้ยังมีสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบเดิมทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย แร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น (งามชื่น, 2541) แป้งข้าวหอมมะลิมีปริมาณอะมิโลสต่ำ เหมาะกับการผลิตเค้กและสามารถทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ขนมอบไอน้ำ, ขนมทอดได้อีกหลายชนิด เช่น อุศมา (2545) ผลิตเค้กเนยจากแป้งข้าวหอมมะลิ, พจนีย์ (2546) ผลิตปาท่องโก๋จากแป้งข้าวหอมมะลิไทยผสมแป้งสาลี เป็นต้น และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวและข้าวหักด้วย

ชิฟฟอนเค้ก เป็นผลิตภัณฑ์เค้กชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเด่นที่มีเนื้อนุ่ม มีกลิ่นหอม รสหวานพอดี และสามารถดัดแปลงได้หลายรสชาติ โดยทั่วไปการผลิตชิฟฟอนเค้กจะมีแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ซึ่งประเทศไทยไม่สามารถปลูกข้าวสาลีได้ จึงต้องนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศและต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศปีละหลายล้านบาท การใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในการผลิตชิฟฟอนเค้กจะช่วยให้เกิดมูลค่าเพิ่มและเพิ่มทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากข้าวหอมมะลิ ในการวิจัยได้นำวัตถุดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศมาทดแทนแป้งสาลีที่นำเข้าก็จะเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มการใช้ประโยชน์วัตถุดิบทางการเกษตรภายในประเทศด้วย

ปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารของคนไทยที่เปลี่ยนเป็นแนวโน้มของการบริโภคเนื้อสัตว์และไขมันสัตว์ เกลือและน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของโรคที่ไม่ติดต่อหรือโรคเรื้อรังเนื่องจากความเสื่อม เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วน เบาหวาน ความดันโลหิตสูง มะเร็ง เป็นต้น (นพวรรณ และ ฉายศรี, 2544) จึงมีการรณรงค์ให้ลดการบริโภคไขมันจากสัตว์ ซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัว ลดการบริโภคเนยและน้ำตาลทราย (มลศิริ, 2545) เนื่องจากชิฟฟอนเค้กเป็นเค้กที่ใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นไขมัน ไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบจึงมีศักยภาพในการผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้การประยุกต์ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลซึ่งให้พลังงานน้อยกว่ามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ก็จะเป็นผลดีต่อผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน ผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกิน และยังเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ในการบริโภคให้กับผู้ที่รักสุขภาพ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ปลายข้าวและข้าวหักหอมมะลิ โดยนำแป้งข้าวหอมมะลิมาผลิตเป็นชิฟฟอนเค้กที่ลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาล เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจข้อมูลทางการตลาดของชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
2. เพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ
3. เพื่อศึกษาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ
5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวหอมมะลิ

ข้าวหอมมะลิไทย(Thai Hom Mali rice) หมายถึง ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งผลิตในประเทศไทยในฤดูนาปี และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศว่าเป็นพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์กข. 15 ซึ่งมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับว่าจะเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม เมื่อแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง หรือข้าวขาว เมล็ดข้าวสารมีลักษณะยาวเรียว มีปริมาณ อะมิโลส(amylose) ร้อยละ 13-18 โดยน้ำหนัก ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14 และมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งมีค่าการสลายเมล็ดในส่วนต่าง ๆ (alkali spreading value) ระดับ 6- 7 (กระทรวงพาณิชย์, 2540)

ข้าวหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวหอมพื้นเมืองที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ประวัติดั้งเดิมของแหล่งและถิ่นกำเนิดของข้าวหอม จะมีความเป็นมาอย่างไรนั้นไม่ปรากฏ แต่ได้มีการบันทึกไว้ว่าข้าวพันธุ์นี้มีที่มาจากบ้านแหลมประดู่ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี ประวัติของข้าวหอมมะลิเริ่มมีการบันทึกกันจริงจังเมื่อ พ.ศ.2486 เมื่อนายสุนทร สีหะเนิน ได้รับมอบหมายให้ไปเก็บข้าวพันธุ์พื้นบ้านที่มีลักษณะและคุณภาพดีเด่น บริเวณจังหวัดชลบุรีและฉะเชิงเทรา หนึ่งในบริเวณที่นายสุนทรไปคือ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นที่เลื่องลือในสมัยนั้นว่ามีของดี 3 อย่าง คือ ข้าวหอม มะม่วงดี และสับปะรดหวาน ซึ่งตามที่ได้รับมอบหมายเกษตรกรแต่ละคนต้องเก็บข้าวให้ได้ 200 รวง แต่ละรวงนั้นมาจากต้นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ทั่ว ๆ ไป จนกระทั่งปี พ.ศ.2498 จึงมีการคัดพันธุ์บริสุทธิ์(pure line selection) ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง ในปี พ.ศ.2500 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตรได้ทำการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในปี พ.ศ.2502 คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์ได้ เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 โดยให้ใช้ชื่อว่า ขาวดอกมะลิ 4- 2- 105 แต่มักเรียกว่า ขาวดอกมะลิ105 โดยเลข 4 หมายถึง อำเภอที่ 4 ได้แก่ อำเภอบางคล้า เลข 2 หมายถึง พันธุ์ข้าวที่ 2 เลข 105 หมายถึง รวงข้าวที่ 105 ที่เลือกคัดพันธุ์ออกมาได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2530) ส่วนข้าว กข. 15 นั้นได้จากการเอาเมล็ดพันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 ไปอาบรังสีแกมม่าที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติภาพแห่งประเทศไทย ในปี พ. ศ. 2508 โดยใช้ปริมาณรังสี 15 กิโลแรต แล้วนำเมล็ดที่ถูกอาบรังสีไปปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวต่าง ๆ ในภาคเหนือ และภาค

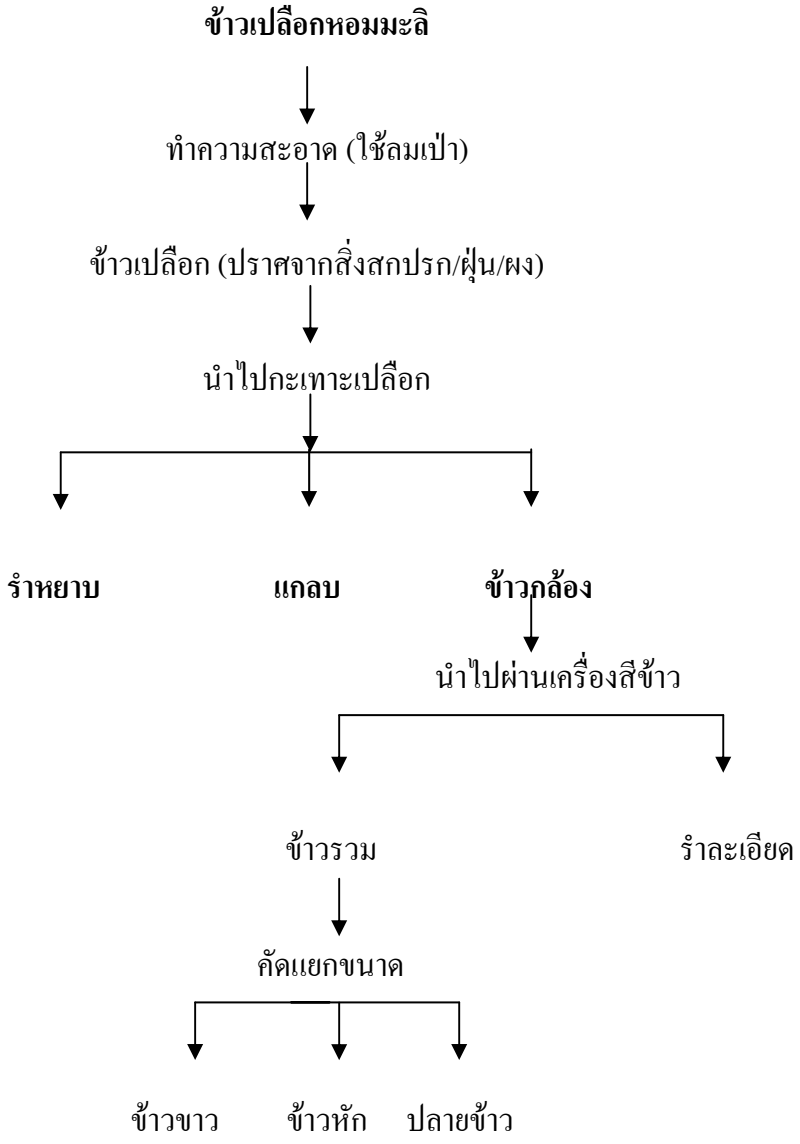
ตะวันออกเฉียงเหนือจนได้สายพันธุ์ KDML 10655, U- 45 ผ่านคณะกรรมการวิจัยข้าวของกรมวิชาการเกษตรให้ใช้ขยายพันธุ์เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2521 (กรมวิชาการเกษตร, 2530)

ลักษณะทั่วไปของข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีและเป็นพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ลำต้นสูงประมาณ 140- 150 เซนติเมตร มีต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบยาวสีเขียวอ่อน การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี ทนต่อความแห้งแล้งดินเปรี้ยวและดินเค็มได้ดี ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกยาวรี น้ำหนักเบา และเมื่อนำมาสีเป็นข้าวสาร เมล็ดข้าวสารจะมีลักษณะขาวใสเลื่อมมันแข็งแกร่ง เมล็ดเรียวยาวเมื่อหุงหรือนึ่งสุกแล้วเมล็ดข้าวสุกจึงอ่อนนิ่ม ร่วนน้อยกว่าข้าวเจ้าทั่ว ๆ ไป และมีกลิ่นหอม มีระยะฟักตัวของเมล็ด 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวประมาณ 7.5 มิลลิเมตร ส่วนข้าว กข. 15 เป็นพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤศจิกายน มีลำต้นสีเขียวอ่อน ลักษณะต้นและฟางอ่อนเหมือนพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะใบสีเขียวอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวง รวงอยู่เหนือใบชูรวงเหมือนพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีระยะฟักตัวของเมล็ด 7 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวประมาณ 7.5 มิลลิเมตร

ข้าวขาวดอกมะลิ105 มีคุณสมบัติที่ดีคือทนแล้ง ทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม คุณภาพของการขัดสีดี ถ้ามีการปลูกดูแลรักษาดี เก็บเกี่ยวเวลาพอเหมาะและตากนวดดี สามารถสีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวถึง 56% มีเมล็ดข้าวสารใส เลื่อมมัน เมื่อนำมาหุงต้มจะได้คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม มีรสชาติดีและอ่อนนุ่ม ส่วนข้าว กข. 15 มีคุณสมบัติที่ดี คือ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 ประมาณ 4- 6% มีความทนแล้งดี และเหมาะสำหรับปลูกในฤดูนาปี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในท้องที่ที่มีความแห้งแล้ง มีความต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล สำหรับคุณภาพในการหุงต้มมีกลิ่นหอมและรับประทานดีเช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ส่วนข้อเสียที่ควรระวัง คือ ลำต้นล้มง่าย ฟางอ่อน เมล็ดร่วงง่าย และมีน้ำหนักเมล็ดค่อนข้างเบา ไม่เหมาะกับการเพาะปลูกในนาลุ่ม ซึ่งระบายน้ำไม่ได้ เพราะข้าวสุกในระยะที่น้ำยังขังอยู่ในนา ทำให้เก็บเกี่ยวลำบาก ไม่ต้านทานแมลงบั่ว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และหนอนกอ

1.1 การสีข้าวหอมมะลิ

หลังการเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องนำข้าวหอมมาทำการแปรรูปจากข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารและผ่านกระบวนการคัดแยกข้าวแต่ละชนิดด้วยกระบวนการสีข้าว ขั้นตอนการสีข้าว เป็นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสีข้าว

ที่มา: วิชัย (2548)

ส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการกะเทาะเปลือกและสีข้าว มีดังนี้

1.1.1 ข้าวเปลือก ข้าวเปลือกที่ชาวนาเก็บเกี่ยวได้มาจากไร่นาจะมีสิ่งสกปรกต่างๆปนมาหลายชนิดเช่นข้าวลีบ เศษฟาง เศษรวงข้าว ฝุ่นผง ดินและทราย สิ่งสกปรกเหล่านี้จำเป็นต้องเอาออกโดยการทำความสะอาดด้วยลม คงเหลือแต่ข้าวเปลือกที่สมบูรณ์ และมีคุณภาพ การแยกสิ่งสกปรกเหล่านี้ออกจากข้าวเปลือกก่อนการนำไปสู่เครื่องกะเทาะเปลือก และเครื่องสีข้าว ก็เพื่อการประกันคุณภาพขั้นต้นในการรักษาความสะอาด และสุขลักษณะที่ดีในการกะเทาะเปลือกและการสีข้าว เพื่อให้ได้ข้าวกล้องหรือข้าวสารที่สะอาดและปลอดภัย

1.1.2 ข้าวกล้องเป็นส่วนของข้าวเปลือกที่ผ่านการกะเทาะเปลือก เพื่อแยกรำหยาบและแกลบ มีลักษณะเป็นเมล็ดข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดเคลือบอยู่ เป็นส่วนของรำละเอียดที่มีใยอาหาร น้ำมันและโปรตีนสูง มีสีคล้ำ เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย มีโอกาสปนเปื้อนด้วยเชื้อราได้โดยเฉพาะเชื้อราที่ผลิตสารอะฟลาท๊อกซิน การหุงข้าวสุกต้องใช้เวลานาน ข้าวที่หุงสุกแล้วค่อนข้างแข็งกระด้าง ทุก ๆ 100 กิโลกรัมข้าวเปลือก จะได้ข้าวกล้องประมาณร้อยละ 75- 80 อีกร้อยละ 20- 25 เป็นส่วนของแกลบและเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นนอก (รำหยาบ)

1.1.3 รำหยาบ รำข้าวเป็นส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นนอก จะแยกออกได้ด้วยกระบวนการกะเทาะเพื่อแยกแกลบและส่วนของรำหยาบ

1.1.4 แกลบ แกลบเป็นส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดข้าว มีอยู่ประมาณร้อยละ 20- 24ของข้าวเปลือก แกลบเป็นผลพลอยได้จากโรงสีข้าว มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.2 ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) มีลิกนิน (Lignin) ร้อยละ 19.52- 24.70 และเถ้าร้อยละ 13.2-29.0

1.1.5 ข้าวรวม ข้าวรวมเป็นส่วนของเมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวสาร มีประมาณร้อยละ 68- 70 ของข้าวเปลือก เป็นส่วนของแป้งที่เป็นอาหารของมนุษย์ จากการขัดขาวในการสีข้าว ส่วนต่าง ๆ ที่ได้จะนำไปคัดแยกเป็นข้าวเมล็ดเต็ม ต้นข้าวและข้าวหัก หรือเรียกเป็นทางวิชาการว่า ข้าวขาว ข้าวหัก และปลายข้าว แต่ละส่วนจะมีมากหรือน้อย ขึ้นกับพันธุ์ข้าว และคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี

1.1.6 รำละเอียด รำเป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล (Pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (Tegmen) เยื่ออะลูโรน (Alurone) คัพภะ (Embryo) และผิวนอกของข้าวสาร ในส่วนนี้จะมีประมาณร้อยละ 8-10 ของข้าวเปลือก ในส่วนของรำละเอียดจะมีประมาณร้อยละ 5 รำละเอียดมีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ได้แก่ โปรตีนร้อยละ 10.6-13.4 ไขมันร้อยละ 10.1-22.4 ส่วนที่เป็นรำนี้จะนำไปเลี้ยงสัตว์ ปัจจุบันได้แยกรำละเอียดออกไปสู่โรงงานสกัดน้ำมันรำข้าว ส่วนของกากจึงเป็นอาหารสัตว์

1.2 องค์ประกอบหลักทางเคมีของข้าวที่สำคัญต่อการแปรรูป องค์ประกอบหลักทางเคมีของข้าวที่สำคัญต่อการแปรรูปมี 3 ชนิดได้แก่

1.2.1 แป้ง มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 เป็นแป้งข้าวประกอบด้วย อะมิโลเพคติน มากที่สุด ตั้งแต่ร้อยละ 95- 99 ในข้าวเหนียว และร้อยละ 65- 85 ในข้าวเจ้า มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขาหรือกิ่งแขนง ส่วนที่เหลือร้อยละ 1- 35 เป็นอะมิโลส มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงและสายยาวใช้เป็นหลักในการแบ่งประเภทของข้าวเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำหรือสูง สัดส่วนของอะมิโลส และอะมิโลเพคตินในแป้งข้าวเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ข้าวที่มีอะมิโลสต่ำจะเหนียว เช่น ข้าวเหนียว และข้าวที่มีอะมิโลสสูงกว่าจะร่วน เช่น ข้าวเจ้า

1.2.2 โปรตีน มีปริมาณไม่เกินร้อยละ10 ยกเว้นข้าวสาลีมีปริมาณร้อยละ 6- 16 โปรตีนในข้าวพบตั้งแต่เนื้อเยื่อชั้นนอกจะพบโปรตีนชนิดอัลบูมิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำและโกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ ในส่วนของแป้งจะพบโปรตีนชนิดกลูเตลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำด่าง และโปรลามินซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์

1.2.3 ไขมัน พบในเนื้อเยื่อชั้นนอกที่เป็นส่วนของรำและคัพภะ พบกรดไขมันหลายชนิด เช่น กรดปาล์มมิติก กรดโอเลอิก และ กรดลิโนเลอิก

1.3 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวจัดเป็นอาหารประเภทแป้ง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก องค์ประกอบของเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันเมื่อนำมาหุงให้สุกจะมีคุณสมบัติต่างกัน งามชื่น (2541) ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่ส่งผล ได้แก่

1.3.1 ปริมาณอะมิโลส ในเมล็ดข้าวมีสารแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้ง แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 2 ชนิดคือ อะมิโลส(amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) แป้งข้าวเหนียวมีอะมิโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะมิโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ข้าวเจ้ามีอะมิโลสประมาณร้อยละ 7- 33 ในข้าวสารหรือร้อยละ 9- 37 ในแป้ง ส่วนที่เหลือร้อยละ 63- 91 จะเป็นอะมิโลเพคติน สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าปริมาณอะมิโลส เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าวมีคุณสมบัติในการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน คือข้าวอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ได้มีการจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลสในข้าวสารเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภท (อะมิโลส)	ปริมาณอะมิโลสในข้าวสาร (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1- 2	เหนียวมาก
ต่ำมาก	2- 9	เหนียว, นุ่ม
ต่ำ	9- 20	เหนียว, นุ่ม
ปานกลาง	20- 25	นุ่ม, ค่อนข้างเหนียว
สูง	25- 33	ร่วน, แข็ง

ที่มา : งามชื่น (2541)

1.3.2 ความคงตัวของแป้งสุก(Gel consistency) ระหว่างข้าวที่มีอะมิโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างด้านคุณภาพการหุงต้ม เช่น ข้าวที่มีแป้งแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าว โดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะมิโลส ซึ่งพบว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน ก็ยังมีความแตกต่างกันของความคงตัวของแป้งสุก

1.3.3 อุณหภูมิที่แป้งสุก (Gelatinization Temperature) แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อค่อย ๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง แป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิที่แป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุกนี้สัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุก

1.3.4 โปรตีนในเมล็ดข้าว แม้จะมีโปรตีนน้อยกว่าแป้งมาก แต่ปริมาณของโปรตีนมีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณภาพทางการหุงต้ม เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 หรือข้าวหอมมะลิที่นิยมบริโภคกันทั่วไป ซึ่งเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงจะมีข้าวสุกกระด้างและสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ

1.3.5 กลิ่นหอม(aroma) ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด สำหรับข้าวหอมมะลิมีสาร 2-Acetyl-1-Pyrollin พบในปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมเป็นสารหอมชนิดเดียวกันกับที่พบในใบเตย ด้วยเหตุนี้คนไทยจึงนิยมการใช้ใบเตยหอมในอาหารไทย เพราะให้กลิ่นหอมที่ดีกับอาหารไทยและขนมไทย

1.3.6 วิธีการหุงต้ม ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับหุงข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลส การหุงต้มข้าวอะมิโลสสูงซึ่งเป็นข้าวร่วนชนิดแข็งนิยมใส่น้ำมากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำกว่า ข้าวอะมิโลสสูงเมล็ดข้าวจะดูดน้ำไว้ เมื่อเมล็ดสุกแล้วแต่น้ำยังมีเหลืออยู่ หากหุงต้มต่อไปอีกสักครู่จะช่วยให้เมล็ดข้าวดูดน้ำเพิ่มและลดความกระด้างของข้าวสุกลงได้ ในทางตรงข้าม ข้าวที่มีอะมิโลสต่ำต้องระมัดระวังปริมาณน้ำในการหุงต้ม เพราะหากน้ำมากเกินไป เมล็ดข้าวสุกจะแฉะเละ

1.4 แป้งข้าวหอมมะลิ (Fragrance Rice Flour)

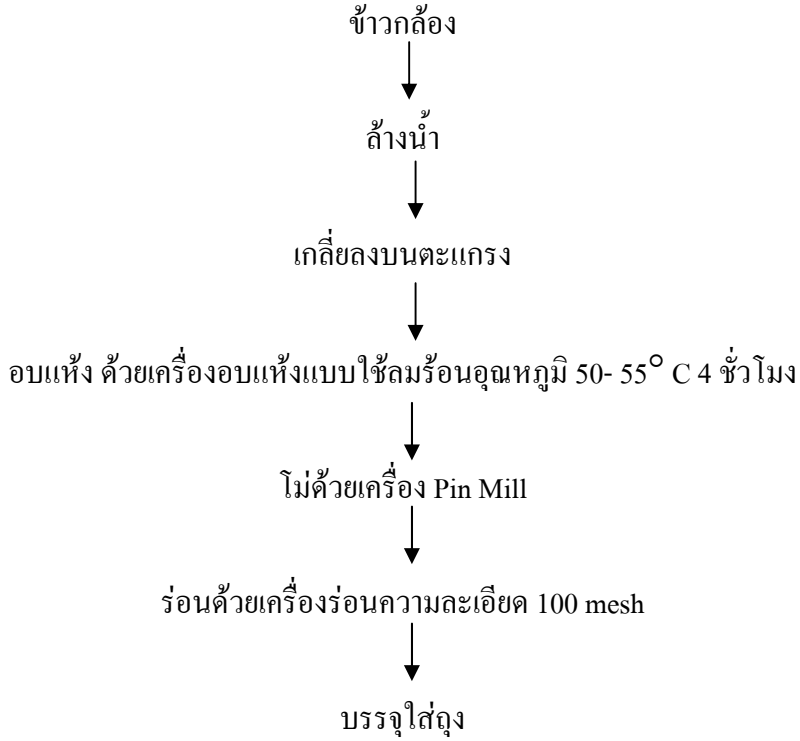
แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช เช่น ข้าว พืชประเภทหัวที่มีแป้งมาก เช่น มัน สำปะหลัง เป็นต้น กรรมวิธีการผลิตแป้งจากธัญพืช จะเริ่มจากการสีเพื่อแยก endosperm ออกจากส่วนรำและจมูกข้าวแล้วนำเอา endosperm ที่มีแป้งสตาร์ชประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่มาแช่น้ำ โม่และบด แล้วทำให้แห้งเป็นผง แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน จึงทำให้แป้งมีคุณสมบัติทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพต่างกันด้วย โดยทั่วไปแป้งจะมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ซึ่งจะอยู่ในรูปของสตาร์ช รองลงมาคือ โปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน เซลลูโลส เถ้า วิตามิน สารสี เอนไซม์ ความชื้นหรือน้ำ คำว่า แป้ง ที่คนไทยเรียกกันทั่ว ๆ ไปนั้น ในภาษาอังกฤษแบ่ง 2 ประเภทด้วยกัน คือแป้งฟลาว(Flour) และแป้ง

สตาร์ช(Starch) ซึ่งแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คุณสมบัติแตกต่างกัน (งามชื่น, 2541)

แป้งสตาร์ช หรือแป้งบริสุทธิ์(Starch) หมายถึง แป้งที่ผ่านการแยกส่วนของโปรตีนออกจนมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูงมาก และมีส่วนที่เป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ การแยกโปรตีนมักใช้แยกด้วยสารละลายของด่างโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์หลาย ๆ ครั้ง และล้างด่างออกด้วยน้ำ หลังจากนั้นจึงแยกน้ำออกและอบแห้ง จากแป้งบริสุทธิ์ที่ได้อาจนำมาผลิตเป็นแป้งดัดแปร(modified starch) กรรมวิธีในการผลิตแป้งดัดแปรได้แก่ Pregelatinized starch ผลิตโดยนำแป้งมาทำให้สุกด้วยความร้อนสูงมีการใช้เครื่อง spray dryer มาผลิต Pregelatinized starch ของข้าวเพื่อให้รูปทรงของเม็ดแป้งมีรูปทรงกลม ทำให้แป้งมีคุณสมบัติการไหลดี แป้งประเภทนี้สามารถใช้ในทางเภสัชกรรม เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตยาเม็ด

แป้งฟลาว(Flour) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แป้งที่ผลิตจากวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวจ้าว ข้าวเหนียว ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันฝรั่ง มันสำปะหลัง มันเทศ เป็นต้น โดยการนำวัตถุดิบมาโม่บดหรือตีจนละเอียดมาก ดังนั้นส่วนประกอบของแป้งฟลาวจึงประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบดั้งเดิมทั้งหมด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย แร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น

1.4.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ ณัชนก (2549) ทำการเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยวิธีโม่แห้ง(ภาพที่ 2) เริ่มจากนำข้าวกล้องมาล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด และอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50- 55° C 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่อง Pin Mill และร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีโพรพิลีน ถุงละ 2 กิโลกรัม ปิดผนึก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 การผลิตแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

ที่มา: ณัชนก (2549)

1.4.2 คุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าว

ก. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 6 : 10 : 5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ ($C_6H_{10}O_5$) แป้งประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคือ โพลิเมอร์เชิงเส้นหรือที่เรียกว่า อะมิโลส (amylose) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสายยาว และโพลิเมอร์เชิงกิ่งหรือที่เรียกว่า อะมิโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขาหรือเป็นกิ่งแขนง คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลส และอะมิโลเพคติน (กล้าณรงค์, 2542ก) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน

คุณสมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพคติน
1. ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
2. พันธะที่จับ	∝ - 1,4	∝ - 1,4 และ ∝ - 1,6
3. ขนาด	200- 2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส
4. การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้มากกว่า
5. การทำปฏิกริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
6. การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนและทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา: กล้าณรงค์ (2542ก)

ข. การเกิดเจลาติไนเซชั่น(gelatinization) โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล(hydroxyl group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelles ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน(gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด(pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งจะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช (กล้าณรงค์, 2542)

ค. การเกิดรีโทรเกรเดชั่น(retrogradation) เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่

พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลงเมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก ความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดรีโทรเกรเดชัน(retrogradation) หรือการคืนตัว หรือ setback เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การตรวจสอบค่า setback หรือ retrogradation โดยเครื่อง Brabender หรือ เครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) สามารถหาได้จากค่าผลต่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด(setback from peak) หรือความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด(setback from trough) (กล้าณรงค์, 2542)

ฉัชนก (2549) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพของแป้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ, แป้งข้าวขาวหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์ พบว่า แป้งข้าวกล้องมีปริมาณสารอาหาร มากกว่าแป้งข้าวขาวหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส พบว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์มีอะมิโลสร้อยละ 26.6 ซึ่งมากกว่าแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวขาว ที่มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 16.83, 16.60 ตามลำดับ แป้งข้าวกล้องมีค่าความสว่างน้อยกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวขาว (ตารางที่ 4) ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้ง พบว่าแป้งข้าวขาวมีกำลังการพองตัวและละลายน้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ แป้งข้าวกล้อง และแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื่องจากแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำสุด จะมีความสามารถในการพองตัวและการละลายสูงสุด เนื่องจากอะมิโลเพกตินมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวในน้ำได้ดี ส่วนอะมิโลสมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวมากจึงทำให้มีการจับตัวกับน้ำน้อยทำให้เกิดการพองตัวน้อย และได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดอย่างรวดเร็ว โดยเครื่อง Rapid Visco Analysis (ภาพที่ 3 และตารางที่ 3) พบว่าคุณสมบัติด้านความข้นหนืดมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1) อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืด(Pasting Temperature) หรืออุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องใช้ในการทำให้แป้งสุก พบว่าแป้งข้าวกล้อง และแป้งข้าวหอมะลิ มี Pasting Temperature 78.95 และ 75.00 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งแป้งทั้ง 2 ชนิด มี Pasting Temperature สูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ซึ่งแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่า Pasting Temperature เท่ากับ 72.60

องศาเซลเซียส ซึ่งในกระบวนการเกิดเจลาติไนซ์ เกิดจากการให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง ทำให้พันธะไฮโดรเจนคลายตัว เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดและใสมากขึ้น เมื่อพิจารณาค่าการพองตัวกับอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด พบว่าแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูงกว่า จะมีอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำกว่า

2) ค่าความหนืดสูงสุด(Peak Viscosity) เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุด ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำและแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือผสมในอาหาร แป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวขาวหอมมะลิ มีค่าความหนืดสูงสุดมากกว่าแป้งสาลี แสดงว่าการต้มน้ำแป้งทำให้แป้งข้าวพองตัวได้ดีกว่าแป้งสาลี

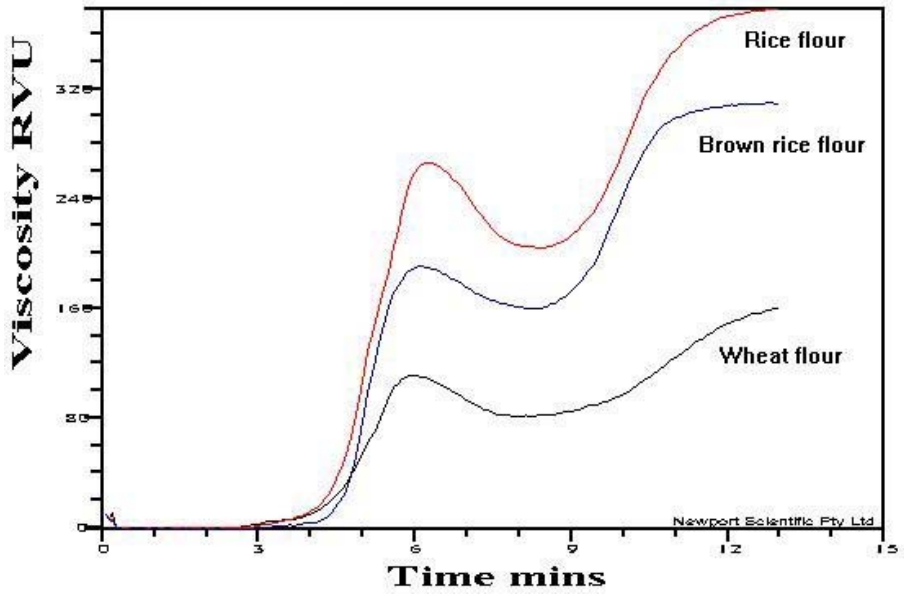
3) ค่าความหนืดต่ำสุด(Trough Viscosity) ค่าความหนืดต่ำสุดจะบอกถึงค่าความหนืดต่ำสุดของแป้งที่เกิดจากการให้ความร้อน และแรงกวนที่ใช้ในการผสม การใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้แรงกลมากจะทำให้เม็ดแป้งแตก และความหนืดลดลง จากการศึกษา พบว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าความหนืดต่ำสุด น้อยที่สุด เนื่องมาจากแป้งข้าวสาลีมีกำลังการพองตัวต่ำทำให้โครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้งถูกทำลายน้อย จึงมีความสามารถในการคงทนต่อแรงกวนมากกว่าแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวขาวหอมมะลิ

4) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด (Breakdown) เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด ซึ่งจะบอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิ และการกวนที่เป็นปัจจัยที่สำคัญในหลายกระบวนการผลิต พบว่าแป้งข้าวกล้องมีค่า เท่ากับ 34.09 RVU แป้งข้าวขาวมีค่าเท่ากับ 65.21 RVU และแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าเท่ากับ 30.80 RVU เนื่องจากการต้มข้าวของน้ำแป้งข้าวพองตัวได้ดีกว่าแป้งสาลี และแป้งบางส่วนเกิดการแตกตัวทำให้ความหนืดลดลง

5) ค่าความหนืดสุดท้าย(Final Viscosity) เมื่อพิจารณาถึงค่าความหนืดสุดท้ายจะทำให้สามารถบอกถึงคุณภาพของแป้ง และเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีลักษณะเป็นแป้งเปียกหรือเจลเมื่อผ่านการให้ความร้อนและความเย็นเมื่อลดอุณหภูมิของน้ำแป้งให้เย็น พบว่าแป้งทั้ง 3 ชนิด มีค่าความหนืดสุดท้ายมากกว่าความหนืดต่ำสุด แสดงว่าเมื่อผ่านความร้อนและทำให้เย็นน้ำแป้งจะมีลักษณะเป็นเจล และการที่แป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวหอมมะลิมีค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่าแป้ง

สาลี เนื่องจากเมื่อเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอะมิโลส พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติ ซึ่งโครงร่างนี้จะไม่อุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว ซึ่งทั้งแป้งข้าวกล้อง, แป้งข้าวขาวหอมมะลิและแป้งสาลีอเนกประสงค์ มีความหนืดเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของความหนืด ซึ่งเป็นผลจากการเกิด Retrogradationนี้ แสดงถึงความคงตัวของแป้งเปียก(Consistency) ซึ่งพบว่าแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวขาวหอมมะลิมีความคงตัวมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์

6) ค่าการคืนตัว(Setback Viscosity) เมื่อพิจารณาค่าการคืนตัว สามารถวิเคราะห์ได้จากผลต่างของค่าความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด(Set Back from Peak) จากการทดลองพบว่าระดับการคืนตัวของแป้งมากที่สุดคือ แป้งข้าวกล้อง รองลงมาคือ แป้งข้าวขาวหอมมะลิและแป้งสาลีอเนกประสงค์ตามลำดับ ซึ่งการคืนตัวของแป้งมีความสอดคล้องกับปริมาณอะมิโลสของแป้งแต่ละชนิด โดยแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะมีแนวโน้มการคืนตัวได้ดี แต่การที่แป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวขาวหอมมะลิที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าแป้งสาลี แต่มีค่าการคืนตัวสูงกว่า เนื่องจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวเจ้ามีไขมันสูงและมีโมเลกุลอะมิโลสขนาดเล็ก ทำให้เกิดการจับตัวกับอะมิโลสเป็น Amylase- Lipid Complex ซึ่งจะไปเสริมความแข็งแรงให้แก่เจลแป้งที่ได้ จึงมีค่าการคืนตัวสูงกว่าแป้งสาลี



ภาพที่ 3 กราฟค่าความหนืดของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105, แป้งข้าวขาวหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์

ที่มา: ณัชนก (2549)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105, แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งสาลีอเนกประสงค์

คุณสมบัติ	ชนิดของแป้ง		
	แป้งข้าวกล้อง	แป้งข้าวหอมมะลิ	แป้งสาลีอเนกประสงค์
Peak Viscosity (RVU)	187.53	265.99	112.39
Trough 1(RVU)	153.43	200.79	81.59
Breakdown (RVU)	34.09	65.21	30.80
Final Viscosity(RVU)	303.81	372.82	162.75
Setback (RVU)	116.28	106.83	50.93
Pasting Temp ($^{\circ}$C)	78.95	75.00	72.60

ที่มา: ณัชนก (2549)

ตารางที่ 4 คุณภาพของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ดอกมะลิ105 แป้งข้าวหอมมะลิ และแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

คุณภาพแป้ง	แป้งข้าวกล้อง	แป้งข้าวขาวหอมมะลิ	แป้งสาลีอเนกประสงค์
L*	87.82	93.08	92.46
a*	0.96	0.05	0.42
b*	10.58	5.69	7.82
dE*	10.25	-	5.52
a_w	0.43	0.50	0.59
ความชื้น(ร้อยละ)	9.23	8.03	11.57
การพองตัว(เท่า)	9.67	10.52	8.56
การละลาย(ร้อยละ)	2.96	6.42	2.22
กลูเตนเปียก(ร้อยละ)	-	-	33.39
กลูเตนแห้ง(ร้อยละ)	-	-	11.48
ปริมาณอะมิโลส(ร้อยละ)	16.83	16.1	24.4
ไขมัน(ร้อยละ)	2.84	0.85	0.40
เถ้า(ร้อยละ)	1.48	0.49	0.28
โปรตีน(ร้อยละ)	7.82	5.71	7.33
ใยอาหาร(ร้อยละ)	1.04	0.75	0.65
คาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)	77.58	84.67	79.79

ที่มา: ณัชนก (2549)

2. อาหารลดคอเลสเตอรอล

ในประเทศไทย ผลการสำรวจการบริโภคอาหารของประชากรไทย โดยกองโภชนาการที่ทำทุก ๆ 10 ปี เริ่มตั้งแต่ปีพ.ศ. 2503 เป็นต้นมา พบว่าคนไทยได้รับพลังงานเพียงพอและการกระจายสารอาหารที่ให้พลังงานมีความเหมาะสม แต่มีแนวโน้มของการบริโภคเนื้อสัตว์และไขมันสัตว์ เกลือและน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตเมืองจะมีการบริโภคสูงกว่าในชนบท พฤติกรรมการบริโภคอาหารของคนไทยที่เปลี่ยนไปสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของโรคที่ไม่ติดต่อหรือโรคเรื้อรังเนื่องจากความเสื่อม เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วน เบาหวาน ความดันโลหิตสูง มะเร็งเป็นต้น ถึงแม้ว่าอายุขัยเฉลี่ยของคนไทยจะเพิ่มขึ้น คือ ในปีพ.ศ. 2514 ประมาณ 60 ปี ในขณะที่ปีพ.ศ. 2544 ประมาณ 70 ปี แต่มีการเพิ่มขึ้นของโรคหัวใจและหลอดเลือดในคนไทยคือจากเดิม 4.75% เพิ่มขึ้นเป็น 17.06% (นพวรรณ และ ฉายศรี, 2544) เนื่องจากการหันไปบริโภคอาหารของชาติตะวันตกที่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณไขมันทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล เกลือ และน้ำตาลในปริมาณมาก ซึ่งสัมพันธ์กับการอุบัติการณ์ของโรคเส้นเลือดอุดตัน โรคหัวใจขาดเลือด ประเทศตะวันตกส่วนใหญ่ในปัจจุบันจึงมีการรณรงค์ให้ลดการบริโภคไขมันจากสัตว์ ซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัว ลดการบริโภคเนยและน้ำตาลทราย อุตสาหกรรมในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้มีการปรับตัวผลิตอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น เช่นผลิตอาหารที่มีพลังงานทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล เกลือ และน้ำตาลลดลง แต่ผลิตอาหารที่มีใยอาหารเพิ่มขึ้น (มลศิริ, 2545)

2.1 แหล่งของคอเลสเตอรอล (คณะแพทย์ใกล้หมอ, 2547)

คอเลสเตอรอลเป็นสารประกอบไขมันชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในเลือด มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ในไขมัน ซึ่งจะพบได้ 2 รูปแบบคือ คอเลสเตอรอล และเมื่อรวมตัวกับไขมันแล้วจะได้ คอเลสเตอรอลเอสเทอร์(cholesterol ester) เป็นสารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายโดยทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการผลิตฮอร์โมนต่าง ๆ รวมทั้งน้ำดีและวิตามินดี ร่างกายได้รับคอเลสเตอรอลบางส่วนจากอาหารประภทเนื้อสัตว์ โดยมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป อาหารจากพืชทุกชนิดนั้นพบว่าไม่มีคอเลสเตอรอล ไม่ว่าจะเป็นทุเรียน ขนุนหรือมะพร้าว แต่ผลไม้เหล่านี้มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งถ้าหากกินเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้ระดับของไตรกลีเซอไรด์สูงขึ้น และน้ำตาลส่วนเกินจะถูกเปลี่ยนเป็นไขมัน ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพร่างกาย อย่างไรก็ดี คอเลสเตอรอลที่มีอยู่ในเลือดและในเนื้อเยื่อของร่างกาย เกือบทั้งหมด(ร้อยละ 80) ผลิตขึ้นมาจากตับ โดยตับจะนำโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากอาหารที่กินเข้าไป มาผลิตคอเลสเตอรอลซึ่งจะได้ออกมา

ประมาณ 1 กรัม/วัน คอเลสเตอรอลที่ได้จากอาหารหรือผลิตจากตับจะถูกขนส่งเข้าไปในกระแสเลือดโดยไลโพโปรตีน ซึ่งเป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน

2.2 ผลเสียของคอเลสเตอรอล

ผู้ที่มีคอเลสเตอรอลในเลือดสูง เลือดจะมีความหนืดสูงกว่าคนปกติ นอกจากนี้ คอเลสเตอรอลยังไปเคลือบผนังด้านในของหลอดเลือด เป็นเหตุให้ผนังนั้นเสียความยืดหยุ่นและแข็งตัวเร็วขึ้น การไหลเวียนของเลือดไปสู่อวัยวะต่าง ๆ จึงไม่สะดวก นาน ๆ เข้าหลอดเลือดก็จะตีบลงและอุดตันไปในที่สุด โดยส่งผลเสียต่อหลายด้าน ได้แก่

2.2.1 ผลต่อหัวใจ ไลโพโปรตีนพบมากที่สุดในร่างกายของเราคือ LDL(Low Density Lipoprotein) ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลไปยังอวัยวะต่าง ๆ ทั้ง LDL และสารตั้งต้นของมันคือ VLDL(Very Low Density Lipoprotein) มีความยืดหยุ่นเพียงพอจะแทรกตัวเข้าไประหว่างเซลล์ของผนังหลอดเลือดและสามารถพาคอเลสเตอรอลเข้าไปในหลอดเลือดแดงโคโรนารี ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่ไปหล่อเลี้ยงอวัยวะที่อยู่ไกลจากหัวใจ ภายหลังจากที่เข้าไปในหลอดเลือดแดงแล้ว คอเลสเตอรอลอาจจะจับกับช่องว่างขนาดเล็กที่มีอยู่มากมายนับไม่ถ้วนบนผนังหลอดเลือดแดงแล้วเกาะติดอยู่บริเวณนั้นและกีดขวางการไหลเวียนของอนุภาคอื่น ๆ ที่ลอยผ่านมา ในที่สุดก็จะก่อให้เกิดตะกอน(plaque) สะสมอยู่ในบริเวณดังกล่าว ซึ่งถ้าหากมีขนาดโตขึ้นเรื่อยๆ ก็จะปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดได้ หรือถ้าหากชิ้นส่วนดังกล่าวหลุดออกมาจากหลอดเลือด ก็จะทำให้เลือดจับตัวเป็นก้อนซึ่งสามารถปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดได้เช่นเดียวกัน และท้ายที่สุดก็จะทำให้เกิดหัวใจพิบัติ(heart attack)

2.2.2 ผลต่อสมอง การมีคอเลสเตอรอลในเลือดสูงจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการอุดตันของหลอดเลือดแดงในสมองได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของอัมพาต โดยจะมีอาการแขนขาอ่อนแรง หรือชาครึ่งซีก

2.2.3 ผลต่อถุงน้ำดี คอเลสเตอรอลมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตกรดน้ำดี ซึ่งจำเป็นต่อการดูดซึมไขมันและวิตามินที่ละลายในไขมันตับเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างกรดน้ำดีและจะส่งไปเก็บไว้ที่ถุงน้ำดีต่อไป แต่บางครั้งกรดน้ำดีอาจเกิดการตกผลึกเป็นตะกอน ก็จะทำให้เกิดเป็นก้อนนิ่ว

ในถุงน้ำดี โดยมีอัตราการเกิดสูงถึงร้อยละ 80- 95 ส่วนที่เหลือเป็นนิ่วที่เกิดจากแคลเซียม ซึ่งจะแตกต่างจากนิ่วในไตและระบบทางเดินปัสสาวะ

2.2.4 ผลต่อส่วนอื่น ๆ ระดับไขมันในเลือดสูงยังมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคแทรกซ้อนที่หลอดเลือดฝอยของตาและไตในผู้ป่วยเบาหวาน หรือที่เรียกกันว่า เบาหวานขึ้นตาและลงไต เป็นผลให้การมองเห็นของสายตาลดลงและการทำงานของไตเสื่อมหรือไตวาย นอกจากนี้ ผู้ป่วยเบาหวานที่มีไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงอาจมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากระดับของกรดไขมันอิสระที่สูงขึ้นจะไปยับยั้งกระบวนการเผาผลาญน้ำตาลกลูโคสในเซลล์ และยังทำให้มีการสร้างและปล่อยน้ำตาลกลูโคสจากตับเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงอันเนื่องมาจากขาดฮอร์โมนอินซูลิน หรือมีไม่เพียงพอ จะทำให้ตับสร้างไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้นทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงขึ้นได้

2.3 การควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอลให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

กองโภชนาการ (2547) แนะนำวิธีควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอลให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนี้

2.3.1 รับประทานอาหารที่มีคอเลสเตอรอล ไม่เกินวันละ 300 มิลลิกรัม

2.3.2 ลดปริมาณไขมันที่รับประทานให้น้อยลง โดยไม่เกินร้อยละ 30 ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด

2.3.3 ลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวให้ได้รับไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด

2.3.4 รับประทานกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งโดยเฉพาะกรดไลโนเลอิกให้ได้ร้อยละ 7- 10 ของพลังงานทั้งหมด

2.3.5 รับประทานอาหารที่ให้โปรตีนอย่างเหมาะสม

2.3.6 เพิ่มอาหารที่มีใยอาหารให้มากขึ้น

2.3.7 ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีส่วนประกอบที่มาจากไขมันสัตว์ ได้แก่ เนยสด, ไข่แดง, นมสด เป็นต้น ไข่แดงจากไข่ไก่ 100 กรัม มีปริมาณคอเลสเตอรอล 1,250 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2547) นมสดระเหยมีคอเลสเตอรอล 38.46 มิลลิกรัม/100 กรัม (Anonymous, 2007a) การลดปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารทำได้โดยการลดปริมาณไขมันอิ่มตัวจากสัตว์ โดยเฉพาะไข่แดงซึ่งมีปริมาณคอเลสเตอรอลอยู่สูง ซึ่งพัชรินทร์และคณะ (2547) และศิริวงศ์ (2548) ได้ศึกษาการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในบัตเตอร์เค้กโดยการลดปริมาณไข่แดงในสูตรและใช้สารทดแทนไขมัน ซึ่งสามารถลดคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ การกล่าวอ้างว่าเป็นอาหารลดปริมาณคอเลสเตอรอล(Reduced or Less) หมายถึง มีปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงน้อยกว่าอาหารอ้างอิง 25% ในปริมาณอาหารอ้างอิง (Reference Amount) คือ เท่ากับหนึ่งหน่วยบริโภค โดยที่อาหารอ้างอิงต้องไม่เป็นจำพวกคอเลสเตอรอลต่ำ(Low cholesterol) (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

3. อาหารลดน้ำตาล

วินัย (2544) กล่าวถึงน้ำตาลไว้ว่า น้ำตาลให้รสหวานที่ทานแล้วรู้สึกสดชื่น ใครได้ชิมมักชอบและติดได้ง่าย ๆ แต่อาจเจอปัญหาได้ง่าย ๆ เช่นกัน เช่น การเกิดฟันผุ เป็นต้น โภชนาการยุคใหม่เรื่องพีระมิดอาหารจัดน้ำตาลกับไขมันไว้เป็นกลุ่มยอดบนสุดของพีระมิด แนะนำให้หลีกเลี่ยง หากเลิกรับประทานก็ดีต่อสุขภาพ นอกจากน้ำตาลทราย น้ำตาลขัดขาวซึ่งเป็นน้ำตาลซูโครสแล้ว ในที่นี้รวมน้ำตาลประเภทน้ำตาลเชิงเดี่ยวด้วย ไม่ว่าจะเป็นเด็กซ์โทรส น้ำเชื่อมจากข้าวโพด น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลสด คาราเมล รวมทั้งน้ำเชื่อม

3.1 ผลเสียของน้ำตาลทรายต่อสุขภาพ

หากรับประทานมากเกินไปจะมีปัญหาที่เกิดจากน้ำตาลมีอยู่มากมาย ได้แก่ เข้าไปรบกวนเมตาบอลิซึมของการใช้พลังงานในร่างกาย ทำให้ฟันผุ ทำให้เกลือแร่ วิตามินบี รวมไปถึงวิตามินซีในเลือดลดลง เนื่องจากถูกดึงไปใช้ในเมตาบอลิ-ซึมของน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ไขมันในเลือดสูงขึ้นรวมถึงคอเลสเตอรอลหรือไตรกลีเซอไรด์ ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น ทำให้หงุดหงิดและเกิดอาการอยู่ไม่เป็นสุข(hyperactive) รบกวนกลไกการป้องกันร่างกายของพวกเม็ดโลหิตขาว กล้ามเนื้ออ่อนแอ ทำให้เกิดอาการติด เช่น เด็ก ๆ จะติดขนมหวานได้ง่าย ทำให้อวัยวะบางอย่าง เช่น

ตับอ่อน, ต่อมหมวกไตทำงานหนัก เกิดปัญหาอวัยวะเสื่อมได้เร็ว ทำให้อ้วนง่ายจนเกิดโรคอ้วนแล้วตามด้วยเบาหวาน เป็นต้น

3.2 โรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน เป็นโรคเรื้อรังชนิดหนึ่ง เมื่อรับประทานอาหารเข้าไป ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดเพื่อใช้เป็นพลังงาน เซลล์ในตับอ่อนชื่อเบต้าเซลล์เป็นตัวสร้างอินซูลิน อินซูลินเป็นตัวนำน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์เพื่อใช้เป็นพลังงาน โรคเบาหวานเป็นภาวะที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ เกิดเนื่องจากการขาดฮอร์โมนอินซูลินหรือประสิทธิภาพของอินซูลินลดลงเนื่องจากภาวะดื้อต่ออินซูลินทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอยู่เป็นเวลานานจะเกิดโรคแทรกซ้อนต่ออวัยวะต่าง ๆ เช่น ตา ไต และระบบประสาท สาเหตุของการเกิดโรคเบาหวานยังไม่ทราบแน่นอนแต่องค์ประกอบสำคัญที่อาจเป็นต้นเหตุของการเกิดได้แก่ กรรมพันธุ์ อ้วน ขาดการออกกำลังกาย หากบุคคลใดมีปัจจัยเสี่ยงมากย่อมมีโอกาสที่จะเป็นเบาหวานมากขึ้น

อินซูลินเป็นฮอร์โมนสำคัญตัวหนึ่งของร่างกาย สร้างและหลั่งจากเบต้าเซลล์ของตับอ่อน ทำหน้าที่เป็นตัวพาน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานในการดำเนินชีวิต ถ้าขาดอินซูลินหรือการออกฤทธิ์ไม่ดีร่างกายจะใช้น้ำตาลไม่ได้ จึงทำให้น้ำตาลในเลือดสูงมีอาการต่าง ๆ ของโรคเบาหวาน นอกจากมีความผิดปกติของการเผาผลาญอาหารคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังมีความผิดปกติอื่น เช่น มีการสลายของสารไขมันและโปรตีนร่วมด้วย

อาการของโรคเบาหวาน คนปกติก่อนรับประทานอาหารเช้าจะมีระดับน้ำตาลในเลือด 70-110 มก.% หลังรับประทานอาหารแล้ว 2 ชม.ระดับน้ำตาลไม่เกิน 140 มก.% ผู้ที่ระดับน้ำตาลสูงไม่มากอาจจะไม่มีอาการอะไร การวินิจฉัยโรคเบาหวานจะทำได้โดยการเจาะเลือด อาการของโรคเบาหวาน มีดังนี้ 1) การปัสสาวะ คนปกติมักจะไม่ต้องลุกขึ้นมาปัสสาวะในเวลากลางดึกหรือปัสสาวะอย่างมากไม่เกิน 1 ครั้ง เมื่อน้ำตาลในกระแสเลือดมากกว่า180มก.% โดยเฉพาะในเวลากลางคืนน้ำตาลจะถูกขับออกทางปัสสาวะทำให้น้ำถูกขับออกมากขึ้น จึงมีอาการปัสสาวะบ่อยและเกิดการสูญเสียน้ำ และอาจจะพบว่าปัสสาวะมีมดตอม ผู้ป่วยจะหิวน้ำบ่อยเนื่องจากต้องทดแทนน้ำที่ถูกขับออกทางปัสสาวะ อ่อนเพลีย น้ำหนักลดเกิดเนื่องจากร่างกายไม่สามารถใช้น้ำตาลจึงย่อยสลายส่วนที่เป็นโปรตีนและไขมันออกมา 2) ผู้ป่วยจะกินเก่ง หิวเก่งแต่น้ำหนักจะลดลงเนื่องจาก

ร่างกายนำน้ำตาลไปใช้เป็นพลังงานไม่ได้ จึงมีการสลายพลังงานจากไขมันและโปรตีนจากกล้ามเนื้อ 3) อาการอื่นที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การติดเชื้อ แผลหายช้า คันตามผิวหนัง มีการติดเชื้อรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณช่องคลอดของผู้หญิง สาเหตุของอาการคันเนื่องจากผิวแห้งไป หรือมีการอักเสบของผิวหนัง เห็นภาพไม่ชัด ตาพร่ามัวต้องเปลี่ยนแว่นบ่อย ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงสายตา เช่นสายตาสั้น ต้อกระจก น้ำตาลในเลือดสูง ชาไม่มีความรู้สึก เจ็บตามแขนขา หย่อนสมรรถภาพทางเพศ เนื่องจากน้ำตาลสูงนานๆทำให้เส้นประสาทเสื่อม เกิดแผลที่เท้าได้ง่าย เพราะไม่รู้สึก อาเจียน น้ำตาลในกระแสเลือดสูง เมื่อเป็นโรคนี้ระยะหนึ่งจะเกิดโรคแทรกซ้อนที่เกิดกับหลอดเลือดเล็กเรียก microvascular หากมีโรคแทรกซ้อนนี้จะทำให้เกิดโรคไต เบาหวานเข้าตา หากเกิดหลอดเลือดเลือดแดงใหญ่แข็งเรียก macrovascular โดยจะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ อัมพาต หลอดเลือดแดงที่ขาตีบ นอกจากนั้นยังอาจจะเกิดปลายประสาทอักเสบ neuropathic ทำให้เกิดอาการชาขา กล้ามเนื้ออ่อนแรง ประสาทอัตโนมัติเสื่อม

ดังนั้น ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคนี้จำเป็นต้องรับการเจาะเลือดตรวจหาเบาหวาน ผู้ที่มีความเสี่ยงดังกล่าว ได้แก่ 1) ผู้ที่มีประวัติที่บุคคลในครอบครัว พ่อแม่ พี่ หรือ น้อง เป็นเบาหวาน 2) ผู้ที่มีน้ำหนักเกิน โดยมีดัชนีมวลกายมากกว่า 27% หรือน้ำหนักเกิน 20% ของน้ำหนักที่ควรเป็นสำหรับประเทศในเอเชีย พบว่าเมื่อดัชนีมวลกายมากกว่า 23 จะพบผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานมาก เมื่อดัชนีมวลกายมากกว่า 25 ควรจะเจาะเลือดตรวจเบาหวาน 3) อายุมากกว่า 45 ปี 4) ผู้ที่ตรวจพบ IFG หรือ IGT 5) ความดันโลหิตสูงมากกว่า140/90 mmHg 6) ระดับไขมัน HDL น้อยกว่า 35 มก% และ/หรือ TG มากกว่า 250 มก.% 7) ผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย 8) ประวัติเบาหวานขณะตั้งครรภ์หรือน้ำหนักเด็กแรกคลอดมากกว่า 4 กิโลกรัม บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงควรที่จะได้รับการตรวจหาระดับน้ำตาลในเลือดทุก 3 ปี หากเป็นคนที่มีปัจจัยเสี่ยงควรป้องกันโดยการออกกำลังกาย การควบคุมอาหาร และการคุมน้ำหนัก

จากปัญหาที่ตามมาเนื่องจากการบริโภคน้ำตาล จึงมีการนำสารทดแทนความหวานมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เครื่องดื่ม เป็นต้น สำหรับในผลิตภัณฑ์ขนมอบ น้ำตาลนอกจากทำหน้าที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ขนมอบแล้ว ยังทำหน้าที่อื่น ๆ ที่ส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมอบอีกด้วย ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง เช่น เค้ก น้ำตาลจะทำให้เกิดการเจลาติไนซ์(Gelatinization) ช้าลงซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม นอกจากนี้น้ำตาลมีความสามารถในการดูดความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (Riaz, 1993) โดย ณัช-นก (2549) นำสาร Acesulfame-K มาใช้ในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กลดพลังงานและน้ำตาลจากแป้ง

ข้าวกล้อง และกนกวรรณ (2549) นำสาร Acesulfame-K มาใช้ในผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับอาหารเช้าจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะที่ดี

ในการกล่าวอ้างเรื่องของน้ำตาล คำว่าลดลง(Reduced or Less) หมายถึง มีปริมาณน้ำตาลลดลงน้อยกว่าอาหารอ้างอิง 25% ในปริมาณอาหารอ้างอิง(Reference Amount) คือ เท่ากับหนึ่งหน่วยบริโภค (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

4. ชิฟฟอนเค้ก

ชิฟฟอนเค้ก(Chiffon-Type Cakes) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนย และ เค้กไข่ คือ มีโครงสร้างที่ละเอียดของเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาของเค้กเนย ต่างจากเค้กเนยตรงที่ชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันพืชผสมแทนเนย หรือมาการีนในเค้กเนย และวิธีการผสม มีลักษณะเบาและนุ่มมาก (จิตธนาและอรอนงค์, 2546)

Wikipedia Organization (2006) ให้รายละเอียดไว้ว่า ชิฟฟอนเค้กเป็นเค้กที่ทำจากน้ำมันพืช ไข่ไก่, แป้ง, ผงฟูและกลิ่นรสต่างๆ เนื่องจากการใช้น้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบ การจะตีให้อากาศแทรกเข้าในน้ำมันเป็นการยาก ชิฟฟอนเค้กจึงเป็นจำพวกโฟมเค้กที่ไข่ขาวถูกตีจนเป็นฟองนุ่มฟูและตั้งยอดแข็ง จากนั้นจึงตะล่อมเบา ๆ กับ batter ของเค้กจนเข้ากันดีและนำไปอบ ทั้งไขมันและไข่ไก่ที่มีปริมาณมากจะให้เนื้อเค้กที่มีความชุ่มชื้น และยังมีแนวโน้มว่าจะมีไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าบัตเตอร์เค้ก จึงมีศักยภาพที่จะเป็นอาหารสุขภาพมากกว่า ชิฟฟอนเค้กกำเนิดขึ้นในปี 1927 โดยตัวแทนขายประกันในแคลิฟอร์เนียชื่อว่า Harry Baker ซึ่งเขาทำธุรกิจขนมเค้กเป็นอาชีพเสริม Baker ใช้สูตรเดิมในการผลิตเค้กมายาวนานและไม่เคยเปิดเผยต่อสาธารณชน จนกระทั่งเขาขายสูตรให้กับ Betty Crocker ในปี 1948 ซึ่ง Crocker ถึงกับกล่าวว่าชิฟฟอนเค้กเป็น "เค้กแห่งการค้นพบในรอบศตวรรษ" สำหรับในประเทศไทย ชิฟฟอนเค้กได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ มีธุรกิจที่ผลิตชิฟฟอนเค้กรสชาติต่าง ๆ จำหน่าย เช่น เพ็ญ (2549) ผลิตเค้กฟัดจ์หน้านิ่ม รสช็อกโกแลต ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตแบบชิฟฟอนเค้ก ผลิตตามจำนวนที่สั่งเพื่อรักษาความสดใหม่ เนื้อนุ่มกำลังดี รสชาติไม่หวานมาก และกฤษณา (2549) เปิดธุรกิจชิฟฟอนใบเตยมะพร้าวอ่อน ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง มีจุดเด่นที่รสชาติกลมกล่อม หวานกำลังดี ใช้วัตถุดิบที่คัดเลือกอย่างดีมีคุณภาพ สดใหม่ทุกวัน เช่น ไข่ไก่ ใช้ไข่เบอร์ศูนย์ สั่งจากฟาร์มที่ได้มาตรฐานทุกวัน เค้กจึงมีเนื้อนุ่ม อร่อยไม่เปลี่ยนแม้จะแช่ตู้เย็น

4.1 ส่วนผสม และหน้าที่ของส่วนผสม

4.1.1 แป้งสาลี มีโปรตีนสองชนิดรวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตมินและไกลอะดิน แป้งสาลีที่ใช้ทำชิฟฟอนเค้กทำมาจากข้าวสาลีชนิดอ่อน เมื่อนำมาโม่เป็นแป้งจะมีโปรตีนต่ำ ประมาณร้อยละ 7-9 มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ต่ำกว่าแป้งสาลีชนิดแข็ง มีความทนทานต่อการผสมและการหมักต่ำ เมื่อผสมแล้วจะไม่ให้ความเหนียวและแข็งแก่เนื้อเค้ก แต่ก็ควรมีความคงตัวเป็นโครงร่างขึ้นฟู มีรูพรุน และเนื้อนิ่ม ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของแป้ง

4.1.2 ไข่(จิตธนาและอรอนงค์, 2546) มีส่วนช่วยในการให้โครงร่าง สี กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหารแก่ขนมอบ และมีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเก็บฟองอากาศไว้ในโครงร่างของไข่แต่ละชนิด และเวลาที่ใช้ในการตีไข่นั้น ไข่แดง ส่วนใหญ่เป็นของแข็งประกอบด้วยไขมัน สารที่เป็นไขมันจะมีอยู่ในรูปแขวนลอยที่ละเอียด ในไข่แดงจะมีไขมันเลซิทินซึ่งเป็นตัวที่ให้ไขมันมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟด์ และเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียขึ้นได้เมื่อเก็บไข่ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง จะมีอยู่ระหว่าง 7% และ 10% ของปริมาณไขมันทั้งหมด ไข่แดงใช้ในการทำครีมและช่วยให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ฟูขึ้น แม้ว่าไข่แดงมีลักษณะกึ่งแข็งทั้งหมด แต่ก็มีน้ำอยู่เกือบ 50% ส่วนไข่ขาว มีน้ำอยู่ถึง 86% ไข่ขาวมีลักษณะเป็นเจลซึ่งเป็นคุณลักษณะของโปรตีนมิวซินในไข่ขาว โปรตีนอีกชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในไข่ขาว ได้แก่โอวัลบูมิน (ovalbumin) จะตกตะกอนรวมตัวกัน และเป็นตัวที่เกี่ยวข้องกับการคงตัวแข็ง (coagulate) เมื่อถูกความร้อนและจากการตีแรง ๆ และเร็ว ๆ ไข่ขาวจะมีผลต่อการขึ้นฟูให้ลักษณะฟองอากาศเล็ก และอยู่ตัวดีกว่าไข่ทั้งฟอง และไข่แดง เมื่อตีไข่ขาวจะเกิดฟองซึ่งประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละฟองจะล้อมรอบด้วยแผ่นโปรตีนจากไข่ การตีไข่ด้วยเครื่อง และการสัมผัสของแผ่นโปรตีนบาง ๆ กับอากาศจะทำให้โปรตีนบางส่วนแข็งตัว และทำให้ฟองนั้นคงตัวในการอบฟองอากาศจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และแผ่นโปรตีนจะยืดหยุ่นเพียงพอที่จะยืดได้ เมื่อส่วนผสมหรือไข่ขาวที่ตีแข็งได้รับอุณหภูมิสูงถึงจุดที่โปรตีนจะแข็งตัวอย่างทั่วถึง จะสูญเสียความยืดตัว และจะจับตัวเป็นโครงสร้างที่แข็งของผลิตภัณฑ์ องค์ประกอบทางเคมีของไข่ทั้งฟอง, ไข่แดงและไข่ขาว ไข่ขาวจะมีน้ำมากที่สุด ในขณะที่ไข่แดงมีน้ำน้อยที่สุด สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ จะมีในไข่แดงมากกว่าไข่ขาว ยกเว้นน้ำตาลและแร่ธาตุบางชนิด จึงกล่าวได้ว่าไข่แดงให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าไข่ขาวและไข่ทั้งฟอง ดังนั้นการเลือกใช้ไข่ชนิดใดควรคำนึงถึงองค์ประกอบในไข่นั้น โดยเฉพาะปริมาณน้ำและไขมัน ซึ่งแตกต่างกันชัดเจนจะมีผลต่อความสมดุลของสูตรได้ นอกจากนี้เมื่อนำไข่แต่ละส่วนไปใช้ในส่วนผสมของเค้กแต่ละชนิด ก็จะมีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กแตกต่างกัน

ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเก็บฟองอากาศไว้ภายในโครงสร้างของไข่ จัดว่ามีความสำคัญในการเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อยู่หลัก ๆ 3 ประการ คือ การเกิดฟอง (Foaming power), การเป็นอิมัลชั่น (Emulsification) และการตกตะกอนรวมตัวกัน (Coagulation) (Matz, 1989)

ก. Foaming power เป็นการดึงอากาศมาไว้ภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งไข่มีความสามารถในการเกิดฟองในสูตรอาหารต่างๆ และการเกิดตะกอนเมื่อให้ความร้อน ส่งผลให้เกิดความคงตัวของฟองได้ดี (Bennion and Bamford, 1997) โปรตีนไข่โดยเฉพาะโอแวลบูมิน (Ovalbumin) มีผลต่อปริมาตร ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของเนื้อเค้ก (Lee et al, 1991) ซึ่งโปรตีนชนิดนี้เป็นโปรตีนหลักที่พบมากในไข่ขาว เป็นโปรตีนไข่ขาวเพียงชนิดเดียวที่มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริลไดซัลไฟด์กับโปรตีนชนิดอื่น อุณหภูมิในการเสียสภาพหรือคลายเกลียวของโปรตีนโอแวลบูมินค่อนข้างสูง แต่สามารถเกิดการคลายเกลียวที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำได้ดี(Surface denature) จึงเป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดฟองได้ดี และรักษาความคงตัวของฟอง(Foam stabilization) ได้ เนื่องจากเมื่อเกิดการคลายเกลียวแล้ว โอแวลบูมินจะเกิดการรวมมวลที่ผิวร่วมระหว่างน้ำกับฟองอากาศ เกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ (Rigid lamella) หุ้มฟองอากาศ (ปาริฉัตร, 2545ก) อีกทั้งการเกิดเจลของโอแวลบูมินยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารได้อีกด้วย (Doi, 1993)

ข. Emulsification ไข่แดงมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers) เนื่องจากมีฟอสโฟลิปิดส์และโปรตีนชนิดอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Bennion and Bamford, 1997) ซึ่งฟอสโฟลิปิดส์ทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของน้ำและน้ำมัน และแกรนยูลของไข่แดงยังทำหน้าที่รักษาความคงตัวของอิมัลชั่น ด้วยกลไกการรักษาความคงตัวแบบอนุภาคผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ (Particle stabilization) ที่มีประสิทธิภาพ (ปาริฉัตร, 2545 ข)

ค. Coagulation การตกตะกอนรวมตัวกันในไข่ เป็นการเปลี่ยนแปลงจากของเหลวไปเป็นของแข็ง หรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยการให้ความร้อน ทำให้เกิดความคงตัวที่ดี (Bennion and Bamford, 1997) โดยไข่ที่นำมาใช้ควรเป็นไข่คุณภาพดีเป็นไข่สด ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ เปลือกไข่จะต้องไม่แตกร้าว และที่เปลือกไข่จับดูจะสากมือ เป็นนวล, ช่องอากาศไม่ลึก , ไข่แดงอยู่ตรงกลาง, ไข่ขาวข้นมีความคงตัวและยึดแน่นกับไข่แดงและไม่มีกลิ่นเหม็น แต่ในกรณีที่ไข่ไก่ไม่สดพอ มีปริมาณน้ำมากและไข่แดงแบน สามารถแก้ไขได้โดยตอกไข่ใส่ถ้วยทิ้งไว้ น้ำจะระเหยออกจากไข่ได้มากทำให้นำไปตีแล้วขึ้นฟูได้ (ศรีสมร, 2533)

เข็มทอง (2538) ได้กล่าวถึงบทบาทของไข่ในการหุงต้มไว้ว่า ไข่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากไข่มีโปรตีนสูง มีอยู่ในทั้งไข่แดงและไข่ขาว เป็นแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูก ยังมีวิตามินเอ, ดี, บีสอง ไข่ช่วยเพิ่มรสชาติให้อร่อยมากขึ้น เช่นในขนมเค้ก ขนมหม้อแกง ทำให้เกิดความเข้มข้น เนื่องจากมีไขมันและของแข็งอื่น ๆ มาก เช่นการทำห่อหมก ทำให้เกิดสี โดยช่วยให้อาหารหรือขนมมีสีเหลืองน่ารับประทาน เช่น ขนมเค้ก ช่วยให้เกิดการขึ้นฟู เนื่องจากการตีไข่จะเกิดฟองอากาศจำนวนมากและฟองอากาศเหล่านี้จะถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีนในไข่ เมื่อให้ความร้อนฟองอากาศจะขยายตัวและขึ้นฟู ช่วยให้เกิดการแข็งตัว ความร้อนทำให้ไข่ขาวและไข่แดงแข็งตัว เป็นประโยชน์ทำให้อาหารข้น และช่วยทำให้น้ำมันเกิดการรวมตัวกับของเหลวอื่น

4.1.3 นม เป็นส่วนหนึ่งของโครงร่างของเค้ก เนื่องจากมีโปรตีนในองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังใช้แทนส่วนของน้ำในสูตรได้ เพราะมีน้ำมากถึงร้อยละ 87 ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสแก่เค้กอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยรวมส่วนผสมอื่น ๆ เข้าด้วยกัน ช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมกับของเหลว ความชื้นของนมนั้นไม่ได้เป็นทั้งตัวทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งหรือนุ่มขึ้น แต่เมื่อรวมกับส่วนผสมอื่น ๆ แล้วอาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีทั้งความแข็งและความนุ่มทั้งสองอย่างได้ (จิตธนาและอรอนงค์, 2546) นมสดระเหยเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์นมที่นิยมใช้ในเบเกอรี่ ได้จากการนำนมสดมาระเหยแต่ไม่เติมน้ำตาล ในนมสดระเหยมีน้ำอยู่ 72% ไขมันเนย 8% โปรตีน 7.25% แล็กโทส 10.5% และแร่ธาตุ 1.75%

4.1.4 ไขมัน หน้าที่ของไขมันในส่วนผสมของเค้ก คือ ช่วยเก็บอากาศในขณะที่ตีส่วนผสม ทำให้ขึ้นฟูช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีน และสตาร์ช ทำให้เนื้อเนียนลื่น ซึ่งมีผลต่อความนุ่มของเค้ก และถ้าไขมันที่ใช้มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ก็จะช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเข้ากับส่วนผสมอื่นได้ดี จึงทำให้เนื้อเค้กมีความชุ่มฉ่ำ และอ่อนนุ่มตัวดี เนื่องจากมีฟองอากาศในเนื้อเค้กขนาดเล็ก และสม่ำเสมอ

4.1.5 สารเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู เป็นสารเคมีที่ใช้ในการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาทางเคมีและทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู เบคิง พาวเดอร์หรือผงฟู(Baking powder) ผลิตขึ้นจากการผสมของเบคิง โซดาหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งในการผสมนี้จะเติมแป้งข้าวโพดลงไปส่วนหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้สารทั้งสองสัมผัสกันโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ ผงฟูนี้มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับกรดที่นำมาผสม โดยทั่วไปจัดเป็น 2 แบบคือ ชนิดแรกคือ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็วหรือที่เรียกว่าผงฟูกำลังหนึ่ง(Single acting

หรือ Fast action) ผงฟูชนิดนี้จะประกอบด้วยเบคิงโซดากับกรดทาร์ทาร์ริก หรือครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of tartar) หรือเกลือฟอสเฟต(Calcium acid phosphate) แคลเซียมเอซิด ไพโรฟอสเฟต (Calcium acid pyrophosphate) ผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทันทีในขณะที่ผสม และจะผลิตก๊าซออกมาอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์รอการนำเข้าอบ ดังนั้นการใช้ผงฟูประเภทนี้จะต้องผสมส่วนผสมอย่างรวดเร็ว และนำเข้าอบทันทีที่ผสมเสร็จ มิฉะนั้นแล้วการสูญเสียก๊าซจะเกิดขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบออกมาขึ้นฟูได้ไม่ดี ชนิดที่สองคือ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้าหรือผงฟูกำลังสอง(Double acting) ผงฟูประเภทนี้ประกอบด้วยเบคิงโซดากับกรด 2 ชนิดหรือมากกว่า โดยที่กรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็วอีกชนิดหนึ่งเกิดปฏิกิริยาช้า กรดที่เกิดปฏิกิริยาเร็วได้แก่ แคลเซียมเอซิดฟอสเฟต ส่วนกรดที่เกิดปฏิกิริยาช้าอาจเป็นโซเดียมไพโรฟอสเฟตหรือโซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟต(S.A.S) ก็ได้ ในขณะที่กำลังผสมส่วนผสมเข้าด้วยกัน กรดที่ให้ปฏิกิริยาเร็วของผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาส่วนหนึ่งและเมื่อนำผลิตภัณฑ์เข้าอบกรดที่ให้ปฏิกิริยาช้าซึ่งเป็นพวกเกลือซัลเฟตจะผลิตก๊าซออกมาอีกส่วนหนึ่งเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ ซึ่งเป็นที่นิยมในหมู่ผู้ประกอบการเนื่องจากไม่ต้องรีบร้อนในการนำเข้าอบหลังจากผสมเสร็จ

ศิวาพร (2535) ให้รายละเอียดถึงกรดทาร์ทาร์ริก ไว้ว่ากรดทาร์ทาร์ริก(Tartaric acid) เป็นกรดที่พบมากตามธรรมชาติในมะขามและองุ่น เป็นต้น เป็นกรดที่มีรสเปรี้ยวแหลม นิยมใช้มากในเครื่องดื่มต่าง ๆ นอกจากกรดทาร์ทาร์ริกจะช่วยปรับปรุงเกี่ยวกับกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ ในอุตสาหกรรมการผลิตขนมปังจะมีการใช้ dietyl glyceryl tartrate เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของ dough และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่วนกรดทาร์ทาร์ริกและ acidic monopotassium salt(cream of tartar) นั้น นิยมใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญของผงฟู เนื่องจาก cream of tartar นี้จะละลายในน้ำเย็นได้น้อยมากซึ่งจะมีประโยชน์มากสำหรับในช่วงผสม ดังนั้นผงฟูที่ใช้ cream of tartar จะมีการเพิ่มปริมาณกรดที่ใช้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการอบ กรดทาร์ทาร์ริกและ cream of tartar เตรียมได้จากการสกัด waste product ที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตไวน์ด้วยน้ำร้อน จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ แล้วต่อด้วยด่าง จะได้ผลึก calcium tartrate จากนั้นนำมา decomposition ด้วยกรดกำมะถัน เพื่อให้ได้กรดทาร์ทาร์ริก สำหรับกรด tartaric นี้ จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 พ.ศ. 2527 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร ได้ระบุไว้ในส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์ใช้ปรับความเป็นกรด-ด่าง(Acidity Regulator) ว่าหากใช้กรดแอล-ตาร์-ตาริกในชนิดอาหารขนมอบซึ่งเป็นหมวดของอาหารอื่นๆ ให้ใช้ในปริมาณที่

เหมาะสม จากที่กำหนดเป็นปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม) เว้นแต่ได้ระบุปริมาณเฉพาะไว้แล้ว (กระทรวงสาธารณสุข, 2550)

4.1.6 น้ำตาล เป็นส่วนผสมสำคัญของเค้ก เพื่อให้ความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการตีครีม และตีไข่ให้มีความคงตัว และขึ้นฟู ช่วยเก็บความชื้น และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มอยู่ได้นาน ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีที่ดี และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์

4.1.7 เกลือ ทำให้อาหารมีรสดีและจะช่วยเน้นรสกลิ่นของส่วนผสมอื่น ๆ รวมทั้งช่วยให้เกิดสีของเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์ ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และช่วยให้กลูเตนของโดมีกำลังในการยืดตัว

4.2 กรรมวิธีการผลิตชิฟฟอนเค้ก

ขั้นตอนการทำเค้กประกอบด้วย การผสม ใส่พิมพ์ และเข้าอบ ซึ่งการผสมนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีการเก็บอากาศไว้ภายในส่วนผสมให้มากที่สุด และให้เนื้อแป้งกลายเป็นกลูเตนน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้ส่วนผสมเหนียว และเนื้อแน่นหลังจากการอบ ดังนั้นวิธีการผสมจึงมีส่วนสัมพันธ์กับชนิดเค้กซึ่งมีส่วนผสมต่าง ๆ กัน เวลาที่ใช้ในการผสม ความเร็วของเครื่องผสม อุณหภูมิของส่วนผสม รวมทั้งลำดับการใส่ส่วนผสมแต่ละชนิดในการผสม สำหรับวิธีการผสมชิฟฟอนเค้ก (จิตธนาและอรอนงค์, 2546) จะแบ่งออกสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก ผสมไข่แดงที่แยกออกมาจากไข่ขาวแล้วกับส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งได้แก่ แป้ง น้ำตาลส่วนหนึ่ง ผงฟู เกลือ น้ำมันพืช และน้ำหรือน้ำผลไม้ ผสมให้เข้ากันเป็นส่วนผสมที่เรียบ ซึ่งควรกรองผ่านตะแกรงเพื่อมิให้ส่วนผสมเป็นก้อน ขั้นที่สอง ตีไข่ขาวที่แยกออกมากับน้ำตาลอีกส่วนหนึ่งจนเป็นฟองหนา แข็งตัวแต่ไม่แห้ง แล้วค่อย ๆ เทส่วนผสมอันแรกลงบนไข่ขาวที่ตีได้ คนตะล่อมเบา ๆ จนเข้ากันดี การผสมส่วนผสมแรกกับไข่ขาวเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ควรผสมเบา ๆ ด้วยมือ หรือถ้าจะใช้เครื่องผสม ก็ต้องใช้อัตราความเร็วต่ำสุดของเครื่อง เค้กประเภทนี้มีผงฟูและไข่ขาวช่วยให้ขึ้นฟู ไขมันที่ใช้กับเค้กชนิดนี้ ได้แก่ น้ำมันพืช ซึ่งต่างจากเค้กเนย และเนื่องจากชิฟฟอนเค้กเป็นเค้กที่ขึ้นฟูด้วยการตีไข่ โดยการตีไข่ให้เกิดเป็นฟองเพื่อเก็บอากาศ ความคงตัวของฟองไข่นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน ที่สำคัญคือคุณภาพของไข่ ความเข้มข้นของโปรตีน ความเป็นกรด อุณหภูมิ ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการตีไข่นั้นไข่ที่มีคุณภาพจะมี

ปริมาณของไข่ขาวที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อนำมาตีจะเกิดความคงตัวดีกว่าไข่ขาวที่มีลักษณะเหลว โปรตีนที่มีความเข้มข้นสูงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของฟองไข่ ไข่แดงหรือไข่ขาวที่เติมน้ำลงไปให้เจือจางลงจะมีความคงตัวของฟองน้อยกว่าไข่ที่ไม่ได้เติมน้ำ ไข่ขาวมีความเป็นเบสสูง เมื่อเติมกรดบางชนิดลงไปเช่น ครีมออฟทาร์ทาร์ หรือน้ำมะนาว จะทำให้ไข่ขาวนั้นมีความเป็นกรดใกล้กับจุดไอโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นจุดที่ไข่ขาวรวมตัวกันเป็นก้อน หรือตกตะกอนของโปรตีนในไข่ขาวนั้น ๆ เมื่อความเป็นกรดใกล้เคียงกันแล้ว ฟองที่เกิดขึ้นจะมีความคงตัวสูงที่สุด แต่หากเติมกรดมากเกินจุดนี้ก็จะทำให้โปรตีนเกิดการแตกตัว เป็นผลให้การเกิดฟองของไข่นั้นช้าลง และความคงตัวของฟองก็จะลดลงด้วย การตีไข่ขาวที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องจะขึ้นได้เร็วกว่าและมีปริมาตรสูงกว่าไข่ขาวที่แช่เย็นไว้ แต่หากไข่ขาวนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติ ความคงตัวของฟองนั้นจะลดลง น้ำตาลในไข่ที่ละลายอยู่ในไข่ขาวจะช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ฟองไข่ขาว แต่จะทำให้การเกิดฟองช้าลงกว่าปกติ เพราะน้ำตาลจะไปลดความเป็นของเหลวในไข่ลง ทำให้มีความคงตัวของฟองดีขึ้น เมื่อเพิ่มการตีไข่ให้แรงและมากขึ้น ฟองที่เกิดจะมีความละเอียดและมีเซลล์อากาศที่สม่ำเสมอ การตีไข่ในระยะเวลาสั้น ฟองไข่ที่เกิดขึ้นจะไม่มีความคงตัว แต่ถ้าเพิ่มเวลาตีให้ถึงจุดพอดีแล้ว ความคงตัวจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตีเกินจุดพอดี ก็จะทำให้ความคงตัวของฟองลดลงได้ ขั้นตอนต่าง ๆ ในการเกิดฟองมีหลายขั้นตอน เริ่มจากการตีไข่ขาวในขั้นตอนแรกจะเห็นเป็นฟองเกิดขึ้นที่ผิวของไข่ที่อยู่ส่วนบนของภาชนะ แต่ส่วนที่อยู่ตอนล่างของภาชนะยังคงเป็นของเหลวอยู่ และฟองที่เกิดขึ้นในระยะแรกนี้จะมีลักษณะหยาบ เป็นฟองใหญ่ ๆ และมีสีขุ่นไม่ขาว ฟองยังกระจัดกระจายและยังไม่มีความคงตัว เมื่อเติมกรด เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์และน้ำตาลส่วนหนึ่งลงไปในขั้นตอนนี้แล้วตีต่อไป ฟองจะเริ่มเกิดมากขึ้น มีลักษณะละเอียด และมีความคงตัวมากขึ้น ในช่วงนี้ควรค่อย ๆ เติมน้ำตาลส่วนที่เหลือลงไป ถ้าเติมลงไปหมดในช่วงแรกก่อนที่จะเกิดฟอง จะทำให้การเกิดฟองช้าลง และถ้าเติมลงไปหลังจากขั้นตอนนี้ น้ำตาลที่เติมลงไปจะละลายไม่หมด ทำให้ความคงตัวของฟองลดลงและฟองที่เกิดขึ้นก็จะมีเนื้อสัมผัสหยาบ ชิมดูจะรู้สึกสากลิ้น เนื่องจากเม็ดน้ำตาลยังไม่ละลาย เมื่อตีไข่ต่อไปจนเลยขั้นของการเกิดฟองแล้ว อากาศจะเข้าไปในฟองไข่ขาวมากขึ้น ทำให้ฟองหนาขึ้น และสีขาวสะอาด และมีขนาดเล็กละเอียดเป็นมันเงา เมื่อดึงเครื่องตีไข่ออก หรือเมื่อใช้พายยางตักขึ้นมา ปลายของฟองไข่ขาวจะโน้มเอียงลงเหนือผิวฟองนั้น ลักษณะฟองเช่นนี้เป็นลักษณะของฟองไข่ที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ผสมกับแป้งผสมของเค้กได้เป็นอย่างดี ในกรณีที่มีการแยกไข่แดงกับไข่ขาวที่ตีขึ้นฟองขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการตีไข่ขาวสำหรับการทำแองเจิลเค้ก สปันจ์เค้ก และชิฟฟอนเค้ก ในส่วนของการอบเค้ก ขนาดและความหนาของเค้กจะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิที่ใช้อบ เค้กชิฟฟอนม้วนหรือชนิดที่เป็นแผ่นจะอบที่อุณหภูมิ 375°F เค้กที่ใส่พิมพ์ใหญ่ และเค้กที่ทำเป็นชั้นจะอบที่อุณหภูมิ 350-360°F สำหรับชิฟฟอนเค้กที่อบในพิมพ์ลึกและ

ขนาดใหญ่จะอบที่อุณหภูมิ 340- 350°F ชิฟฟอนเค้กนี้จะขึ้นฟูอย่างรวดเร็วและมีปริมาตรสูง เนื่องจากการขยายตัวของเซลล์อากาศที่เกิดขึ้นจากการตีไข่ขาว จากการขยายตัวตามธรรมชาติของไข่ที่มีอยู่ในส่วนผสมเมื่อได้รับความร้อนจากเตาอบ และจากปฏิกิริยาของผงฟูที่ใส่ในส่วนผสม จะต้องอบเค้กให้สุกอย่างทั่วถึง เพื่อให้แน่ใจว่าโปรตีนในไข่ และกลูเตนที่มีอยู่ในแป้งแข็งตัวจนกลายเป็นโครงร่างของเค้ก ชิฟฟอนเค้กจะมีลักษณะแน่นตัวเมื่ออบสุกดีแล้ว ถ้าแตะดูแล้วเค้กยังนุ่มอยู่และดันรอยนิ้วกลับเบา ๆ เมื่อสัมผัส แสดงว่า ยังอบไม่สุกพอ เมื่อนำออกมาคว่ำเค้กจะหดตัวและหลุดออกมาจากพิมพ์ได้

ขั้นตอนการผสมชิฟฟอนเค้ก (ทิพาวรรณ, 2533) เริ่มจากการร่อนแป้งแล้วตวงตามส่วน จากนั้นผสมผงฟูและน้ำตาลรวมกัน พักไว้ ทำการแยกไข่แดงไข่ขาว จากนั้นนำส่วนผสมของน้ำมันพืช น้ำหรือนมคนผสมรวมกันแล้วใส่แป้งลงผสมในส่วนผสมของไข่แดง คนส่วนผสมของแป้งให้เข้ากันจนส่วนผสมเนียน โดยการผสมให้ใช้ไม้ตีไข่ตะล่อมให้ส่วนผสมเข้ากัน พักไว้ จากนั้นตีไข่ขาวกับครีมออฟทาร์ทาร์ให้ขึ้นฟูสักครู่ ใส่น้ำตาลทราย แล้วตีต่อจนไข่ขาวขึ้นฟูและตั้งยอด เทส่วนผสมของไข่แดงที่เตรียมไว้ลงผสมในไข่ขาว ผสมส่วนผสมเข้ากัน แล้วเทใส่พิมพ์โดยไม่ต้องทาไขมัน อบจนสุกเหลือง ขั้นตอนการอบเค้กเป็นสิ่งสำคัญในการทำเค้ก เพราะการใช้อุณหภูมิในการอบเค้กชนิดต่าง ๆ นั้นย่อมแตกต่างกันออกไป แต่แน่นอนว่าจะต้องเปิดอุณหภูมิของเตาอบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการอบเค้กชนิดนั้นๆ ก่อนเริ่มลงมือทำ อุณหภูมิการอบนั้น หากเป็นเค้กแถวแบบขนมปัง ควรอบที่ 370- 380 °F 30-45 นาที การอบเค้กควรต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ถ้าอบเค้กนานเกินไป เนื้อเค้กจะแห้งและเปลือกนอกจะหนา และถ้าอุณหภูมิในเตาอบต่ำมากจะทำให้เนื้อเค้กภายในสีอ่อนไม่สวย ความแห้งของเค้กที่เกิดขึ้นจากการอบนานเกินไป เพราะความชื้นในตัวเค้กระเหยมากไปกว่าปกติ การอบเค้กเร็วเกินไป ถ้าอุณหภูมิของเตาอบสูงมาก จะทำให้เปลือกนอกของเค้กหนาและแข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เปลือกนอกของเค้กจะมีสีน้ำตาลไหม้ก่อนที่เนื้อเค้กภายในจะสุก ทำให้ไม่น่ารับประทานและปริมาตรของเค้กมีขนาดเล็กลงด้วย หลังจากอบเค้กแล้ว ในการตัดเค้ก ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงคือ ขนาดและจำนวนชิ้นที่ต้องการจะตัด ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นของเค้ก มีดที่ใช้สำหรับตัดเค้กควรมีลักษณะใบมีดบางคม ปลายตรง เพื่อให้ได้เค้กที่ตัดออกมาเรียบเนียนไม่มีเศษเค้กติด

ชิฟฟอนเค้กที่ได้ควรมีเนื้อละเอียด เบา นุ่ม ไม่มีรอยแป้งดิบในเนื้อเค้ก เนื้อเค้กไม่เป็นโพรง มีปริมาตรของเค้กที่ดี มีกลิ่นรสตามวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเค้กนั้น ๆ และไม่มีกลิ่นแปลกปลอม (ทิพาวรรณ, 2533)

4.3 การเสื่อมเสียคุณภาพและอายุการเก็บเค้ก

การป้องกันการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หมายถึง การทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพทุกรูปแบบให้ช้าลง รวมทั้งการเสื่อมคุณภาพทางเนื้อสัมผัส โดยมีวิธีการป้องกันการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบมีหลากหลายวิธี คือ การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ(แช่เย็นหรือแช่แข็ง), การใช้รังสี, การทำแห้ง, การบรรจุในภาชนะบรรจุที่เป็นสุญญากาศ, การใช้สารเคมี และมีการใช้หลาย ๆ วิธีร่วมกัน

ผลิตภัณฑ์เค้กที่สามารถเก็บไว้ได้นานขึ้นอยู่กับสูตร, ภาชนะบรรจุ, ค่า a_w และอุณหภูมิในการเก็บ เค้กที่มีคุณภาพดีประกอบด้วยหลาย ๆ คุณลักษณะ ได้แก่ มีปริมาตรสูง และนุ่ม เนื่องจากสูตรที่สมดุล โดยทั่วไปเค้กจะมีปริมาตรจำเพาะต่ำ และเนื้อแน่น รวมทั้งส่วนผสม เช่น น้ำตาล และไขมันมีผลต่อความนุ่มของเค้ก ส่วนไข่ไก่มีผลต่อความแน่นเนื้อ การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบสามารถแยกได้ 3 ประเภท คือ (งามทิพย์, 2538)

4.3.1 สเตลิง (Staling) สเตลิงเกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียคุณภาพ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี ทำให้เปลือกขนมเหนียวไม่กรอบ ส่วนเนื้อร่วนและสีขาวขุ่น โดยไม่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำ กลิ่นเริ่มผิดปกติ อะมิโลสจะแยกตัวจากเม็ดสตาร์ชและเกิดเป็นตะกอนขาวขุ่น และกลูเตนสูญเสียน้ำ การเสื่อมเสียนี้เริ่มเกิดตั้งแต่ขนมปังออกจากเตาอบและเสื่อมคุณภาพจนกระทั่งไม่เหมาะที่จะบริโภคภายใน 2 -5 วัน การใช้ MAP สามารถช่วยชะลอการเสื่อมเสียนี้ได้บ้าง การสเตลิงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงหลังการอบ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากบริเวณเนื้อไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่างโพลิเมอร์ของแป้ง, ไขมัน และโปรตีน ขัดขวางการรวมตัวของ amylose กับ amylopectin ดังนั้นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญต่อการเกิดการสเตลิง เช่น คุ้กกี้และบิสกิต มีปริมาณไขมันมากกว่าขนมปัง ดังนั้นจึงเกิดการสเตลิงได้น้อยกว่า ซึ่งการเกิดสเตลิงจะ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส เช่น กลิ่นรส และความรู้สึกภายในปาก และลักษณะปรากฏ คือผลิตภัณฑ์จะแข็งและแตกง่าย ดังนั้นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่หลังจากการอบแล้วมีความชื้นสูง เช่น เค้ก ขนมปังจะเกิดการสเตลิงได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วมีความชื้นต่ำ เช่นผลิตภัณฑ์คุ้กกี้และแครกเกอร์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการเกิดการสเตลิง ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิระหว่าง 20– 50^{o}C จะเกิดการสเตลิงได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C (Smith, 1993)

4.3.2 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความชื้น ผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยทั่วไปมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลประมาณร้อยละ 78 ถึง 97 (หรือ a_w 0.78 – 0.97) เมื่อเก็บไว้ในอากาศจะมีแนวโน้มสูญเสียน้ำทำให้เนื้อสัมผัสร่วนและแห้ง ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีส่วนแป้งและส่วนครีมหรือไส้ซึ่งมีความชื้นแตกต่างกัน เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างกันทำให้เนื้อสัมผัสผิดปกติ นอกจากนี้การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบในภาชนะปิด อาจเกิดหยดน้ำภายในภาชนะเป็นสาเหตุให้ผิวผลิตภัณฑ์เปียกชื้นมากขึ้น เชื้อราเจริญเติบโตได้ง่ายขึ้น ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยการเลือกวัสดุบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเหมาะสม (งามทิพย์, 2538) a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออายุการเก็บของอาหาร ถ้าอาหารมี a_w มากกว่า 0.90 อาหารจะเสื่อมเสียโดย ยีสต์และรา อย่างไรก็ตามถ้า a_wต่ำกว่า 0.90 อาจจะเกิดปัญหาจากยีสต์และราได้ เนื่องจากการหมักสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง

4.3.3 จุลินทรีย์ จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุดคือ เชื้อรา บางกรณีอาจจะพบแบคทีเรียและยีสต์บ้างซึ่งมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไม่สะอาดหรือสุขอนามัยคนงานไม่ดี แบคทีเรียที่พบมากเช่น *Serratia marcescens, Leuconostoc mesenteroides*, *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus mesentericus* ส่วนแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษตรวจพบน้อยมาก ถ้าพบส่วนใหญ่จะเป็นเค้กไส้ครีมต่าง ๆ เช่น *Stapphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Samonella* เป็นต้น ยีสต์ที่ตรวจพบมักเป็นสายพันธุ์ที่ทนแรงดันออสโมติกได้เช่น *Saccharomyces bailii var. osmophilus* จะให้แอลกฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียคุณภาพ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมอบจึงมักกำหนดจากระยะเวลาที่สังเกตไม่พบเชื้อราบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งนิยมเรียกว่า Mould Free Shelf Life ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

5. การวัดลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสโดยวิธีการวัดค่าเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (ธงชัย, 2549)

เนื่องจากคุณภาพทางเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยคุณภาพหนึ่งที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคด้านการยอมรับหรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการประเมินคุณภาพเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมเพื่อจะได้ใช้เป็นเกณฑ์ในการควบคุมคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ คือ การวัดลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสโดยวิธีการวัดค่าเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ซึ่งวิธีการวัดค่าแบบนี้จะออกแบบเครื่องมือและวิธีการทดสอบให้มีการทำงานคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ หรือให้ค่าการวัดที่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายคลึงกับค่าที่ประเมินได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรียกวิธีการวัดค่าแบบนี้ว่า Imitative test หรือเรียกอีกอย่างว่า การ

วิเคราะห์หาโพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis) เรียกย่อ ๆ ว่า TPA เป็นวิธีการที่ออกแบบขึ้นมาโดยบริษัท General food ในปี ค.ศ. 1963 โดยกลุ่มนักวิจัยของ Szczensniak วิธีการวัดของเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสจะกดตัวอย่างที่มีขนาดความสูงประมาณ 0.5 นิ้ว ลงไปประมาณ 75% ของความสูงเริ่มต้น ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ของหัวกด 108 cm/s หรือตามที่ผู้วิจัยจะออกแบบสภาวะการทดลองและตั้งอัตราการเคลื่อนที่ลงของหัวกดไว้ หลังจากที่หัวกดเคลื่อนที่ลง(downstoke) จนได้ระยะทางที่กำหนดไว้แล้ว(upstoke) ด้วยอัตราเดียวกันจนกระทั่งหัวกดกลับมา ณ ตำแหน่งเริ่มต้น และจะเคลื่อนที่ลงการกดซ้ำตัวอย่างลงไปอีก 1 ครั้ง จนถึงตำแหน่งเดิมที่ได้กดไปครั้งที่ 1 และหัวกดจะเคลื่อนตัวขึ้นกลับมาตำแหน่งเริ่มต้นใหม่อีกครั้งเป็นการสิ้นสุดการวัดค่า ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นกราฟที่เรียกว่า การวิเคราะห์หาโพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส(TPA) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้นที่เกิดขึ้นกับเวลาทั้งหมดในการวัดค่า โดยที่การกดลงและขึ้นในรอบแรกเทียบได้กับการเคี้ยวตัวอย่างครั้งแรก(first bite หรือ first stoke) เปรียบเหมือนการบดเคี้ยวอาหารครั้งแรกสุดที่อาหารเข้าสู่ปาก ในรอบที่ 2 เทียบได้กับการเคี้ยวในครั้งที่สอง(second bite หรือ second stoke) เปรียบเหมือนการบดเคี้ยวอาหารครั้งที่สอง จากกราฟ TPA ค่าแรก เวลา และพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จะนำมาใช้ในการกำหนดค่าใช้อธิบายคุณลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ ความแข็ง(hardness) การรวมตัวกันภายในของอาหาร(cohesiveness) การเกาะติดผิว(adhesiveness) ความเปราะบาง(brittleness or fracturability) การเคี้ยว(chewiness) ความเหนียวเหมือนแป้งเปียก(gumminess) ซึ่งค่าคุณลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาสามารถอ่านค่าหรือคำนวณได้จากจุดต่าง ๆ ในกราฟ TPA (ภาพที่ 7) ดังนี้

5.1 ความแข็ง(hardness) หมายถึง ค่าแรงสูงสุดที่อ่านได้จากกราฟ TPA ที่เกิดขึ้นในการกดตัวอย่างลงครั้งที่ 1 (first stoke) ค่า hardness ที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน

5.2 การแตกเปราะหรือแตกหัก(fracturability or brittleness) คือค่าแรงที่เกิดขึ้นจากการกดครั้งที่ 1 (first stoke) ณ จุดที่ตัวอย่างอาหารนั้นเกิดการแตกหักภายในโครงสร้างอาหารที่ซึ่งจะสังเกตได้จากกราฟ TPA มียอดแหลมแรก (first peak) เกิดขึ้นก่อนที่จะเกิดค่าแรงสูงสุดในยอดแหลมถัดไป ความแตกเปราะหรือแตกหักจะมีเฉพาะในตัวอย่างอาหารบางชนิด เช่น ตัวอย่างอาหารที่มีความกรอบแข็ง ได้แก่ ขนมขบเคี้ยว ลูกกวาดหรือลูกอมบางชนิด เป็นต้น ค่าการแตกหักที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน

5.3 การรวมตัวกันภายในของอาหาร(cohesiveness) คือลักษณะการเกาะตัวรวมตัวกันเหนียวแน่นมากน้อยแค่ไหนหลังจากการที่ตัวอย่างถูกกดซ้ำ 2 ครั้ง ค่านี้หาได้จากอัตราส่วนของการ

นำเอาพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่ 2 หารด้วยพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่ 1 (A 2 / A 1) หาก ค่าอัตราส่วนที่หาได้มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าตัวอย่างอาหารนั้นรวมตัวเกาะตัวกันภายในดี การบดเคี้ยว ตัวอย่างต้องใช้พลังงานมากในการทำลายตัวอย่างให้แตกหักแยกออกจากกัน ค่า cohesiveness ที่ คำนวณได้ไม่มีหน่วยเนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนเปรียบเทียบ

5.4 การกลับคืนสู่ขนาดและรูปร่างเดิม(springiness) คือความสามารถของตัวอย่างเมื่อ ได้รับแรงมากระทำแล้วหลังจากถอนแรงออกไปจากตัวอย่างสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมของ ตัวอย่างได้มากน้อยเพียงไร ค่า springiness นี้สามารถหาได้ 2 วิธี

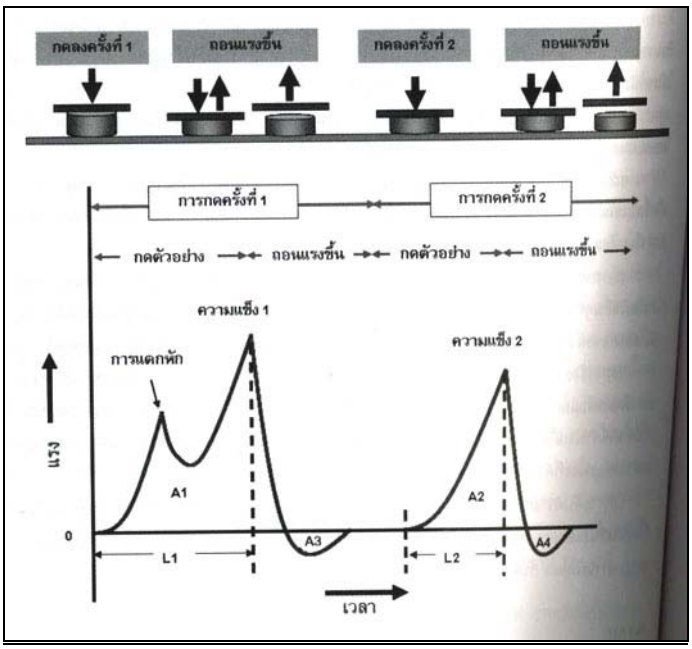
5.4.1 คำนวณจากระยะทางเป็นมิลลิเมตรmm) ตามแนวแกนเวลาของกราฟ TPA ที่ เกิดขึ้นในขณะกดครั้งที่ 2 ระยะทาง (L2) เรียกค่านี้ว่า Springiness

5.4.2 คำนวณมาจากอัตราส่วนของระยะทางที่เกิดขึ้นตามแนวแกนเวลาของกราฟ TPA ที่เกิดขึ้นในขณะกดครั้งที่ 2 (L2) หารด้วยตามแนวแกนเวลาของกราฟ TPA ที่เกิดขึ้นในขณะ กดครั้งที่ 1 (L1) เรียกสัดส่วน L2 / L1 ว่าค่า springiness index

5.5 การเกาะติดผิว(adhesiveness) คือลักษณะของตัวอย่างที่มีความเหนอะเป็นกาวสามารถ เกาะติดผิวอื่น ๆ ที่ตัวอย่างไปสัมผัสได้ เช่น หัวกด ค่านี้หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟที่เกิดขึ้นหลังจาก ถอนแรงกดออกจากตัวอย่างออกไปแล้ว (A3) ค่า adhesiveness ที่หาได้มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร หรือ จูล

5.6 พลังงานในการเคี้ยว(chewiness) คือคุณลักษณะต้านทานการบดเคี้ยวเพื่อให้ตัวอย่างมี ขนาดเล็กลงหรือแยกออกเป็นชิ้นเล็กลง ตัวอย่างที่มีลักษณะนี้จะเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะเป็น ของแข็งเท่านั้น ค่านี้คำนวณได้จากผลคูณของค่า 3 ค่า คือ ค่า hardness ค่าcohesiveness และค่า springiness โดยค่า chewiness ที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร หรือ จูล

5.7 ระดับความเป็นกาวยางหรือแป้งเปียก(gumminess) คือคุณลักษณะกาวยางหรือแป้ง เปียกที่เกิดขึ้นในตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นกึ่งของแข็งขณะบดเคี้ยวว่ามากน้อยเพียงไร ค่านี้หาได้จาก ผลคูณของ ค่า hardness กับค่า cohesiveness และมีหน่วยเป็นนิวตัน



ภาพที่ 4 ลักษณะกราฟของการวิเคราะห์หาโพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA)

ที่มา: ธงชัย (2549)

6. สารให้ความหวาน

สารทดแทนน้ำตาลที่ใช้แทนที่น้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติให้ความหวานในระดับสูง ทนความร้อนได้ดี ไม่สลายตัว ไม่มีสี กลิ่นและรสอื่น ๆ แทรก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่สลายตัวกลายเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) แต่สารทดแทนความหวานบางชนิดดูดความชื้นได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น (ทวีชัย, 2538)

สารให้ความหวานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutritive sweeteners) เช่น กลูโคส ฟรุกโทส น้ำตาลอินเวอร์ กลุ่มของน้ำตาลแอลกอฮอล์ (ได้แก่ ซอร์บิทอล, แมนนิทอล, ไซลิทอล มอลติทอลและแลคติทอล) 2) สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nonnutritive sweeteners) เช่นแซคคาริน ไซคลาเมต แอสพาร์เทม เอสซัลเฟต-เค ซูคราโลส และนีโอเทม เป็นต้น โดยสารให้ความหวานทั้งสองประเภทสามารถ

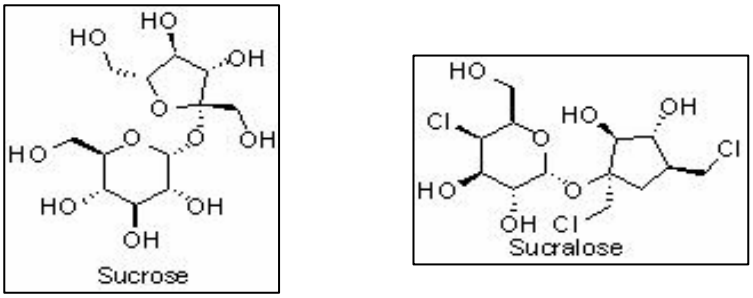
ให้ความหวานได้ แต่ต่างกันที่เฉพาะประเภทแรกเท่านั้นที่ให้แคลอรี่ มีคุณสมบัติโดดเด่นหลายอย่าง เช่น ไม่มีรสชาติผิดปกติหรือขมหลังรับประทาน สามารถละลายได้ดีในน้ำและแอลกอฮอล์ และมีความคงตัวสูงในช่วง pH ตั้งแต่ 1.5- 10 และอุณหภูมิตั้งแต่ -18 ถึง 210 องศาเซลเซียส โดยสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน มีดังนี้

6.1 Acesulfame – K (กล้าณรงค์, 2542ข)

Acesulfame – K เป็นเกลือโปแตสเซียมสังเคราะห์ (Synthetic Potassium Salt) ที่เป็นผลึกสีขาวมีโครงสร้างคล้ายกับ Saccharin มีชื่อทางการค้า คือ ซูเนตต์ (Sunett) เป็นสารให้ความหวานที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 และได้รับการยอมรับถึงความปลอดภัยในการบริโภคจากองค์การอนามัยโลก Acesulfame- K เป็นสารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบและมีโพแทสเซียมในปริมาณเล็กน้อย ไม่ให้พลังงาน ไม่มีโซเดียม ไม่มีผลต่อระดับอินซูลินหรือน้ำตาลในเลือด ถูกขับออกจากร่างกายสภาพเดิม นอกจากนี้ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาฟันผุเหมือนน้ำตาล มีความหวาน (Sweetness) มากกว่าสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้น 3% ประมาณ 200 เท่า แม้ว่าความหวานจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่จะมี Aftertaste เล็กน้อย และมีความหวานที่มีคุณภาพดีกว่า Na –Saccharin เมื่อ Acesulfame- K มีความเข้มข้นปานกลาง ส่วนที่ความเข้มข้นสูงๆ สามารถตรวจสอบรสสังเคราะห์ทางเคมี, รสขม และมีการเหลือค้างอยู่นาน (Lingering) ปริมาณการบริโภค Acesulfame- K ที่ปลอดภัยคือ ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดังนั้นหากผู้บริโภคมีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม ก็สามารถบริโภค Acesulfame- K ได้วันละ 900 มิลลิกรัม (0.9 กรัม) ซึ่งเทียบกับการบริโภคน้ำตาลวันละ 200 กรัม เมื่อ Acesulfame- K ผสมกับ Aspartame หรือ Na-Cyclamate จะมีผลกระทบของ synergistic ต่อรสหวาน แต่ถ้าเป็นผลอย่างอ่อนสามารถสังเกตได้ด้วย saccharin ไม่มีจุดหลอมเหวที่แน่นอน ไม่มีการเผาผลาญในร่างกาย จึงไม่ให้พลังงาน แล้วยังถูกขับออกโดยไม่เปลี่ยนแปลง และไม่สะสมในร่างกาย มีความคงตัว(Stability) ดี เมื่อเป็นผลึกจะเก็บได้นาน 10 ปี ที่อุณหภูมิห้อง และถ้าเก็บที่ pH 3 หรือสูงกว่านั้นก็ไม่มีการเสียสภาพเสถียร ถ้า pH ลดลงเสถียรภาพก็จะลดลงด้วย โดยที่ pH 2.5 สารประกอบประมาณ 2-3 % จะสลายตัวภายใน 6 เดือน Acesulfame- K เมื่อได้รับความร้อนจะเสถียรมากกว่าน้ำตาลซูโครส จึงไม่สลายภายใต้สภาวะที่ต้องการทำการ Pasteurize หรือเมื่อมีการกรอง ในสหราชอาณาจักร, ไอร์แลนด์ , เยอรมันนี, เบลเยียม มีการใช้ Acesulfame K ซึ่งทาง The Joint Expert Committee on Food Additives of WHO/FAO กำหนดให้มี ADI อยู่ในช่วง 0-9 ม.ก./ก.ก. ของน้ำหนักตัว เนื่องจาก Acesulfame- K

ค่อนข้างทนความร้อนจึงสามารถใช้ในการหุงต้มหรือปรุงอาหารร้อนได้ ซึ่งแตกต่างจากแอสพาร์เทมที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ ดังนั้นจึงมีการใช้ Acesulfame- K ในอาหารต่าง ๆ เช่น เครื่องดื่ม ของหวาน ขนม หมากฝรั่ง โยเกิร์ต ขนมอบ Tabletop Sweeteners ใช้ในเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

6.2 Sucralose (เบญจวรรณ, 2548)



ภาพที่ 5 โครงสร้างของน้ำตาลซูโครสและซูคราโลส

ที่มา: Anonymous (2007b)

ซูคราโลส (sucralose) เป็นสารให้ความหวานชนิดหนึ่ง ผ่านการยอมรับจากหลายประเทศมาตั้งแต่ช่วงต้นปีพ.ศ. 2533 เช่น ประเทศแคนาดาในปีพ.ศ. 2534, ประเทศออสเตรเลียและรัสเซียในปีพ.ศ. 2536, ประเทศเม็กซิโก โรมาเนีย กาตาร์ ในปีพ.ศ. 2534 สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกานั้น ในปีพ.ศ. 2541 ทางองค์การอาหารและยาได้ยอมรับเป็นสารให้ความหวานใช้ได้เฉพาะเครื่องดื่ม ขนมหวาน ลูกอม ในปีพ.ศ. 2542 ได้รับยอมรับให้ใช้เป็นสารให้ความหวานทั่วไป ปัจจุบันซูคราโลสถูกนำไปใช้ในอาหารมากกว่า 4,000 ชนิดทั่วโลก ทั้งในรูปแบบของเครื่องดื่ม อาหารสุขภาพและอาหารประเภทต่าง ๆ ภายใต้ชื่อทางการค้าว่า SPLENDA® ซูคราโลสถูกค้นพบครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษในปีพ. ศ. 2519 ด้วยความบังเอิญของนักศึกษาต่างชาติที่ชื่อว่า Shashikant Phadnis ทำงานที่ห้องทดลองของศาสตราจารย์ Leslie Hough ที่ควีนอลิซาเบทคอลเลจ มหาวิทยาลัยลอนดอน ประเทศอังกฤษ เนื่องจากความเข้าใจผิดคำพ้องรูปกัน เมื่อถูกสั่งให้คำ Testing แต่กลับไปทำ Tasting แทน จึงพบว่าสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นมานี้มีรสหวาน ซึ่งต่อมาได้ถูกพัฒนาร่วมกับบริษัท McNeil Specialty Products ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มของบริษัท Johnson &

Johnson และบริษัท Tate & Lyle, PLC ที่เป็นผู้นำทางด้านแป้งและสารให้ความหวาน โครงสร้างของซูคราโลสเป็นไดแซคคาไรด์ซึ่งเกิดจากกระบวนการแทนที่หมู่ไฮดรอกซีในโมเลกุลด้วยคลอรีนอะตอมจำนวน 3 หมู่ โดยคลอรีนจะเข้าไปแทนที่หมู่ -OH ของคาร์บอนอะตอมที่ 4 ของกลูโคส และที่ 1' และ 6' ของกาแลคโทส ทำให้โครงสร้างมีความคงตัว ซูคราโลสมีชื่อทางเคมีว่า 1,6 –dichloro-1,6-dideoxy-ß-D-fructofuranosyl-4-chloro-4-deoxy-∝-D-galactopyranoside เป็นผงสีขาว หวาน 600 เท่าของน้ำตาลทราย คงตัวดี รวมกับผลิตภัณฑ์ทางอาหารได้ง่าย มีรายงานการวิจัยว่ามีความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารได้ในหลายประเภท เช่น เครื่องดื่มโคลา ซอสมะเขือเทศ ถั่วบรรจุกระป๋อง สปอนจ์เค้ก เป็นต้น ร่างกายของคนเราไม่ดูดซึมซูคราโลส หรือดูดซึมได้น้อยมาก โดยไม่มีการแตกตัว มีความปลอดภัย จึงนิยมใช้ได้ในหลายผลิตภัณฑ์รวมถึงขนมอบ ซูคราโลสมีคุณสมบัติ คือ ละลายน้ำ(solubility) ได้ 283 กรัม/ลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลว(melting point) ที่ 125.5 องศาเซลเซียส ปริมาณการบริโภคที่ปลอดภัย 15 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีความคงตัว(stability) ดี และจะรวมตัวกับผลิตภัณฑ์ทางอาหารได้ง่าย กลิ่นรส (flavor) มีคุณภาพสูงในด้าน temporal ที่ดี ด้านการเผาผลาญ (metabolism) ร่างกายของคนเราและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะไม่ดูดซึมซูคราโลส หรือดูดซึมได้น้อยมากโดยไม่มีการแตกตัว แต่จะขับซูคราโลสออกมาโดยเร็ว แม้ซูคราโลสจะสังเคราะห์จากคาร์โบไฮเดรต แต่ไม่ถูกย่อยสลายในร่างกาย จึงไม่ให้แคลอรี่ นอกจากนี้แบคทีเรียที่มีอยู่ในปาก Streptococcus Mutants ก็ไม่สามารถใช้ซูคราโลสเป็นอาหารสำหรับการเจริญเติบโตได้ จึงไม่เกิดฟันผุ

สถานภาพทางกฎหมาย จากการประเมินความปลอดภัยโดยรวม (comprehensive safety evaluation program) เพื่อจะปฏิบัติตามข้อกำหนดของคณะกรรมการแห่งชาติ และระหว่างประเทศ พบว่า ซูคราโลสไม่เป็นพิษ, non-teratogenic, non-mutagenic และไม่ใช่สารก่อมะเร็งด้วย จากหลักฐานต่างๆในหลายประเทศซึ่งรวมถึงสหราชอาณาจักร แคนาดาและสหรัฐอเมริกา ได้มีการยอมรับซูคราโลสให้เป็นสารปรุงแต่งอาหารได้ จึงปลอดภัยสำหรับทุกเพศทุกวัย หรือผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน เป็นต้น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้พลังงานต่ำ เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม หมากฝรั่ง ขนมอบ fruit spread และ fruit syrups ความคงตัวและการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความคงตัวของซูคราโลสในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ขั้นตอน	pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา
เครื่องดื่มโคลา	เก็บรักษา	3.0	30	1 ปี
ซอสมะเขือเทศ	พาสเจอร์ไรเซชั่น	3.8	93	51 นาที
ถั่วบรรจุกระป๋อง	สเตอริไลเซชั่น	5.6	121	80 นาที
ผลิตภัณฑ์นม	ยูเอชที	6.7	140	15 วินาที
สปอนจ์เค้ก	การอบ		180	25 นาที
บิสกิต	การอบ		210	8 นาที
แครกเกอร์	การอบ		230	4 นาที

ที่มา: เบญจวรรณ (2548)

6.3 Aspartame (Riaz, 1993)

แอสพาร์เทม(aspartame) ถูกค้นพบโดยบังเอิญจากการสังเคราะห์สารที่ใช้ในการรักษาโรคแผลในกระเพาะอาหาร ในปี 1965 มีชื่อทางการค้าว่า Nutra sweet เป็นสารประกอบไดเปปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน 2 ตัวคือ L-aspartic acid กับ L-phenylalanine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนประเภทจำเป็นต่อร่างกายที่เกิดเป็น methyl ester ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผงผลึกสีขาวและไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 180- 200 เท่าของซูโครส โดยตัวมันเองเป็นโปรตีน เมื่อเผาผลาญจะให้พลังงาน 4 kcal/g แต่เนื่องจากการใช้ในปริมาณน้อยมากจึงถือว่าไม่ให้พลังงานเลย การให้ความร้อนเพิ่มขึ้นหรือนานขึ้นทำให้เกิดการสลายตัว ไม่ทำให้ฟันผุ ในขบวนการเผาผลาญจะให้ phenylalanine, aspartic acid, และ methanol ออกมา เนื่องจาก phenylalanine เป็นผลพลอยได้ที่บางส่วนนำไปเผาผลาญไม่ได้ เมื่อเกิด phenylalanine จะเกี่ยวข้องกับสาร phenylketonurea (PKU) ฉะนั้นต้องมีการติดฉลาก(labeling) ที่เหมาะสม ในปีค.ศ. 1983 ได้รับการยินยอมให้ใช้ในน้ำอัดลมโดย USFDA กำหนดให้ปริมาณ ADI(Acceptable Daily Intake) ของแอสพาร์เทมเป็น 50 มก./กก. ของน้ำหนักตัว แต่ไม่ใช่ค่าสูงสุด โดยอาจเปลี่ยนไปตามชนิดอาหาร โดยทั่วไปจึงกำหนดไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด สำหรับทุกชนิดอาหารคือไม่เกิน 34 มก./กก. น้ำหนักตัว ซึ่งเป็นปริมาณต่ำสุดที่คาดว่าจะเป็นพิษต่อร่างกาย นำไปใช้เป็น tabletop sweetener โดยผสมกับ bulking agent หรือ anti-caking นำไปใช้ในเครื่องดื่ม และยังสามารถใช้ในซีเรียล, หมากฝรั่ง, พุดดิ้ง, ไส้ขนม, กาแฟและชาสำเร็จรูป เป็นต้น

6.4 Neotame (Calorie Control Council Organization, 2006)

นีโอเทม(Neotame) เป็นสารให้ความหวานไม่ให้พลังงาน เป็นอนุพันธ์ของไดเปปไทด์ ประกอบด้วยกรดอะมิโน aspartic acid และ phenylalanine มีความหวานประมาณ 7,000- 13,000 เท่าของน้ำตาลทราย ให้รสชาติหวานที่ใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย ถูกย่อยสลายและขับออกจากร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็วตามกระบวนการธรรมชาติ มีรสชาติหวานสะอาด ประยุกต์ได้ทั้งในอาหารและเครื่องดื่ม, หมากฝรั่ง, สารให้ความหวานบนโต๊ะอาหาร, พุดดิ้งและไส้ขนม, ผลิตภัณฑ์ประเภทโยเกิร์ต, ขนมอบ และลูกกวาด ใช้ได้ทั้งกระบวนการปรุงอาหารและการอบ ในปี 2002 USFDA รับรองให้เป็นสารให้ความหวาน ใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ทั่วไป และยังได้รับการรับรองในออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

6.5 Saccharin (กล้าณรงค์, 2542ข)

ค้นพบในปีค.ศ. 1879 saccharin จะอยู่ในรูปกรดและเกลือ เมื่ออยู่ในกรดไม่นิยมใช้ในอาหารเพราะละลายได้น้อย การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของ saccharin ทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไป เมื่อ saccharin ผสมกับ cyclamate จะให้ aftertaste ที่แย่มาก มีรสขมและกระด้าง ตรวจสอบได้จาก saccharin และ cyclamate ที่มีความเข้มข้นสูง ๆ เท่านั้น ละลายได้ทั้งในน้ำ แอลกอฮอล์ และกลีเซอรอล ไม่ถูกเผาผลาญจึงไม่ให้พลังงาน ด้านความปลอดภัย ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารจนปีค.ศ. 1979 ถูกถอนรายชื่อเนื่องจากพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งอย่างอ่อน ต่อมาก็ได้มีการวิจัยเพิ่มเติมและระบุว่า saccharin มีความปลอดภัยในการใช้ ให้ใช้ในอาหารพลังงานต่ำและเครื่องดื่ม

7. Bulking Agent

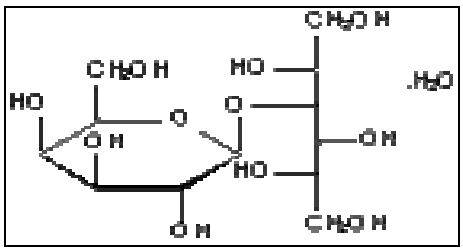
Raiz (1993) กล่าวว่า ในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพนั้น วิธีการหนึ่งที่จะได้อาหารเพื่อสุขภาพก็คือ การดึงส่วนประกอบบางอย่างออก แต่อาหารส่วนมากเมื่อดึงวัตถุดิบบางตัวออกไปได้จะรับรู้ได้ถึงการสูญเสียลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปาก(mouthfeel) ทั้งคาร์โบไฮเดรตและไขมันให้ปริมาตรและความรู้สึกในปากที่เป็นที่พึงพอใจกับอาหารหลายชนิด ส่วนผสมที่ทำหน้าที่ในการให้ปริมาตรแทนคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันปกตินั้น เรียกว่าสารทดแทนของแข็ง (Bulking agent)

สารทดแทนของแข็งช่วยในการสร้างสูตรอาหารประเภทลดพลังงานที่ทำการลดคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันลงไป สารทดแทนของแข็งในอุดมคติคือ ไม่ให้พลังงานเลย ละลายน้ำได้ดี ไม่มีรสชาติในตัวมันเอง เข้ากันได้ดีกับวัตถุดิบได้หลากหลายชนิด pH ใกล้ความเป็นกลาง ไม่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตเดิม และไม่ขัดกับหลักความปลอดภัยแม้แต่ข้อเดียว ในการเลือกใช้ต้องพิจารณาถึงเรื่องการกระจายพลังงาน อย่างไรก็ตามยังต้องมองถึงเรื่องความหวานและการละลายซึ่งโดยทั่วไปหมายถึงการละลายในน้ำ การดูดและการคายน้ำ การเก็บอากาศได้สำหรับในบางผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการกระจายความหนืด ความสามารถในการลดอุณหภูมิได้ถึงจุดเยือกแข็งในกรณีของอาหารแช่แข็ง และสามารถควบคุมการก่อร่างผลึกในผลิตภัณฑ์ confectionary อย่างไรก็ตาม ยังไม่ตัวเลือกใดที่จะเข้าเกณฑ์ทั้งหมดนี้ได้ สารเพิ่มมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งทำให้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ ส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีการผสมกัน สารทดแทนของแข็งมีทั้งสารที่แทนคาร์โบไฮเดรตและสารที่แทนไขมัน และมีบางชนิดที่แทนได้ทั้งคาร์โบไฮเดรตและไขมัน

สารทดแทนของแข็งประเภทคาร์ไฮเดรตสามารถทำหน้าที่ที่ไม่เกี่ยวข้องความหวานของซูโครสแทนได้ และสารทดแทนของแข็งยังจำแนกได้เป็น 3 ประเภทกว้าง ๆ คือ 1) polyols 2) carbohydrate polymer และ 3) fiber และ กัม (gum) หลายครั้งการใช้สารทดแทนของแข็งหลายตัวผสมกันก็เพื่อให้ได้คุณสมบัติใกล้เคียงผลิตภัณฑ์ที่มีความหวานจากน้ำตาลซูโครสดั้งเดิมมากที่สุด

7.1 Polyalcohol กลุ่มโพลีแอลกอฮอล์ (polyalcohol) หรือน้ำตาลแอลกอฮอล์เป็น bulk sweetener ที่สัมพันธ์กับน้ำตาลซูโครสและมีคุณสมบัติหลายอย่างที่คล้ายกับโมโนแซคคาไรด์และไดแซคคาร์ไรด์ โพลีแอลกอฮอล์หลายชนิดไม่เป็นพวกให้พลังงานต่ำ น้ำตาลแอลกอฮอล์หลายชนิดหากรับประทานมากเกินไปจะมีผลข้างเคียงคือมีฤทธิ์เป็นยาระบาย ดังนั้นปริมาณการใช้จึงจำกัดที่ 60- 80 กรัม และไม่เกิน 20 กรัมต่อการรับประทานหนึ่งครั้ง โดยทั่วไปแล้วโพลีออลจะให้พลังงานน้อยกว่าซูโครส และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน โพลีแอลกอฮอล์ผลิตโดยกระบวนการ hydrogenation ภายใต้สภาวะความดันสูง ความร้อนสูงและมีตัวเร่งปฏิกิริยา ปัจจุบันมีการศึกษาการผลิตโพลีแอลกอฮอล์โดยระบบน้ำย่อย (fermentation) แต่ในระดับอุตสาหกรรมผลิตโดยปฏิกิริยาเคมี

7.1.1 Lactitol แลคทิทอล(lactitol) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์โมเลกุลคู่ ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของแล็กโทสซึ่งเป็นน้ำตาลธรรมชาติในนม จากการทำปฏิกิริยา Reduction กับส่วนที่เป็นกลูโคสของแล็กโทส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา หมู่คาร์บอนิลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นหมู่แอลกอฮอล์ แล้วทำให้เป็นผลึกเพื่อให้ได้ความบริสุทธิ์สูงที่สุดและไม่จับตัวกัน แบคทีเรียในปากไม่สามารถใช้ แลคทิทอลได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็น “Tooth-Protective” ได้ นอกจากนี้แลคทิทอลยังไม่ให้พลังงานเนื่องจากไม่สามารถถูกย่อยหรือดูดซึมในลำไส้เล็กได้ และมีความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เนื่องจากการย่อยแลคทิทอลนั้นไม่ขึ้นกับ Insulin และไม่เพิ่มระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด (กล้าณรงค์, 2542) มีพลังงานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส โดยใน EU ได้รับการยอมรับให้ใช้ข้อมูลติดฉลากโภชนาการเท่ากับ 2.4 kcal/g และใน USA ติดฉลากได้เท่ากับ 2 kcal/g และยังใช้ในการเพิ่มคุณภาพของอาหาร sugar free และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ(low carb products) แลคทิทอลมี glycaemic index ที่ 3±1 จึงเหมาะสมสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก (Danisco, 2007) คุณสมบัติของ แลคทิทอลมีดังนี้ คือ สามารถละลายน้ำได้ดี สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่ซูโครสละลาย ให้ความหนืดใกล้เคียงกับน้ำตาลกลูโคส มีคุณสมบัติเก็บความชื้น สามารถดูดความชื้นได้ในระดับปานกลาง ทนต่อกรดและจุลินทรีย์ ให้ความหวานเล็กน้อย หรือ 0.4 เท่าของน้ำตาลซูโครส ไม่มี After Taste และมีความเสถียรดีภายใต้กระบวนการแปรรูปต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง ได้มีการนำมาใช้เป็นสารทดแทนของแข็งในอุตสาหกรรมหลายประเภทเนื่องจากมีความหวานน้อยและละลายได้สูง ความเสถียรต่อสารเคมีต่าง ๆ ทำให้มีการนำมาใช้กับอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนหรือต้องเก็บไว้นาน สำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบนั้น จะใช้สารแลคทิทอลแทนน้ำตาลโดยจะแทนในน้ำหนักของน้ำตาล เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส จึงได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีลักษณะปรากฏคล้ายกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลและในสูตรที่มีไขมันต่ำหรือไม่มีไขมัน สามารถใช้สารแลคทิทอลทำหน้าที่เป็นสารทดแทนของแข็ง เพื่อเพิ่มเนื้อ ประโยชน์อื่น ๆ ก็คือ ช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันมีการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้ ช็อกโกแลต, ขนมอบ, หมากฝรั่ง, ไอศกรีม, ลูกกวาด, สารให้ความหวานบนโต๊ะอาหาร, ผลิตภัณฑ์ยา และยังมีศักยภาพในการขยายออกไปยังผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิดในอนาคต เนื่องจากความต้องการในเรื่องอาหารพลังงานต่ำ (Polyol Organization, 2007)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของ Lactitol

ที่มา: Anonymous (2007c)

สำหรับสถานภาพทางกฎหมายจะแตกต่างกันไปตามแต่ละประเทศ ดังนั้นการจะอนุญาตใช้ในผลิตภัณฑ์ใดในปริมาณเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับประเทศนั้น ๆ ในปัจจุบันได้รับการยอมรับแล้วใน EU, USA, แคนาดา, อิสราเอล, ญี่ปุ่นและสวิตเซอร์แลนด์ สำหรับในประเทศไทย คณะกรรมการอาหารและยา ให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้แลคทิทอล ว่า ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

7.1.2 Sorbitol ซอร์บิทอล(sorbitol) เป็นสารให้ความหวานที่มีรสชาติดี และลดพลังงาน ไม่ทำให้เกิดฟันผุ เหมาะกับหลายผลิตภัณฑ์ที่ลดพลังงาน ลดน้ำตาล หรือลดไขมัน และได้รับการรับรองความปลอดภัยมานานกว่า 50 ปีแล้ว เป็น bulk sweetener ที่ดูดความชื้นได้ดี และเป็นสารช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัส มีความหวานประมาณ 60% ของซูโครส โดยมีพลังงาน 1/3 ของซูโครส ให้ความรู้สึกเนียนในปากพร้อมรสหวาน เย็น และให้รสชาติที่มนุษย์พอใจ ไม่ทำให้เกิดโรคกระดูกผุ และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน ยังใช้ได้ในการผลิตยาและเครื่องสำอางอีกด้วย ค้นพบโดยนักเคมีชาวฝรั่งเศสในผลเบอร์รี่ ในปี 1872 ปัจจุบันได้รับอนุญาตให้ใช้ทั้งในยุโรปและอเมริกา ทำหน้าที่ดูดความชื้นได้ดี ป้องกันการสูญเสียปริมาณความชื้น การทำหน้าที่รักษาความชื้นและคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ทำให้ถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดและขนมอบ มันมีความเสถียรมากและไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี ทนความร้อนสูงได้ และไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard หรือ Browning) reaction) ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล รวมตัวได้ดีกับส่วนผสมในอาหารอย่างเช่น น้ำตาล, สารทำให้เกิดเจล โปรตีนและไขมันพืช ทำหน้าที่ได้ดีในผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น หมากฝรั่ง, ลูกกวาด, ขนมหวานแช่แข็ง, คุกกี้, เค้ก, ไอซิ่ง และไส้ขนม และยังใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อปากและฟันอย่างยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากด้วย

7.1.3 Xylitol ไซลิทอล(xylitol) เป็น bulk sweetener รสชาติดีที่ลดพลังงานและปลอดภัยต่อสุขภาพฟัน ได้รับการรับรองในกว่า 35 ประเทศ ด้วยความหวานและสามารถเพิ่มปริมาตรทำให้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ยาและผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ในช่องปาก ค้นพบในปี 1891 โดยนักเคมีชาวเยอรมันชื่อ Emil Fischer ไซลิทอลใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารสำหรับมนุษย์มาตั้งแต่ยุค 1960 เป็นผงผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น รสหวานน่าพอใจ ได้รับความนิยมเนื่องจากไม่ทำให้ฟันผุ สารเคมีในไซลิทอลเกิดขึ้นตามธรรมชาติในผลไม้และผัก และผลิตได้ตามกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายมนุษย์ มีความหวานและปริมาตรเท่ากับซูโครส มีพลังงานเพียง 1/3 ของซูโครส ไม่มี aftertaste ที่ไม่ต้องการ ละลายอย่างรวดเร็วและให้ความรู้สึกเย็นในปาก ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับช่องปาก เช่นยาอมแก้เจ็บคอ ยาอมแก้ไอ วิตามินรวม เป็นต้น

7.1.4 Maltitol มอลทิทอล(maltitol)เป็นโพลีแอลกอฮอล์ ผลิตโดยการ hydrogenation ของ maltose โดยมีนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มอลทิทอลคงตัวทั้งในรูปแบบของไซรัปหรือผลึก ผู้ผลิตต่างรายก็ผลิตต่างแบบ อาจเป็นแบบบริสุทธิ์ 99% หรือผสมในแบบมอลทิทอล <90% กับมอลทิทอลยี่ห้อ Malbit® >5% ซึ่งมอลทิทอลเป็นองค์ประกอบหลักของ hydrogenated glucose syrup และ Lycasin ในรูปผลึกที่มีความหวาน 85-90% ของซูโครส แต่ก็หวานกว่าโพลีแอลกอฮอล์อื่น ๆ ยกเว้นไซลิทอล โดยมอลทิทอลเป็น bulk sweetener ซึ่งมีโครงสร้างรสหวานคล้ายคลึงกับซูโครส และไม่ทำให้เกิดฟันผุ ค่าพลังงานที่แท้จริงของมอลทิทอลมีการผันกลับได้ โดยมีค่าพลังงานอยู่ที่ประมาณ 50-100% ของคาร์โบไฮเดรต (2-4 kcal/g) การย่อยมอลทิทอล ไม่ขึ้นกับระดับกลูโคสในเลือด การรับประทานมากเกิน 50 กรัมต่อวันจะมีผลข้างเคียงคืออาการท้องเสีย มอลทิทอลใช้ได้ในคอนเฟคชันพวกช็อกโกแลต, ลูกกวาดแข็ง, คาราเมล, เจลลี่ และแยม, gums, สารให้ความหวานบนโต๊ะอาหาร (ผสมกับสารให้ความหวานสูงอย่างเช่น แอสพาร์เทม) คุกกี้ เค้ก และไอศกรีม ได้รับการรับรองความปลอดภัยจาก USFDA ตั้งแต่ปี 1986 ใช้ได้ในหลายประเทศรวมถึงฝรั่งเศส, ญี่ปุ่น และ UK

7.1.5 Mannitol แมนนิทอล(mannitol) เป็นสารให้ความหวานตามธรรมชาติเกิดจากพืชและผลไม้ หวาน 50% ของซูโครส แมนนิทอลถูกแปลงรูปเป็นฟรุกโทสหลังจากถูกดูดซึมในกระบวนการย่อยอาหาร ไม่ย่อยสลาย เช่นเดียวกับซอร์บิทอล ให้พลังงานเพียง 2 kcal/g ได้รับการรับรองให้เป็นวัตถุเจือปนอาหารใน USA และใช้ได้ในหลายผลิตภัณฑ์ เช่น ลูกกวาดแข็ง, ยาอมแก้

ไอ, หมากฝรั่ง, soft candy, confection และ frosting, แยม, เจลลี่ และอื่น ๆ มีผลข้างเคียงเป็นยาระบาย รับประทานได้ไม่เกิน 20 กรัมต่อวัน

7.1.6 Isomalt ไอโซมอลต์(isomalt) เป็นชื่อทั่วไปของ Palatinit® ค้นพบในเยอรมันตะวันตก ไอโซมอลท์ถูกจัดอยู่ในพวกน้ำตาล แอลกอฮอล์ที่ผันอนุพันธ์มาจากน้ำตาลซูโครส ให้พลังงานต่ำ ผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น รสหวาน ไม่มี aftertaste ให้โครงร่างแก่ผลิตภัณฑ์ คงตัวดี ทนต่อเอนไซม์, สภาวะทางเคมีและความร้อน จุลินทรีย์ใช้ไอโซมอลต์ ไม่ได้ ไม่ทำให้เกิดฟันผุ ในลำไส้เล็กจะย่อยและดูดซึมไอโซมอลต์ได้เล็กน้อยเท่านั้น จึงไม่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดและไม่เพิ่มระดับอินซูลิน ไม่เกิด cooling effect แต่ก็มีผลข้างเคียงคือ การรับประทานมากเกินไปจะเกิดอาการท้องร่วง เกณฑ์กำหนดคร่าว ๆ คือ 35 กรัมสูงสุด แต่สำหรับผู้ที่เคยบริโภคน้ำตาลแอลกอฮอล์มาแล้วจะสามารถทนได้มากกว่านี้ ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ทั้งในยุโรปและเอเชียหลายประเทศ โดยอาศัยความปลอดภัยเบื้องต้นของแต่ละประเทศ การนำไปใช้ ใช้ได้ใน ลูกกวาด ไอศกรีม แยม เจลลี่ จากความสามารถที่ดูดความชื้นได้ต่ำของไอโซมอลต์ จึงนำไปใช้ทำขนมทั้งที่มีรสหวานและไม่หวาน เช่น hard-boiled candies, compressed goods, pan coated goods และ chewing gum, สารให้ความหวานบนโต๊ะอาหาร, ขนมอบ และอาหารอื่น ๆ ที่ต้องการให้มีพลังงานต่ำ

7.1.7 Erythritol อิริธริทอล(erythritol) เป็น bulk sweetener รสชาติดีที่เหมาะกับอาหารลดพลังงานและปราศจากน้ำตาลหลายชนิด เป็นส่วนหนึ่งของอาหารควบคุมน้ำหนักมานาน เนื่องจากเป็นส่วนประกอบอยู่ในผลไม้ อย่างเช่น ลูกแพร์, เมลอน และพวกองุ่น เช่นเดียวกับในเห็ดและอาหารที่หมัก อย่างพวกไวน์, ถั่วเหลือง, ซอส และชีส มีช่วงความทนทานในการย่อยอาหารกว้าง ปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและไม่ทำให้เกิดฟันผุ เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีการผลิตจำหน่ายเชิงการค้าตั้งแต่ปี 1990 โดยมีจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา อิริธริทอลมีลักษณะเป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น รสหวานสะอาดคล้ายน้ำตาลทราย หวานประมาณ 70% ของน้ำตาลซูโครส และมีการไหลได้ดีเนื่องจากมีคุณสมบัติไม่ดูดน้ำ ไม่ทำให้ฟันผุเช่นเดียวกับน้ำตาลแอลกอฮอล์อื่น ๆ มีพลังงานเพียง 0.2 kcal/g ซึ่งแตกต่างจากโพลีออลอื่น ๆ คือมีพลังงานประมาณ 7- 13% ของน้ำตาลแอลกอฮอล์อื่น ๆ และมีพลังงาน 5% ของน้ำตาลซูโครส เนื่องจากอิริธริทอลถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วในลำไส้เล็ก และขับออกจากร่างกายอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมง การที่มีผลข้างเคียงเป็นยาระบายบางครั้งเกี่ยวข้องการรับประทานมากเกินไป ปัจจุบันได้รับอนุญาตให้จำหน่ายในหลายประเทศทั้งในสหรัฐอเมริกา, ยุโรป และในเอเชียเช่น ญี่ปุ่น สามารถรับประทานได้ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน สามารถนำไปผสมกับสารให้ความหวานสูงอื่น ๆ ได้ดีไม่มี aftertaste

และยังมีการเสริมรสชาติกันกับอะซีซัลเฟม-เค, แอสพาร์เทม ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ในหลายผลิตภัณฑ์ ใช้แทนน้ำตาลทรายได้ 100%, ลูกกวาดแข็ง 50%, ลูกกวาดชนิดนุ่ม 40%, เครื่องดื่มพลังงานและลดพลังงาน 1.5%, ครีมสำหรับคุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก 60%, เค้กและเพสตรี้, คุกกี้และเวเฟอร์ที่เป็นอาหารควบคุมน้ำหนัก 7%, และหมากฝรั่ง 60%

7.2 Carbohydrate Polymer เป็นการผันอนุพันธ์จากสารตั้งต้นประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ สตาร์ชจากพืชชนิดต่าง ๆ

7.2.1 Hydrogenated Starch Hydrolysates (Lycasin/HSHs) องค์ประกอบและคุณสมบัติของ HSHs แตกต่างกันไปตามแต่กระบวนการผลิต Lycasin โดยทั่วไปจะผันอนุพันธ์มาจากมันฝรั่งหรือแป้งข้าวโพด การสลายแป้งข้าวโพดต้องทำโดยควบคุมได้เพื่อได้ไซรัปที่มีปริมาณมอลโตสและกลูโคสตามที่เจาะจง ซึ่งจะพิจารณาปริมาณซอร์บิทอลและมอลทิทอลในภายหลังทำการ hydrogenation การย่อยสลายทำได้โดยใช้กรดหรือเอนไซม์ องค์ประกอบรวมโดยประมาณแล้วอยู่ที่ ซอร์บิทอล 44% และเด็กซ์โตรส(dextrose) 66% ไม่ทำให้เกิดฟันผุ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เป็นไซรัปที่มีรสชาตินำพึงพอใจซึ่งหวานกว่ากลูโคสหรือซอร์บิทอล และจะปรับได้โดยการเพิ่มปริมาณมอลทิทอล หากเป็น Lycasin จะอยู่ในรูปของไซรัปที่หวาน 75% ของซูโครสที่ระดับเท่ากัน และยังจำหน่ายในรูปแบบของผงไม่ดูดน้ำด้วย ใช้แทนที่น้ำเชื่อมข้าวโพดสำหรับอุตสาหกรรมคอนเฟคชัน (confectionary)

7.2.2 Polydextrose โพลีเด็กซ์โตรส(polydextrose) มีชื่อทางการค้าว่า Litesse ซึ่งเตรียมได้จากการ Polymerize D-Glucose โดยมี Sorbitan และ Citric Acid อยู่ด้วย แล้วยังมีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนของแข็ง ใช้แทนไขมันและน้ำตาลบางส่วนในอาหาร มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีเนื้อ ละลายได้ดีในน้ำและให้สารละลายที่มีความข้นหนืด โพลีเด็กซ์โตรสไม่ให้รสหวาน แต่ถ้าใช้ในปริมาณสูงจะมีรสขม มี pH ประมาณ 2.5 –3.5 ดังนั้นจึงต้องเติม Buffer Agent การใช้โพลีเด็กซ์โตรสในผลิตภัณฑ์อาหารจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น สี กลิ่นและรสดีขึ้น รวมทั้งสามารถอุ้มความชื้นได้ดีขึ้นและช่วยชะลอการเกิด staling ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื่องจากโพลีเด็กซ์โตรสถูกย่อยได้บางส่วนจึงให้พลังงาน แต่เพียง 1 kcal/g ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอบ ,หมากฝรั่ง , ลูกกวาด , น้ำสลัด , ไอศครีมและเครื่องดื่ม ในปัจจุบัน Litesse Family มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีหลายรูปแบบ ทั้งรสชาติธรรมชาติ เป็นผงที่ไม่มีสี มีลักษณะเป็นน้ำที่มีรสหวานเล็กน้อย นอกจากนี้ มีการเลือกใช้ตามเกรดของ Litesse ซึ่งแต่ละเกรด

ก็จะมีลักษณะต่างกันไป Food and Drug Administration ได้อนุญาตให้ใช้ Litesse ในผลิตภัณฑ์อาหารหวานแช่แข็ง, ขนมอบ, ลูกอม, น้ำสลัด, หมากฝรั่ง, Fruit Spread, Peanut Spread และอื่นๆ ใช้เป็น Dietary Fiber ในหลายประเทศ เช่น เบลเยียม จีน ฟินแลนด์ ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลี สามารถรับประทานได้ 90 กรัม/วัน และไม่มีผลต่อลำไส้ ใช้แทนที่น้ำตาล, กลูโคสไซรัป และไขมันและยังช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และ ความรู้สึกภายในปาก Low Glycaemic คือประมาณ 5-7 เมื่อเปรียบเทียบกับ Glucose ที่มี Glycaemic Index 100 เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตต่ำรวมถึงผู้ป่วยโรคเบาหวานด้วย ไม่มีรสชาติแปลกปลอมในการยอมรับด้านกลิ่นรส มีลักษณะที่ใสซึ่งสามารถนำมาทำเครื่องดื่มแบบใส (Transparent Beverage) สามารถละลายได้สูง สามารถนำไปทำ Syrups (80% w/w) ในปัจจุบันมีการนำ Litesse ไปพัฒนาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่รวมถึงระบบที่ Sensitive ต่อกลิ่นรส

7.3 Fiber ไฟเบอร์(fiber) ช่วยเติมเต็มคุณสมบัติการให้ปริมาตรแทนที่ไขมันและน้ำตาลได้บางส่วน ซึ่งจะช่วยในเรื่องลดพลังงานด้วย มีหลายชนิดซึ่งผลิตมาจากพันธุ์ไม้แตกต่างกัน ไฟเบอร์ดังกล่าวยังรวมถึง cellulose, hemi- cellulose, gum, pectin, beta glucan และ lignin ซึ่ง gums หมายถึงไฮโดรคอลลอยด์ที่ทำให้เกิดเจลหรือความข้นหนืด ซึ่งไม่ได้ถูกใช้ในการแทนที่ไขมันหรือน้ำตาลโดยตรง แต่จะใช้ในปริมาณต่ำ ๆ ที่ระดับ 0.1- 0.5% เพื่อดูดน้ำและช่วยกระจายความข้นหนืด โดยทั่วไปจะใช้กัวร์กัม (guar gum) ซึ่งการใช้ 1 ส่วนสามารถแทนสตาร์ช 10 ส่วนในการให้ความหนืด นั่นหมายถึงปริมาณพลังงานจากสตาร์ชจะลดลงไปด้วย

8. Fat Replacer (Calorie Control Council Organization, 2006)

หน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สามารถแยกแยะได้ หลายผลิตภัณฑ์ก็สามารถดึงไขมันออกไปจากสูตรเดิมได้โดยที่ไม่รู้สึกเปลี่ยนแปลงอะไร แต่ในบางผลิตภัณฑ์การทดแทนไขมันหรือดึงไขมันออกทั้งหมด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความนุ่ม โครงร่างของผลิตภัณฑ์(body) และความเนียนของผลิตภัณฑ์ ไขมันยังทำหน้าที่กระจายความชุ่มฉ่ำและความรู้สึกชุ่มชื้นในปาก(rich mouthfeel) ไขมันทำให้เกิดอิมัลชันและเก็บอากาศทำให้เกิดฟองอากาศใน batter ดังนั้น สารทดแทนไขมัน(fat replacer) จึงถูกผลิตให้เลียนแบบคุณสมบัติของไขมัน แต่อย่างไรก็ตาม สารทดแทนไขมันก็ทำหน้าที่แทนไขมันได้บางประการเท่านั้น จึงมีข้อจำกัดในการใช้งาน (Riaz, 1993) ปัจจุบันสารทดแทนไขมันที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายประเภทซึ่ง Calorie Control Council Organization (2006) แบ่งสารทดแทนไขมันออกกว้าง ๆ เป็น

3 ประเภทคือ 1) Protein-Based fat replacers 2) Carbohydrate- based fat replacer และ 3) Fat-based fat replacers และ Lipid (Fat/Oil) Analogs โดยแต่ละกลุ่มมีชื่อสารและผู้ผลิตที่การจำหน่ายดังต่อไปนี้

8.1 สารทดแทนไขมันที่มาจากสารประเภทโปรตีน (Protein-Based fat replacers)

8.1.1 Microparticulated Protein ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Simplesse® เป็นสารทดแทนไขมันจำพวกลดพลังงาน (1-2 kcal/g) ทำมาจากโปรตีนเวย์หรือโปรตีนนมและโปรตีนไข่ ประยุกต์ใช้ได้หลายอย่าง พวกแดรี่โปรดักส์ น้ำสลัด มาการีน มายองเนส และใช้ได้ดีกับขนมอบเช่นกัน ซุป และซอส

8.1.2 Modified Whey Protein Concentrate ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Dairy-Lo® เป็นการทำโปรตีนให้เสียสภาพธรรมชาติภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิ ทำให้เป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมัน สามารถประยุกต์ใช้ใน แดรี่โปรดักส์, ผลิตภัณฑ์นม, ขนมอบ, และพวกน้ำสลัด มายองเนส

8.1.3 กลุ่มที่มาจากโปรตีนประเภทอื่น ๆ เช่น ตรายี่ห้อ K-Blazer®, ULTRA-BAKE™, ULTRA-FREEZE™, Lita® เป็นตัวอย่างของสารทดแทนไขมันประเภทลดพลังงานที่ผลิตจากโปรตีนไข่ขาวและโปรตีนนม คล้ายคลึงกับ microparticulated protein แต่ผลิตด้วยกระบวนการผลิตแตกต่างกัน อีกตัวอย่างหนึ่งเป็นสารทดแทนไขมันประเภทลดพลังงานที่มาจากโปรตีนข้าวโพด บางชนิดเป็นการผสมกันระหว่างโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตซึ่งสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่แข็งและขนมอบ

8.2 สารทดแทนไขมันที่มาจากสารประเภทคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate- based fat replacer)

8.2.1 Cellulose ประเภทเซลลูโลส(Cellulose) ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Avicel® cellulose gel, Methocel™ และ Solka-Floc® มีการใช้ในรูปฟอร์มที่หลากหลาย รูปฟอร์มหนึ่งที่ใช้กันเป็นการทำเซลลูโลสให้บริสุทธิ์ในรูปอนุภาคเล็ก ๆ ที่ไม่ให้พลังงาน เมื่ออนุภาคกระจายตัวแล้วจะสร้างร่างแหของอนุภาคที่ให้ความรู้สึกในปากและคุณสมบัติการไหลที่คล้ายคลึงกับไขมัน

เซลลูโลสสามารถแทนไขมันบางส่วนหรือทั้งหมดได้ ใช้ในผลิตภัณฑ์แดรี่(dairy) ซอส ขนมหวานแช่แข็ง และน้ำสลัด

8.2.2 Dextrins ประเภทเด็กซ์ตริน ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Amylum และ N-Oil® เป็นสารทดแทนไขมันที่ให้พลังงาน 4 kcal/g สามารถทดแทนบางส่วนหรือทั้งหมดได้ในหลายผลิตภัณฑ์ แหล่งของเด็กซ์ตริน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง ประยุกต์ใช้ได้ในน้ำสลัด, พุดดิ้ง, ผลิตภัณฑ์ทาขนมปัง, ผลิตภัณฑ์แดรี่และขนมหวานแช่แข็ง

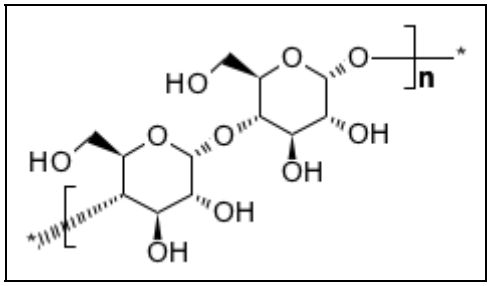
8.2.3 Fiber ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Opta™, Oat Fiber, Snowite, Ultracel™ Z-Trim) ไฟเบอร์ช่วยให้โครงสร้างของอาหารรวมตัวกัน, เกิดปริมาตร, สามารถเก็บความชื้น การเกาะติดผิว และมีความคงตัวในผลิตภัณฑ์ลดไขมัน การประยุกต์ใช้รวมถึงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ, เนื้อ, ผลิตภัณฑ์ทาขนมปัง และผลิตภัณฑ์เอ๊กซ์ทรูด

8.2.4 Gums ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ KELCOGEL®, KELTROL® และ Slendid™ หรือเรียกอีกชื่อได้ว่าเป็น hydrophilic colloid หรือ hydrocolloid รวมถึงกัวร์กัม (guar gum), gum arabic, locust bean gum, xanthan gum, carrageenan และ pectin ตัวมันเองไม่ให้พลังงานเลย แต่ทำให้เกิดความข้นหนืด บางครั้งเกิดการเป็นเจล ช่วยเสริมการเป็นเนื้อครีม ใช้ในผลิตภัณฑ์ลดพลังงาน, น้ำสลัดปราศจากไขมัน และใช้ในอาหารลดไขมัน รวมถึงขนมหวานและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

8.2.5 Inulin ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Raftiline®, Fruitafit® และ Fibruline® เป็นสารประเภทลดพลังงาน(1- 1.2 kcal/g) เป็นได้ทั้งสารทดแทนน้ำตาลและไขมัน ทั้งไฟเบอร์และสารของแข็งถูกสกัดออกมาจากรากของ chicory ซึ่งเป็นสมุนไพรยืนต้น ใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต, ชีส, ขนมหวานแช่แข็ง, ขนมอบไอซิ่ง, ไส้ขนม, วิปครีม, ผลิตภัณฑ์แดรี่, เป็นสารเพิ่มไฟเบอร์ และใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

8.2.6 Maltodextrin ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ CrystaLean®, Lorelite, Lycadex®, MALTRIN®, Paselli®, D-LITE, Paselli®EXCEL และ Paselli®SA2, STAR-DRI® มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) เป็นสารทดแทนไขมันจากอนุพันธ์ของแป้ง(starch-derived ingredients) มีพลังงานน้อยกว่าไขมันหรือไม่ให้พลังงาน เพราะไม่สามารถย่อยได้โดยน้ำย่อยในทางเดินอาหารจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีคล้ายกับไขมันเช่น ความลื่น(lubricity), ความมัน

(creamy ness), ความนุ่ม(tenderness), การทาติดอาหาร(spreadability), ให้กรดไขมันจำเป็น, ช่วยยืดอายุการเก็บอาหาร เป็นต้น มีอนุพันธ์ของของแป้งหลายตัวที่สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันได้ มอลโตเด็กซ์ตรินถูกใช้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ช่วงปี 1950 ซึ่งอธิบายว่าเป็นโมเลกุลใหญ่ที่ประกอบด้วยพันธะ∝-1,4 และน้ำตาล Maltose, Maltotriose, Maltotetraose, Maltopentaose เป็นต้น(Alexander, 1992) และในปี 1983 องค์การอาหารและยา(FDA) ของสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารที่ไม่มีรสหวาน เป็นสารโพลิเมอร์ของน้ำตาลที่ประกอบด้วย D-Glucose Unit เชื่อมกันด้วยพันธะ ∝-1,4 มีค่า Dextrose Equivalent (DE) ต่ำกว่า 20 นอกจากนี้ มอลโตเด็กซ์ตรินยังถูกแนะนำให้ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น แฟรงเฟอร์เทอร์ แฮมเบอร์เกอร์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซอส ซุป และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น (Anon, 1990; Yuckel and Cox, 1992) ซึ่งมีตัวอย่างสารทดแทนไขมันในกลุ่มอนุพันธ์ของแป้ง การใช้สาร maltodextrin เป็นสาร bulking agent มีการนิยมมากเป็นอันดับ 2 โดยจะใช้ในผลิตภัณฑ์ผสมที่แห้งเนื่องจากดูดความชื้นน้อย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงผสม, ซอสสำเร็จรูป, Gravy Mix, เค้ก และคุ้กกี้ Mix เป็นต้น (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) มอลโตเด็กซ์ตรินที่ DE ต่ำ ที่ระดับร้อยละ 20- 25 จะให้เนื้อสัมผัสที่สั้นคล้ายกับไขมันในผลิตภัณฑ์เค้ก, มัฟฟิน และชีสเค้ก



ภาพที่ 7 โครงสร้างของ maltodextrin

ที่มา: Anonymous (2007d)

ในการใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมัน โดย FDA ได้จัดลำดับ ให้ผลิตภัณฑ์มอลโตเด็กซ์ตรินมี DE ต่ำกว่า 20 ได้นำมาประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ หน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ตรินคือ จับน้ำ, มีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาbrowning ต่ำ, ดูดความชื้น เกิดความหนืด และมีความสามารถในการเป็นสารทดแทนของแข็งผู้บริโภคจะพอใจกับผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมีความชื้น, ความมันลื่นและเนื้อสัมผัส ซึ่งสามารถใช้ได้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก

, มัฟฟินและ Soft Cookie เมื่อใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินกับกัวร์กัมและไฟเบอร์จะส่งผลให้ความรู้สึกภายในปากดีขึ้นและต้นทุนต่ำลง เนื่องจาก สามารถจับน้ำและยึดน้ำไว้ในโครงสร้างได้ (Nanaka, 1997)

8.2.7 Nu-Trim เป็น beta-glucan ที่ทดแทนความชุ่มฉ่ำของไขมัน ทำมาจากข้าวโอ๊ตและข้าวบาร์เล่ย์ใช้กระบวนการสกัดและขจัดเส้นใยหยาบออกไป สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเช่น ขนมอบ, นม, ชีส และไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะลดทั้งไขมัน และให้ beta-glycan สูง ซึ่งมีการอ้างว่าช่วยในการลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดหลอดเลือดอุดตัน

8.2.8 Oatrim คือแป้งข้าวโอ๊ตที่ถูก hydrolyze ตรายี่ห้อที่จำหน่าย ได้แก่ Beta-Trim™ และ TrimChoice เป็นการนำแป้งข้าวโอ๊ตมาทำปฏิริยาด้วยเอนไซม์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของสารที่ละลายน้ำได้ มี beta-glucan soluble fiber ถูกนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน, สารทดแทนของแข็ง และส่วนประกอบที่ช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัส เป็นสารประเภทลดพลังงาน คือ มีพลังงาน 1- 4 kcal/g ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ไส้ขนมและฟรอสติ้ง, ขนมหวานแช่แข็ง, เครื่องดื่มแดรี่, น้ำสลัด, เนื้อสัตว์แปรรูป และคอนเฟคชัน

8.2.9 Polydextrose ตรายี่ห้อที่มีจำหน่าย ได้แก่ Litesse® และ Sta-Lite™ มีคุณสมบัติทั้งเป็นสารทดแทนของแข็ง และสารทดแทนไขมันที่ใช้แทนไขมันและน้ำตาลบางส่วนในอาหาร

8.2.10 Polyols หรือ Polyalcohols เป็นกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ เป็นกลุ่มของสารให้ความหวานที่ให้ปริมาตรแบบน้ำตาล โดยไม่ให้พลังงานหรืออาจให้บ้าง (1.6- 3.0 kcal) ขึ้นอยู่กับโพลีออลแต่ละชนิด เนื่องจากมีคุณสมบัติหลอมเหลวได้และดูดความชื้น โพลีออลอาจจะถูกใช้เป็นสารเพิ่มปริมาตรเมื่อใช้แทนที่ไขมันก็ได้ในผลิตภัณฑ์ลดไขมันหรือปราศจากไขมัน ตัวอย่างโพลี-ออล เช่น แลคทิทอล, ซอร์บิทอล, อิริธริทอล เป็นต้น

8.2.11 Starch และ Modified Food Starch ตรายี่ห้อที่จำหน่าย ได้แก่ Amalean®I & II, Fairnex™, VA15&VA20, Instant Stellar™, N-Lite, OptaGrade®, Perfectamyl™, AX-1&AX-2, PURE-GEL® และ STA-SLIM™ เป็นสารทดแทนไขมันประเภทลดพลังงาน (1- 4 kcal) เป็นสารทำให้เกิดเนื้อสัมผัสและปรับปรุงเนื้อสัมผัส สามารถผันอนุพันธ์ได้จากวัตถุดิบหลายอย่าง ได้แก่ มันฝรั่ง, ข้าวโพด, โปรตีน, กัม และอาหารพวกสตาร์ชดัดแปรอื่นๆ (modified food starch) การ

นำไปใช้มีทั้งเนื้อสัตว์แปรรูป, น้ำสลัด, ขนมอบ, ไส้ขนมและฟรอสติ้ง, ซอส, เครื่องปรุงบนโต๊ะอาหาร ขนมหวานแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์แดรี่

8.2.12 Z – Trim เป็นสารทดแทนไขมันที่ไม่ให้พลังงาน ทำมาจากไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ข้าวโอ๊ต, ถั่วเหลือง, ถั่ว และแกลบข้าวหรือจมูกข้าวสาลี ทนความร้อนและอาจใช้ได้ในขนมอบ ซึ่งอาจจะไปใช้ทดแทนส่วนของแป้งเพื่อลดพลังงานจากแป้งก็ได้ ใช้ในผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์, ฮอทดอก, ชีส, ไอศกรีม และโยเกิร์ต

8.3 สารทดแทนไขมันที่มาจากไขมัน (Fat- based fat replacers and Lipid (Fat/Oil) Analogs)

8.3.1 Emulsifier ตรายี่ห้อที่จำหน่าย คือ Dur-Lo® และ EC™-25 ตัวอย่างในกลุ่มนี้รวมถึงน้ำมันพืชและ mono- และ diglyceride emulsifier ซึ่งแทนที่ทั้งหมดหรือบางส่วนของชอร์ทเทนนิงในเค้กผสม, คุกกี้, ไอซิ่ง และผลิตภัณฑ์พืชแดรี่ มีพลังงานเท่ากับไขมัน (9 kcal/g) แต่ปริมาณที่ใช้น้อยกว่า ส่งผลให้ปริมาณไขมันและพลังงานลดลง Sucrose fatty acid esters ยังสามารถใช้เพื่อให้เกิดอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ ระบบอิมัลชันที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือไขมันนมสามารถลดไขมันและพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญโดยการทดแทนไขมันที่ระดับ 1:1

8.3.2 Salatrim ตราที่จำหน่าย ได้แก่ Benefat™ เป็นโมเลกุลโซ่ของ acid triglyceride ทั้งสั้นและยาว ให้พลังงาน 5 kcal/g อยู่ในตระกูลของไขมัน ใช้ได้ในคอนเฟคชัน, ขนมอบ, ผลิตภัณฑ์แดรี่และอื่น ๆ

8.3.3 สารทดแทนไขมันประเภท Lipid (Fat/Oil) Analogs ตัวอย่างในกลุ่มนี้ ได้แก่ Olestra(Olean®) เป็นส่วนผสมประเภทไม่ให้พลังงานที่ผลิตมาจากซูโครสและไขมันหรือน้ำมันสำหรับบริโภค ไม่ย่อยสลายและไม่ดูดซึมในร่างกาย ได้รับการรับรองจาก FDA ให้ใช้แทนที่ไขมันในอาหารประเภท snack และแครกเกอร์ที่มีรสเค็ม มีความเสถียรดีภายใต้กระบวนการแปรรูปอุณหภูมิสูง อย่างเช่น การทอด มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารอื่น ๆ ได้อีกมาก

9. การศึกษาผู้บริโภค

พฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้บริโภคทำการค้นหา การคิด การซื้อ การใช้ การประเมินผลในสินค้าและบริการ ซึ่งคาดว่าจะตอบสนองความต้องการ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงต้องทำการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง การศึกษาถึงพฤติกรรมการตัดสินใจ และการกระทำของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการซื้อและการใช้สินค้า ทั้งที่เป็นบุคคล กลุ่ม หรือองค์การ โดยคำตอบที่ได้นั้นจะทำให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การตลาด(Market Strategies) ที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม ซึ่งคำถามที่ใช้เพื่อค้นหาลักษณะพฤติกรรมผู้บริโภค คือ 6Ws และ 1H ซึ่งประกอบด้วย ใครอยู่ในตลาดเป้าหมาย (Who?), ผู้บริโภคซื้ออะไร(What?), ทำไมผู้บริโภคจึงซื้อ(Why?), ใครมีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ (Who?), ผู้บริโภคซื้อเมื่อใด(When?), ผู้บริโภคซื้อที่ไหน(Where?) และผู้บริโภคซื้ออย่างไร(How?) (ศิริวรรณและคณะ, 2546)

9.1 การสำรวจผู้บริโภค

การสำรวจผู้บริโภคมีประโยชน์มากต่อการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการใช้ และเพื่อประเมินลักษณะของผู้บริโภค และความคิดเห็นของผู้บริโภค ในด้าน วิธีการซื้อผลิตภัณฑ์ ความถี่ในการซื้อ และวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์

ประเภทของการสำรวจ สามารถแบ่งตามวิธีในการเก็บข้อมูลได้เป็นการสัมภาษณ์บุคคล การส่งแบบสอบถาม การใช้โทรศัพท์ และการสังเกต เป็นต้น โดยก่อนที่จะทำการสัมภาษณ์ต้องเตรียมเครื่องมือที่ใช้ เช่น แบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์ที่ครอบคลุม ทั้งข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ความคิดเห็น และทัศนคติของผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2539)

การเก็บรวบรวมข้อมูลทางการตลาดโดยทั่วไปไม่สามารถศึกษาวิจัยจากประชากรที่เกี่ยวข้องได้ทั้งหมด จึงจำเป็นต้องมีการเลือกกลุ่มตัวแทนประชากร ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างที่ดีจึงเป็นหัวใจสำคัญในงานวิจัย (ศิริวรรณและคณะ, 2540) โดยการสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

9.1.1 การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น เป็นวิธีที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดได้แน่นอนว่ามีโอกาสเพียงใดที่จะได้รับเลือก และเป็นการสุ่มตัวอย่างที่แต่ละหน่วยในตัวอย่างประชากรที่จะได้รับเลือกและโอกาสที่แต่ละหน่วยข้อมูลจะได้รับเลือกจะต้องทราบและไม่ใช่ศูนย์ประชากร การเลือกตัวอย่างโดยวิธีนี้สามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้โดยสมบูรณ์ ค่าสถิติที่คำนวณได้จากค่าพารามิเตอร์จากประชากร ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย, การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ เป็นต้น

9.1.2 การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้กำหนดโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่กลุ่มตัวอย่างจะถูกเลือกมาจากประชากรทั้งหมด จึงไม่สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การสุ่มตัวอย่างแบบนี้ได้รับความสนใจและใช้กันอย่างแพร่หลายในการปฏิบัติงานจริง เนื่องจากสามารถเลือกตัวอย่างได้สะดวกหรือมีข้อจำกัดด้านงบประมาณหรือเวลา การสุ่มตัวอย่างในลักษณะนี้ที่นิยมได้แก่

ก. การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก(Convenience Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างตามความสะดวกของผู้วิจัย และเจ้าหน้าที่ภาคสนามในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มที่ได้รับเลือกเป็นตัวอย่างจะขึ้นกับเจ้าหน้าที่ภาคสนามเลือกขึ้นมา รวมทั้งความสมัครใจของผู้ให้ข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะปรากฏขึ้นในช่วงเวลาที่สัมภาษณ์เท่านั้น จึงไม่ทราบโอกาสที่ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะถูกเลือก

ข. การสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควต้า (Quota Sampling) ผู้วิจัยต้องการเลือกตัวอย่างที่มีคุณลักษณะของประชากรโดยกำหนดสัดส่วนของแต่ละกลุ่มที่ศึกษาแบ่งประชากรออกเป็นประเภทในกรณีที่ผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนประชากรทั้งหมด และไม่ทราบรายละเอียดในแต่ละประเภทของประชากรแต่ละประเภทลงไปอีก

ค. การสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณของผู้ทำวิจัย (Judgment Sampling หรือ Purposive sampling) หมายถึงการเลือกตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณของผู้ทำวิจัย โดยผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วว่าบุคคลที่จะเลือกมาทำการศึกษามีความเหมาะสมสามารถให้คำตอบที่น่าเชื่อถือ โดยปกติผู้ที่ถูกเลือกสัมภาษณ์มักมีคุณสมบัติบางประการที่เป็นที่ต้องการของผู้ทำวิจัย เช่น อายุ

การศึกษา ฯลฯ การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีนี้ ถ้าวิจารณญาณถูกต้องและมีความเป็นกลางข้อมูลที่ได้รับมาก็มีความเชื่อถือได้ระดับหนึ่ง

9.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมจากแบบสอบถามจะนำมาประมวลผล และการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ก. รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ข. เตรียมข้อมูลนำเข้า(Data Input) โดยจัดทำสมุดคู่มือลงรหัส(Code Book) กำหนดตัวแปรและนำข้อมูลที่ได้ไปลงรหัส(Coding) ตามแนวทางที่กำหนดไว้ในสมุดคู่มือลงรหัส

ค. นำข้อมูลที่ได้ลงรหัสแล้วไปวิเคราะห์ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ง. สรุปผลข้อมูลที่ได้และวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยค่าทางสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญ

สำหรับการแบ่งคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ในกรณีที่มี 5 ระดับ ช่วงกว้างของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละชั้นสามารถคำนวณได้ คือ 0.8 ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ (Cooper and Schindler, 1998)

$$\text{ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ซึ่งมีความหมายของแต่ละระดับชั้นดังนี้

คะแนนเฉลี่ยในช่วง 1.00 – 1.80 หมายถึง มีความสำคัญน้อยที่สุด

1.81 – 2.60 หมายถึง มีความสำคัญน้อย

2.61 – 3.40 หมายถึง มีความสำคัญระดับปานกลาง

3.41 – 4.20 หมายถึง มีความสำคัญมาก

4.21 - 5.00 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด

9.2 การทดสอบผู้บริโภค

การทดสอบผู้บริโภค เป็นการทดสอบความชอบหรือการยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการประเมินผลผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมา โดยอาศัยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมาย ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ที่ใช้หรือคาดว่าจะใช้ผลิตภัณฑ์ (เพ็ญขวัญ, 2549) การทดสอบขั้นนี้จะเป็นการสร้างความมั่นใจในการนำผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาแล้วสู่ตลาด โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดลองในระดับอุตสาหกรรมต้นแบบไปทำการทดลองจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของผู้บริโภคหรือผู้ใช้ ตลอดจนผู้แทนจำหน่าย ก่อนที่จะทำการตัดสินใจผลิตจำนวนมากๆ การทดสอบผู้บริโภคนี้ จะทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ประสิทธิภาพโปรแกรมทางการตลาดและความเป็นไปได้ทางการตลาด (ไพโรจน์, 2539)

9.2.1 ผู้ทดสอบ ผู้ทดสอบที่คัดเลือกมาต้องมาจากกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ตลาดเป้าหมาย หรือส่วนของผู้บริโภคที่ต้องการ รวมทั้งพิจารณาในด้านลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ เป็นต้น

9.2.2 สถานที่ทดสอบ มีความสำคัญมากต่อผลการทดสอบ แบ่งออกได้ดังนี้

ก. ห้องปฏิบัติการ(Laboratory Test) เป็นการประเมินผลในห้องปฏิบัติการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีการควบคุมการเตรียมและการนำเสนอตัวอย่างอย่างระมัดระวัง ใช้เวลาน้อย สามารถปกปิดสีหรือสิ่งมีตำหนิได้ง่ายโดยใช้แสงไฟ แต่มีข้อเสีย คือ การทดสอบไม่เป็นไปตามการบริโภคปกติ การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการอาจจะแตกต่างจากวิธีการเตรียมที่บ้าน

ข. Central Location Test (CLT) เป็นสถานที่ที่ผู้ซื้อส่วนมากอยู่ร่วมกัน เช่น ศูนย์การค้า โรงอาหาร หรืองานแสดงสินค้า สถานที่ที่ใช้ทำ CLT จะเลือกตามปริมาณของกลุ่มเป้าหมาย โดยจัดสถานที่เป็นบริเวณแยกออกจากคนทั่วไป มีเก้าอี้ โต๊ะสำหรับผู้ทดสอบ อาจเชิญผู้ที่อยู่บริเวณนั้น หรือเชิญให้มาทดสอบโดยการนัดโทรศัพท์ไว้ล่วงหน้า จำนวนผู้ทดสอบประมาณ 50-300 คน ข้อดีของการใช้สถานที่นี้ คือ ผลการทดสอบที่ได้เป็นความจริงและน่าเชื่อถือ เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถสอบถามผู้ดำเนินการทดสอบได้เมื่อมีข้อสงสัย เป็นผู้บริโภคเป้าหมายได้รับการคัดเลือก ผลการทดสอบได้คืนค่อนข้างสูง ข้อเสีย คือ สถานการณ์การทดสอบไม่เหมือนการบริโภคปกติ จำนวนคำถามค่อนข้างสั้น

ค. Home Use Test วิธีนี้ให้ผู้บริโภคได้ทำการทดสอบที่บ้าน หรือในลักษณะที่ใช้ หรือบริโภคอยู่เป็นประจำ ซึ่งมีข้อดี คือ ผู้บริโภคมีโอกาสสัมผัสกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการใช้งานจริง ความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์เกิดจากการใช้ซ้ำ แทนที่เกิดจากความรู้สึกครั้งแรกเหมือนวิธี CLT ทั้งสามารถทราบถึงข้อมูลได้เพิ่มขึ้น เช่น ราคา และภาชนะบรรจุ เนื่องจากให้เวลาผู้ทดสอบมาก แต่ข้อเสีย คือใช้เวลานาน อาจได้รับการตอบกลับน้อย ค่าใช้จ่ายสูง ทำกับผลิตภัณฑ์ได้น้อยประเภท

9.2.3 วิธีการทดสอบผู้บริโภค แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

ก. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีที่ผู้ถามและผู้ตอบได้พูดคุยต่อกัน ซึ่งอาจเป็นตัวต่อตัว หรือใช้โทรศัพท์ วิธีนี้เหมาะสมสำหรับการทดสอบ Field Test ชนิด Home Use Test

ข. การใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ โดยการส่งแบบสอบถามไปทางไปรษณีย์หรือผู้ส่งสาร

ค. การใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ วิธีนี้เหมาะสำหรับการทดสอบ Field Test ชนิด CLT เพื่อต้องการให้การทดสอบมีประสิทธิภาพสูง ทำได้เร็ว และใช้กับผู้ทดสอบจำนวนมาก

9.3 การทดสอบ McNemar (Stone and Sidel, 1985)

การทดสอบ McNemar เป็นการทดสอบเพื่อสังเกตการเปลี่ยนใจในการยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคหลังจากทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ในการวิเคราะห์แบบ McNemar ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับหรือการตัดสินใจซื้อจะถูกจัดแสดงในลักษณะของข้อมูลก่อนและหลังได้รับข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รูปแบบการจัดแสดงข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ McNemar test

ก่อนทราบข้อมูล	หลังทราบข้อมูล	
	ยอมรับ/ซื้อ	ไม่ยอมรับ/ไม่ซื้อ
ยอมรับ/ซื้อ	Pi_{11}	Pi_{12}
ไม่ยอมรับ/ไม่ซื้อ	Pi_{21}	Pi_{22}

สมมุติฐานหลักสำหรับการทดสอบทางสถิติ (H_0) คือ

$$Pi_{+1\ (\text{total yes after})} - Pi_{1\ +\ (\text{total yes before})} = 0$$

$$\text{หรือ } (Pi_{11}+Pi_{21}) - (Pi_{11}+Pi_{12}) = 0$$

$$\text{หรือ } Pi_{21}-Pi_{12} = 0$$

สมมุติฐานหลักคือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความน่าจะเป็นของการยอมรับหรือการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังผู้บริโภครับทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

การคำนวณ McNemar Chi - square เพื่อเปรียบเทียบกับค่า Chi – square จากตารางสถิติ คำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\text{McNemar Chi - square} = \frac{(|Pi_{21} - Pi_{12}|)^2}{(Pi_{21} + Pi_{12})}$$

โดยมี df = (row-1)*(column-1), p = 0.05, ทำการทดสอบสมมุติฐานแบบ 2 หาง (sig 2 tailed) หาก McNemar Chi – square > Chi-square จากตารางสถิติ จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ การให้ข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับหรือการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

10. การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

อายุการเก็บ หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาไว้ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์นั้นถูกผลิตออกมาจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บสามารถทำให้ผู้ผลิตสามารถกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคทราบและประกันว่าผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาช่วงนั้น มีคุณภาพตรงกับที่บอกไว้ในฉลาก ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนานจะมีการศึกษาโดยวิธีเร่งแทน วิธีนี้คล้ายวิธีการเก็บจริง แต่เร่งเวลาการเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (ศิริลักษณ์, 2533)

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ คือช่วงเวลาที่เริ่มตั้งแต่การผลิต การบรรจุจนถึงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมจนกว่าคุณภาพจะไม่เป็นที่ยอมรับ เป็นอายุการเก็บสูงสุดของผลิตภัณฑ์ (รุ่งนภา, 2540)

ข้อมูลที่ได้มีทั้งทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กำลังทดสอบ เมื่อทราบว่าคุณภาพใดของผลิตภัณฑ์เป็นคุณภาพที่เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษา นั่นคือ ถ้าคุณภาพนั้นปรากฏในลักษณะที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสีย ก็จะนำลักษณะนั้นมาเป็นเครื่องกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (ไพโรจน์, 2539)

วิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ มีดังนี้

10.1 การทดลองเก็บจริง โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในสถานที่ที่วางขายในท้องตลาดตั้งแต่ผลิตออกมา และมีการทดสอบตลอดเวลา ซึ่งอาจเป็นเดือนละครั้ง จนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ แสดงว่า หมดอายุการเก็บ วิธีนี้จะได้รายละเอียดมากแต่เสียเวลามากเช่นกัน (Marsh, 1997)

10.2 การคำนวณโดยประมาณโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีนี้ส่วนมากเป็นการหาอายุการเก็บ เนื่องจากการเสื่อมเสียเพียงอย่างเดียว (รุ่งนภา, 2540) กล่าวว่า การประเมินคุณภาพทางด้านปริมาณ เช่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำ หรือน้ำมันที่เกิดการแยกตัว เนื่องจากสามารถเป็นดัชนีแสดงการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

10.3 วิธีเร่งการเก็บ วิธีนี้คล้ายการเก็บรักษาจริง แต่เร่งเวลาการเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากการพัฒนาอาหารที่มีอายุการเก็บที่นานนั้น ต้องการผลการทดสอบหาอายุการเก็บในช่วงสั้น เพื่อให้ตรงกับช่วงเวลาที่จะวางจำหน่ายในท้องตลาด ผลที่ได้จากการใช้เทคนิคสภาวะเร่ง ไม่สามารถใช้ได้กับทุกผลิตภัณฑ์ เราสามารถประมาณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน (รุ่งนภา, 2540) เทคนิคที่ใช้ได้แก่ Q_{10} สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ ได้ ดังสมการ

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_1}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_1 + 10\text{องศาเซลเซียส}}$$

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ}}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } T_2}$$

Δ = ผลต่างของ T_1 และ T_2

11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิรินาถ (2540) ศึกษาการนำแป้งเผือกมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กเนยและเค้กชิฟฟอน โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าสามารถใช้แป้งเผือกทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กทั้ง 2 ชนิด ได้ในปริมาณ ร้อยละ 40

เนื้อทอง และคณะ (2543) ศึกษาการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยใช้สาร Methocel E4M เป็นสารยึดเกาะทดลองร้อยละ 2.5- 3.0 ของน้ำหนักแป้งสาลีในสูตรฃ และทดแทนด้วยแป้งเจลาติไนซ์ร้อยละ 5.0- 7.5 เมื่อใช้แป้งข้าวขาวดอกมะลิ105 หรือร้อยละ 20 เมื่อใช้แป้งที่มีอะมิโลสปานกลาง ใช้น้ำมันรำข้าวแทนการใช้เนยขาวทำการเสริมด้วยโปรตีนสกัดหรือแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน และเติมสารปรับปรุงคุณภาพปริมาณน้ำที่เหมาะสมระหว่าง 80- 115 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยขึ้นอยู่กับชนิด และอนุภาคของแป้ง รวมทั้งการเติมส่วนผสมต่าง ๆ สามารถผลิตได้ขนมปังเปลือกบางขึ้น และลดปัญหากลิ่นของแป้งโม่น้ำ

งามชื่น และคณะ (2543) ศึกษาการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กและคุ้กกี้ โดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่ทำจากพันธุ์เหลืองปะทิว123 กข23 และขาวดอกมะลิ105 พบว่าแป้งข้าวเจ้ามีความหนืดสูงกว่าแป้งสาลี เมื่อผสมแป้งข้าวกับแป้งสาลีทำให้การยอมรับในคุณภาพผลิตภัณฑ์เค้กต่ำลงตามอัตราการเพิ่มของแป้งข้าว และสามารถใช้แป้งข้าวทดแทนได้ร้อยละ 20 คุณภาพเค้กยังคงเป็นที่ยอมรับใกล้เคียงกับแป้งสาลี และพบว่าแป้งข้าวขาวดอกมะลิ105 ชนิดโม่-แห้งสามารถทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วนที่สูงกว่าแป้งชนิดอื่น การเพิ่มความละเอียดของแป้งเป็น 200 เมช ช่วยให้คุณภาพของเค้กดีขึ้น ส่วนคุ้กกี้พบว่าแป้งจากข้าวเจ้าทุกพันธุ์ทั้งชนิดโม่แห้ง และโม่น้ำสามารถนำมาผลิตคุ้กกี้ได้ แป้งข้าวโม่แห้งของข้าวขาวดอกมะลิ105 มีคุณภาพด้อยกว่าคุ้กกี้

จากแป้งข้าวชนิดอื่น ๆ สำหรับคุ้กกี้จากแป้งข้าวโม่น้ำจากข้าวทุกพันธุ์จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับแป้งสาลี แต่จะมีเนื้อหยาบกว่า

จุฑาและคณะ (2544) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีโดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องต่อแป้งข้าวสาลี 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ในแป้งพายและเพสตรี้ ใช้อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ในแครกเกอร์ และใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลี 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 ในคุ้กกี้ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่าอัตราส่วนแป้งที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนในผลิตภัณฑ์พายและเพสตรี้คือ 20:80, สำหรับการทดแทนในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์และคุ้กกี้ คือ 20:80 และ 60:40 ตามลำดับ จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบจะทำให้ได้รับใยอาหาร, วิตามินบี1, วิตามินบี2 และไนอาซิน เพิ่มขึ้น

เบญจพรและคณะ (2545) ศึกษาการใช้ฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ 5 นาที ทดแทนแป้งสาลีในพายกรอบ โดยทำการทดแทนที่ระดับร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50 พบว่าพายกรอบที่ทดแทนด้วยฟลาวมันสำปะหลังที่ระดับ 40 และ 50 ไม่มีการพองตัวเป็นชั้นจึงไม่นำมาทดสอบการยอมรับ การทดสอบผลิตภัณฑ์พายกรอบกับผู้บริโภค 30 คน พบว่าผลิตภัณฑ์พายกรอบที่ทดแทนด้วยฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์ KU 50 ที่ร้อยละ 20 และทดแทนด้วยฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาทีที่ร้อยละ 30 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุดด้านความชอบรวมที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พรวีนัสและคณะ (2545) ได้พัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ โดยผสมแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมะลิในอัตราส่วน 100:0, 80:20, 70:30 และ 60:40 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาขนมปัง คือ 70:30 และพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้นปริมาตรของขนมปังจะลดลง เมื่อนำขนมปังที่ผลิตได้มาวัดค่าคุณภาพ พบว่า ขนมปังมีความแข็ง 6.92 นิวตัน ปริมาตรจำเพาะ 3.30 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในขนมปังน้อยกว่า 100 CFU/กรัม

มาลีและคณะ (2545) ศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตชิฟฟอนเค้กในปริมาณร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะและ

ความข้นหนืดของ batter ปริมาตรเค้กลักษณะเซลล์ภายในมีความสัมพันธ์กับระดับการทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยเค้กที่ผลิตระดับการทดแทนร้อยละ 35 ยังมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

อดิศักดิ์ (2545) ศึกษาลักษณะทางคุณภาพของเค้กและคุ้กกี้ลดพลังงานด้วยการลดไขมันด้วยแป้งบุกโดยการลดปริมาณน้ำตาลทรายในระดับต่างๆ พบว่า การลดปริมาณน้ำตาลทรายในเค้กและคุ้กกี้ลดไขมันด้วยแป้งบุก ร้อยละ50 ส่งผลให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ลดลงจากผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม เค้กจะมีลักษณะแน่นไม่ขึ้นฟู ส่วนคุ้กกี้จะมีความแข็งเพิ่มขึ้น การใช้ซอร์บิทอลและโพลีเดกซ์โตรสในปริมาณที่เหมาะสมมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพของเค้กและคุ้กกี้ลดไขมันที่ลดปริมาณน้ำตาลร้อยละ 50 เค้กที่ใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแป้งและโพลีเด็กซ์โตรส ร้อยละ 25 โดยน้ำหนักแป้งจะได้รับคะแนนทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ, สี และความชุ่มฉ่ำ เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำตาลทรายที่ลดลงจากร้อยละ 48 จนถึงร้อยละ 0 โดยน้ำหนักแป้ง

อุศมา (2545) ศึกษาการนำแป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก โดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี 3 ระดับ คือ ร้อยละ 80, 90 และ100 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด นำมาทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 100 โดยมีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และค่าทางด้านเนื้อสัมผัสทางด้านค่าความแน่นเนื้อ และ Degree of Elasticity ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

พัชรินทร์ และคณะ (2547) พัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กลดพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลังเกษตรศาสตร์-50 โดยใช้ฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์-50 ทดแทนแป้งสาลี พบว่าสามารถทดแทนได้ร้อยละ 100 ทำการพัฒนาสูตรโดยการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design และนำมาสร้างพื้นผิวตอบสนอง (response surface method, RSM) ศึกษา 3 ปัจจัย คือ สารทดแทนไขมัน, ปริมาณไข่แดง และกัวร์กัม ได้สูตรที่เหมาะสมของบัตเตอร์เค้กลดพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์-50 ประกอบด้วย ฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์-50, สารทดแทนไขมัน, เนยสด, ไข่แดง, ไข่ขาว, นม, น้ำตาล, ผงฟู, เกลือ, อิมัลซิไฟ-เออร์, กลิ่นเนย และกัวร์กัม ร้อยละ 17.40, 8.53, 15.83, 3.32, 24.51, 6.26, 18.09, 0.64, 0.48, 3.68, 0.53 และ 0.75 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด มีค่าความแข็งเท่ากับ 2.48 นิวตัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบในระดับปานกลาง และให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 85 เก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสชนิด PE ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน

ลัดดาวัลย์และคณะ (2547) ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิ และเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยใช้แหล่งโปรตีนและใยอาหารอื่น คำนวณสูตรโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง เพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนและใยอาหารไม่น้อยกว่า 10% ของ Thai RDI นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงผลของส่วนผสมอื่น พบว่าสูตรที่เหมาะสมมีส่วนประกอบดังนี้ แป้งสาลี 27.8% แป้งข้าวหอมมะลิ 16.7% ถั่วแดงผง 1.6% กากถั่วเหลืองผง 6% ไข่แดงผง 1.6% งาขาว 1.6% ยีสต์ 0.5% น้ำตาล 5.2% เกลือ 0.9% นมผง 2.09% เนยขาว 4.2% น้ำ 34.0% และสารเสริมคุณภาพ 0.5% ผลการทดสอบผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวม 6.4

ศิริวงศ์ (2548) พัฒนาเค้กเนยลดไขมันและคอเลสเตอรอล พบว่า สามารถใช้อินูลินทดแทนเนยสดได้ร้อยละ 63 และใช้โปรตีนเวย์ทดแทนไข่ไก่ได้ร้อยละ 55 มีค่าความแข็งเท่ากับ 1.82 นิวตัน มีคอเลสเตอรอล 32.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลลดลงจากสูตรพื้นฐานร้อยละ 58.37 และ 60.54 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 93.50 การเก็บรักษาในรูปแบบบรรจุขนาด 1 ปอนด์ในกล่องกระดาษที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 3 วัน

กนกวรรณ (2549) พัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับอาหารเช้าจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่า สามารถใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 100 ใช้อะซีซัลเฟม-เคเป็นสารทดแทนความหวานโดยใช้แลคติทอลเป็นสารเพิ่มมวล และใช้อินูลินเป็นสารเพิ่มใยอาหาร

ฉัชนก (2549) ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้อง พบว่าสูตรที่เหมาะสมมีส่วนประกอบดังนี้ แป้งข้าวกล้อง 17.48 %, เนยสด 15.92%, มอลโตเดร็กตริน 8.57 % , ไข่แดง 3.34 %, ไข่ขาว 24.63 % , สารlactitol 18.08 % , สาร Acesulfame K 0.09 %, นมข้นจืด 6.29%, ผงฟู 0.64 % , สารอิมัลซิไฟเออร์(EC25) 3.70%, เกลือ 0.48 %, กลิ่นเนย 0.53 %, กัวร์กัม 0.25 % โดยสามารถลดคอเลสเตอรอลและพลังงานได้ ร้อยละ 52 และ 36 ตามลำดับ

Aaron (1993) ได้รวบรวมผลงานวิจัยการใช้สารทดแทนความหวานชนิดอื่นแทนน้ำตาลซูโครสไว้ ดังนี้

ในปี 1987 Askar ได้ทดลองประเมิน ผลการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยน้ำตาล Fructose, Acesulfame-k, Aspatame, Saccharin, sorbitol และ Xylitol ในปริมาณที่เท่ากันที่ระดับ 0-75% ในสูตรเค้กมาตรฐาน ผลปรากฏว่าการแทนที่น้ำตาลด้วยสารให้ความหวานชนิดอื่น ๆ ทำให้คุณภาพการยอมรับเค้กต่ำลง แต่การแทนที่ที่ระดับ 25% การลดลงของคุณภาพน้อยที่สุดแต่ไม่มีผลต่อการลดพลังงาน

ในปี 1990 Brandt and Jackson ได้ทดลองใช้สาร C-Sucralose ในเค้ก คุ้กกี้และเกรแฮมแครกเกอร์ เมื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการให้ความร้อนต่อส่วนผสมโดยการวัดสารกัมมันภาพรังสี พบว่า Sucralose 100% แสดงว่าไม่มีการสูญเสียเนื่องจากการสลายตัวของ Sucralose ในระหว่างการอบ และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ -18 , 22 และ 35^{o}C เมื่อนำมาทดสอบปรากฏว่า sucralose ยังคงมีปริมาณเท่าเดิม

การลดน้ำตาลในเค้กนำไปสู่การเสียสมดุลสูตรใน Yellow Cake ในปี 1990 Hood and Campbell จึงได้ทดลองและแสดงผลของการลดน้ำตาลใน Yellow Cake พบว่าการลดน้ำตาลทำให้ปริมาตรเค้กลดลง เค้กเกิดการยุบตัว เค้กล้ม เมื่อเติมสารทดแทนน้ำตาลจำพวก Polydextrose ทำให้ปริมาตรของเค้กเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเค้กควบคุม

McNell – Specialty Product Company ได้ทำการวิจัยแทนที่น้ำตาล แป้ง ไขมันในเค้กช็อกโกแลตเพื่อลดพลังงานลง 35%โดยใช้ร่วมกับ Sucralose 500 ppm ร่วมกับ Bulking Agent ชนิด Litesse^{TM} และใช้ N-Flate^{TM} ในการลดส่วนของไขมัน ใช้ผงโกโก้แทนแป้งบางส่วน

ในปี 1991 Frye and Setser ได้ประเมินผลการใช้ Bulking Agent 6 ชนิดได้แก่ Sorbital , Hydrogenated starch , Hydrolysate mixer , Lysitol , Isomalt 18 DE maltodextrin และ Polydextrose แทนที่ใน Yellow Cake เพื่อลดพลังงานพบว่าสำหรับ Maltodextrin และ Polydextrose จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแข็งเนื่องมาจากไม่สามารถเกิดโครงสร้างอุ้มอากาศไว้ได้สาเหตุเนื่องมาจากแป้งมีความหนืดมากเกินไป ส่วนเค้กที่เติม Bulking Agent ชนิดอื่นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเปลือกนุ่ม

ในปี 1992 Bollinger and Freund ผลิตสปันจ์เค้กที่ให้พลังงานต่ำด้วยการลดน้ำตาลด้วย Isomalt ที่ระดับ 30% และแทนที่ไขมันด้วย Maltodextrin ที่ระดับ 40-50% และใช้เส้นใยอาหารจากถั่วแทนที่แป้งในระดับ 30% พบว่าคุณภาพของเค้กไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อใช้น้ำตาล Isomalt 20%

Lin *et al*. (2003) ศึกษาผลของการใช้ erythritol เป็นสารทดแทนน้ำตาลซูโครสต่อคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้ก โดยทำการแทนที่น้ำตาลที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% พบว่า สีของเปลือกนอกและเนื้อในของชิฟฟอนเค้กมีสีอ่อนกว่าและหวานน้อยกว่าสูตรน้ำตาลซูโครส มีค่าความถ่วงจำเพาะของ batter (specific gravity), ปริมาตรจำเพาะ และความชื้นไม่แตกต่างกับสูตรน้ำตาลซูโครส ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ไม่มีความแตกต่างทั้งด้านสีของเนื้อในชิฟฟอนเค้ก, ความชุ่มฉ่ำของเนื้อชิฟฟอนเค้ก และความนุ่ม ในทุก ๆ สิ่งทดลอง แต่มีความแตกต่างในคุณลักษณะด้านความหวาน โดยผู้ทดสอบให้คะแนนชิฟฟอนเค้กที่ทดแทนน้ำตาล 0% ว่ามีความหวานมากสุด และให้คะแนนความหวานลดลงเมื่อระดับการทดแทนน้ำตาลสูงขึ้น ชิฟฟอนเค้กที่ทดแทนด้วย erythritol มากขึ้น พบว่า มีค่าพลังงานต่อ 100 กรัมลดลงตามลำดับ

Kocer *et al*. (2005) ศึกษาผลของการใช้ polydextrose เป็นสารทดแทนไขมันและน้ำตาลใน high– ratio เค้ก โดยใช้ polydextrose ขนาด 100 เมช ทำการทดแทนน้ำตาลในปริมาณ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100% ของน้ำตาลในสูตร ใช้เป็นสารทดแทนไขมันที่ระดับ 20, 40 และ 60% ของไขมันในสูตร พบว่า polydextrose สามารถทดแทนไขมันได้ 25% และทดแทนน้ำตาลได้ 22% และลดพลังงานได้ 22% เทียบจากสูตรที่มีปริมาณไขมันและน้ำตาลปกติ และพบว่า ปริมาณ polydextrose ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดฟองอากาศโดยเฉลี่ยเล็กลงและมีขนาดฟองอากาศที่สม่ำเสมอ แต่มีความเสถียรของ batter ลดลง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ปลายข้าวหอมมะลิบด ขนาด 100 เมช บริษัท สหชลผลพืช จำกัด
1.2 แป้งเค้ก ตราพัดโบก บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด
1.3 ไข่ไก่
1.4 น้ำตาลทราย ตราวังขนาย กลุ่มวังขนาย
1.5 เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัท สหพัฒนพิบูล จำกัด (ประเทศไทย)
1.6 ครีมออฟทาร์ทาร์ ตรา MINI
1.7 ผงฟู ตราเบสท์ฟูดส์ บริษัท ยูนิลิเวอร์ เบสท์ฟูดส์ จำกัด (ประเทศไทย)
1.8 นมสด ตราคาร์เนชั่น บริษัท เนสท์เล่ จำกัด (ประเทศไทย)
1.9 น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี ตรากุ๊ก บริษัทธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด
1.10 กลิ่นใบเตย ตราวินเนอร์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์
1.11 สีผสมอาหาร สีเขียว Pea Green ตราวินเนอร์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์
1.12 สารทดแทนไขมัน Maltodextrin บริษัท เบอลี่ยุคเกอร์ จำกัด
1.13 สาร Lactitol บริษัทรามาโปรดักส์ชั่น จำกัด
1.14 สาร Sucralose ตรา D-et บริษัท ยูซิง จำกัด
1.15 ใบเตยสด

2. อุปกรณ์ในการผลิตชิฟฟอนเค้ก

2.1 เครื่องผสม(Kitchen Aid St.Loseph USA) รุ่น K 5 SS
2.2 เครื่องชั่ง บริษัท Scientific Promotion Co. Ltd.
2.3 อุปกรณ์เครื่องครัว
2.4 เตาอบไฟฟ้า TEBA Series No.11510 รุ่น TFL 10-31
2.5 พิมพ์แถว (loaf pan) ขนาด 7x15x6 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง)
2.6 ถาดขอบตรงขนาด 10x13x1.5 นิ้ว (กว้างxยาวxสูง)

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดสี Automatic Reflectance Colorimeter ยี่ห้อ Tintometer Model RT 100

3.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd Instrument) Model TA Plus

3.1.3 ชุดอุปกรณ์สำหรับหาปริมาตรจำเพาะ ดัดแปลงจากวิธีของ Park (1976)

3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ(Proximate Analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เส้นใยหยาบ

3.2.2 เครื่องวัด Water Activity (Novasiana MS1-Aw, Switzerland)

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน(Autoclave Stream Sterilizer) ยี่ห้อTuttnauer รุ่น 3850 M

3.3.3 ตู้สำหรับบ่มเชื้อจุลินทรีย์ยี่ห้อ Astell Hearson ประเทศอังกฤษ

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 อุปกรณ์ทดสอบประเมินค่าทางประสาทสัมผัส

3.4.2 แบบสอบถาม

3.5 อุปกรณ์ศึกษาอายุการเก็บ

3.5.1 กล่องพลาสติกใส Polyethylene

3.5.2 เครื่องปิดผนึก (Impulse Sealer) รุ่น PFS-F350X2 บริษัท เบทเตอร์แพค จำกัด

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล

4.1 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

4.2 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. การสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ มาบุญครอง, โลตัส(ลาดพร้าว) , เซ็นทรัล (ลาดพร้าว), Tops Supermarket (มาบุญครอง) ร้านสะดวกซื้อ ได้แก่ 7-eleven และตลาดเทเวศร์ ในเขตกรุงเทพมหานคร ในเดือนกรกฎาคม พ. ศ. 2549 ข้อมูลที่สำรวจได้แก่ ตรายี่ห้อ, ผู้ผลิต, รูปแบบ, ขนาด, ราคา, บรรจุภัณฑ์ และส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิต่อไป

2. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไปต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

2.1 ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไปต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ด้วยวิธีเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถาม ดังภาคผนวก ก2 พร้อมกับการแนบตัวอย่างชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรเบื้องต้น 1 ชิ้นสไลด์ขนาด 7x6x1.5 เซนติเมตร เพื่อประกอบการตอบคำถามเกี่ยวกับปริมาณบรรจุต่อหน่วย ขั้นตอนการออกแบบสอบถามมีดังนี้

2.1.1 ทดสอบความเข้าใจและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการแก้ไขโดยผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไปทดลองสอบถามเบื้องต้นกับบุคคลทั่วไป จำนวน 10 ชุด แล้วทำการแก้ไขให้สมบูรณ์

2.1.2 หาค่าสัดส่วนของประชากร โดยการคำนวณจากสูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนตัวอย่าง (Cooper and Schindler, 1998) คือ

$$N = Z^2pq/E^2$$

โดยที่ p = สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

q = 1-p

Z = ความเชื่อมั่นที่กำหนด

E = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

กำหนดให้ p = 0.5 และ q = 0.5 คือ สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อและไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์มีจำนวนเท่ากัน ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 384 คน รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ก1

2.1.3 กำหนดโควต้าของกลุ่มตัวอย่าง จากกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายอายุ 25 ปีขึ้นไป แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนเท่า ๆ กัน และแบ่งช่วงอายุเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อายุ 25-35 ปี, กลุ่มที่ 2 อายุ 36-45 ปี, กลุ่มที่ 3 อายุ 46-55 ปี และกลุ่มที่ 4 อายุ 56 ปีขึ้นไป ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 8 กลุ่ม สุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 50 คน

2.1.4 ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพฯ ในเดือนกันยายน พ. ศ. 2549 ตามกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการกำหนดในข้อ 2.1.3 ด้วยแบบสอบถามตามภาคผนวก ก2 สุ่มตัวอย่างแบบ Judgment Sampling นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลแบบนับความถี่, crosstab, การเรียงลำดับ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนตัวด้านเพศและอายุกับความสนใจซื้อด้วยการวิเคราะห์ Chi- square ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. การพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

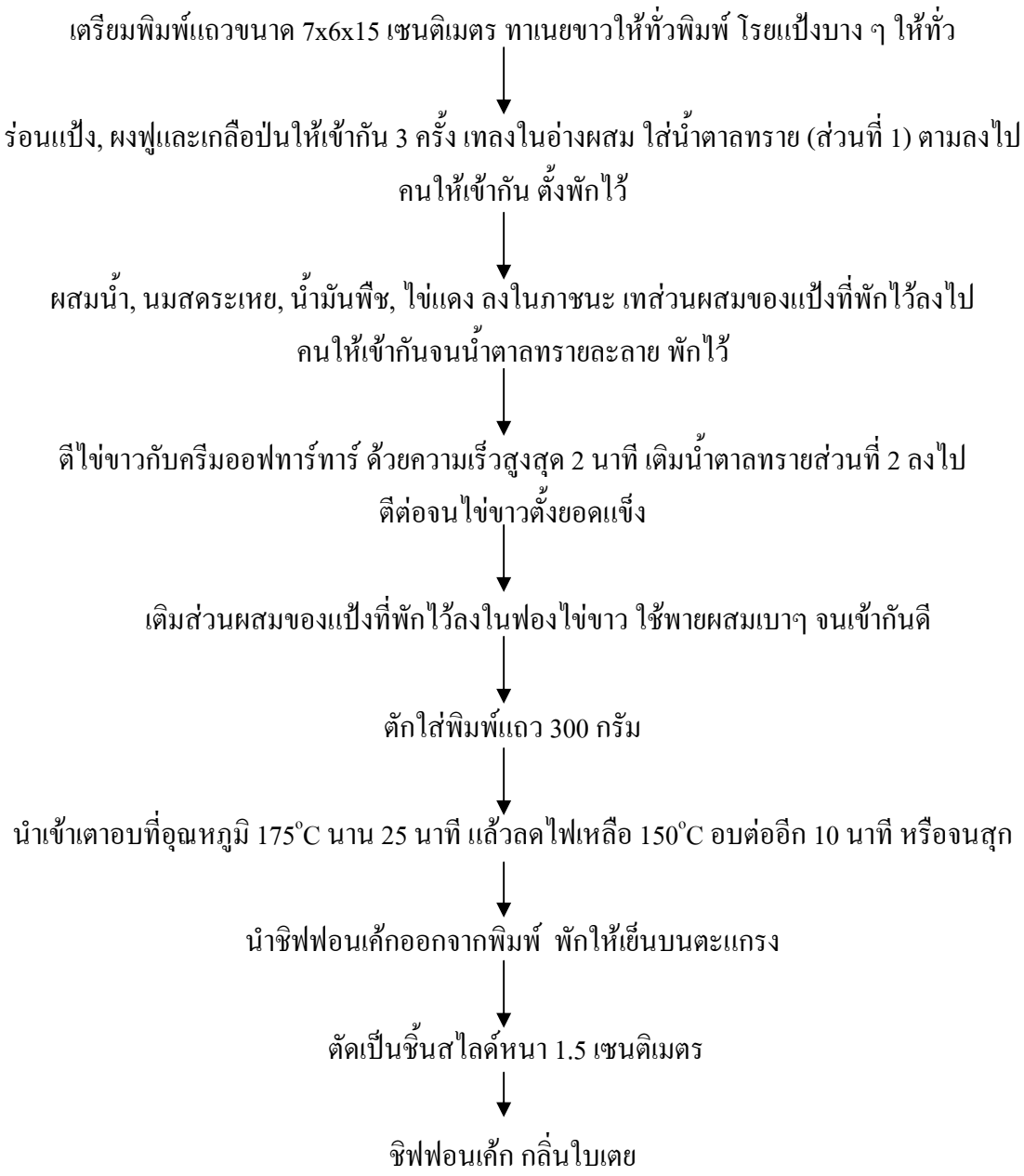
3.1 การศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐาน

ทำการผลิตชิฟฟอนเค้กตามสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 7) ซึ่งได้จากการดัดแปลงสูตรชิฟฟอนเค้กช็อกโกแลตของเพ็ญ (2549) โดยไม่ใส่ผงโกโก้และกลิ่นวานิลลา ใช้กลิ่นใบเตยและสีผสมอาหารสีเขียวแทน มีกรรมวิธีการผลิตตามภาพที่ 8 ซึ่งดัดแปลงมาจากเพ็ญ (2549) ทำการผลิตชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมมะลิ นำมาวัดค่าทางกายภาพเปรียบเทียบกัน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิต่อไป

ตารางที่ 7 สูตรพื้นฐานในการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ส่วนผสม	ร้อยละ
แป้งข้าวหอมมะลิ	24.00
น้ำตาลทรายส่วนที่ 1	13.00
น้ำตาลทรายส่วนที่ 2	6.00
ไข่แดง	9.00
ไข่ขาว	19.00
น้ำมันพืช	13.00
นมสดระเหย	10.00
น้ำ	4.00
ผงฟู	1.00
เกลือป่น	0.30
ครีมออฟทาร์ทาร์	0.30
กลิ่นใบเตย	0.60
สีผสมอาหารสีเขียว	0.02
รวม	100

ที่มา: ดัดแปลงจาก เพ็ญ (2549)



ภาพที่ 8 กรรมวิธีการเตรียมชิฟฟอนเค้ก กลิ่นใบเตย

ที่มา: ดัดแปลงจาก เพ็ญ (2549)

นำชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมมะลิมาวัดค่าทางกาย ดังต่อไปนี้

3.1.1 การวัดปริมาตรของเค้กโดยดัดแปลงจากวิธีของ Park (1976) โดยใช้การแทนที่งา เริ่มจากการนำงาเติมลงในภาชนะที่มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์จนเต็ม เทลงในกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตร(ปริมาตรงาเริ่มต้น) นำผลิตภัณฑ์ไปชั่งน้ำหนัก เทงาลงไปที่ก้นภาชนะส่วนหนึ่ง วางผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะเดิมที่ใช้วัดปริมาตรงา เทงาลงในภาชนะจนล้นเล็กน้อย แล้วใช้พายที่เรียบเสมอกันปาด 1 ครั้ง จากนั้นเทงาลงในกระบอกตวง อ่านปริมาตร (ปริมาตรงาหลังแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์) และคำนวณปริมาตรจำเพาะ โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรงาเริ่มต้น} - \text{ปริมาตรงาหลังแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}$$

3.1.2 การวัดค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (Barrett *et al.*, 2000) โดยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส(Lloyd Instrument) Model TA 500 ใช้หัว Cylinder Probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทาง 9 มิลลิเมตร(60% deformation) ขนาดตัวอย่าง 15x15x15 มิลลิเมตร ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง(Hardness), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน(Cohesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว(Chewiness)

3.2 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 6 ระดับ ได้แก่ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งข้าวหอมมะลิ และสูตรควบคุม (ชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรพื้นฐาน) นำมาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.2.1 การวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ

ก. วัดปริมาตรจำเพาะ ตามวิธีการในข้อ 3.1.1

ข. ค่าเนื้อสัมผัส Texture profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2

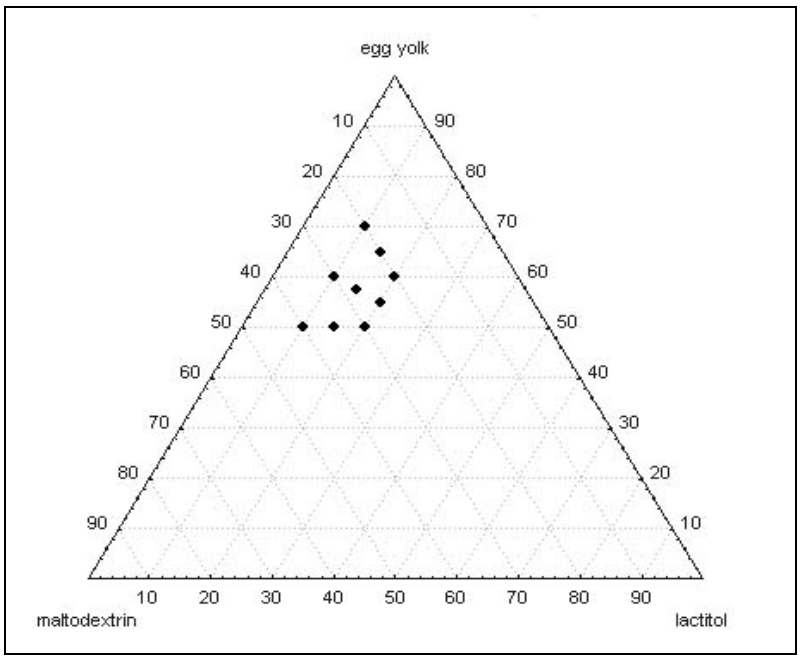
3.2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scaling (เพ็ญขวัญ, 2549) ช่วงคะแนนตั้งแต่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 ชอบมากที่สุด ปัจจัยที่ทดสอบได้แก่ ความนุ่ม, ความหวาน และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน จัดสิ่งทดลองแบบสุ่มในบล็อคไม่สมบูรณ์ (t=6 k=3 r=10 b=20 λ=6) (สุรพล, 2537) เสนอตัวอย่างให้คนละ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างได้รับการทดสอบ 30 ครั้ง (n= 30) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance, ANOVA) ทำการคัดเลือกสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณน้ำที่เหมาะสม แล้วนำไปทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลี ด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scaling และ Just About Right Scaling 5 ช่วงกับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในปัจจัยด้านความนุ่ม, ความหวาน และความชอบรวม

4. การพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม

4.1 การลดปริมาณไข่แดงในสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

นำสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาแล้ว มาวางแผนเพื่อลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ในสูตร โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (Gacula, 1993) ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ปริมาณไข่แดงร้อยละ 50- 70 ปัจจัยที่ 2 คือ สาร maltodextrin ร้อยละ 20- 40 และปัจจัยที่ 3 คือ สาร Lactitol ร้อยละ 10- 20 คิดจากร้อยละของปริมาณไข่แดงในสูตรเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.5 ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง ดังภาพที่ 9 ทำการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 3 ครั้ง จึงได้สิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 8



ภาพที่ 9 แผนการทดลองแบบ Mixture Design ในการลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ในสูตร

ตารางที่ 8 สิ่งทดลองในการศึกษาการลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ในสูตร

สิ่งทดลอง	ตำแหน่งในแผนภาพ	ปัจจัย (ร้อยละ)			รวมปัจจัย (ร้อยละ)	ส่วนผสมอื่น (ร้อยละ)
		ไข่แดง	Maltodextrin	Lactitol		
1	vertices	4.25	3.40	0.85	8.50	91.5
2	vertices	5.95	1.70	0.85	8.50	91.5
3	vertices	5.10	1.70	1.70	8.50	91.5
4	vertices	4.25	2.55	1.70	8.50	91.5
5	midpoints	5.10	2.55	0.85	8.50	91.5
6	midpoints	5.53	1.70	1.27	8.50	91.5
7	midpoints	4.67	2.13	1.70	8.50	91.5
8	midpoints	4.25	2.98	1.27	8.50	91.5
9	centroid	4.89	2.34	1.27	8.50	91.5
10	(ซ้ำ 3 ครั้ง)	4.89	2.34	1.27	8.50	91.5
11		4.89	2.34	1.27	8.50	91.5

4.1.1 การวัดค่าคุณภาพของชิฟฟอนเค้กทั้งหมด

นำชิฟฟอนเค้กที่ผลิตได้มาทำการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

ก. ปริมาตรจำเพาะของชิฟฟอนเค้ก ตามวิธีการในข้อ 3.1.1

ข. ค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กด้วยวิธี Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2 โดยบันทึกค่าความแข็งเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการสร้างสมการของค่าความแข็ง

4.1.2 การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง

ทำการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง(Response Surface Methodology) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณไข่แดง, สาร Maltodextrin และสาร Lactitol ต่อค่าความแข็งและปริมาตรจำเพาะของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีสูตรแตกต่างกัน โดยนำค่าคุณภาพทางกายภาพที่วัดได้จากข้อ 4.1 มาวิเคราะห์สมการถดถอย โดยใช้สมการ Second Order Polynomial หาสมการที่ดีที่สุดที่มีความแปรปรวน (R^2) ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป ทำการคัดเลือกสูตร โดยพิจารณาจากค่าความแข็งและปริมาตรจำเพาะที่อยู่ในช่วงที่กำหนด

4.1.3 ศึกษาคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยนำสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 4.2 มาทำการผลิตและวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ โดยทำการเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรควบคุม(สูตรไม่ลดคอเลสเตอรอล) เพื่อนำไปศึกษาการทดแทนน้ำตาลต่อไป

ก. วัดค่าปริมาตรจำเพาะตามวิธีการในข้อ 3.1.1

ข. วัดค่าความแข็งด้วยวิธี Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2

4.2 การใช้สารให้ความหวานและสารทดแทนของแข็งทดแทนน้ำตาลทรายในสูตร

นำสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 4.1 มาทดแทนน้ำตาลด้วยสารซูคราโลสโดยสารซูคราโลสมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส (น้ำตาลทราย) 600 เท่า ปริมาณซูคราโลสที่ใช้จึงเท่ากับร้อยละของน้ำตาลทรายในสูตรหารด้วย 600 และใช้สารแลคทิทอลเป็นสารทดแทนของแข็ง โดยใช้ในปริมาณเท่ากับร้อยละของน้ำตาลทรายในสูตรหลังจากลบร้อย

ละของซูคราโลสออกแล้ว ทำการผลิตและวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรควบคุม ได้แก่

4.2.1 ค่าปริมาตรจำเพาะ ตามวิธีการในข้อ 3.1.1

4.2.2 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2

4.3 การปรับปรุงกลิ่นรสตามความต้องการของผู้บริโภคและขยายการผลิต

ทำการปรับปรุงกลิ่นรสตามที่ได้จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิในข้อ 2 จากนั้นขยายการผลิตเป็น 1.3 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับการผลิตขนาด 300 กรัม ทำการวัดค่าคุณภาพดังนี้

4.3.1 การวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ

ก. ปริมาตรจำเพาะของชิฟฟอนเค้กตามวิธีการในข้อ 3.1.1

ข. ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2

4.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรขยายการผลิตที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางกายภาพแล้ว มาทำการทดสอบความชอบและหาแนวโน้มการพัฒนาด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scaling และ Just About Right Scaling 3 ช่วงกับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในปัจจัยด้านสี, กลิ่นใบเตย, ความนุ่ม, กลิ่นรสใบเตย, ความหวาน และความชอบรวม

5. การศึกษาคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

5.1 คุณภาพทางกายภาพ

5.1.1 ค่าสี L* a* b* ของเนื้อในชิฟฟอนเค้ก ตามวิธีการในข้อ 4.3.1ก.

5.1.2 ปริมาตรจำเพาะของชิฟฟอนเค้กตามวิธีการในข้อ 3.1.1

5.1.3 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.2

5.2 คุณภาพทางเคมี

5.2.1 องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC. (2000) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต

5.2.2 ค่า Water Activity โดยใช้เครื่องวัด Water Activity (Novasiana MS1-Aw, Switzerland) เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด ใส่ในตลับตัวอย่างประมาณ ¾ ของตลับซึ่งมีขีดบอกระดับการใส่ตัวอย่าง และปิดฝาพักไว้ ทำการปรับมาตรฐานของเครื่องทุกครั้งก่อนใช้งาน โดยใช้เกลืออิ่มตัวมาตรฐานให้ครอบคลุมตัวอย่างช่วงที่ทำการวัด นำตัวอย่างที่ใส่ในตลับเปิดฝาออก และใส่ในช่องวัดค่า Water Activity ทำการวัดค่าและบันทึกข้อมูล

5.2.3 ปริมาณคอเลสเตอรอลในชิฟฟอนเค้ก โดยส่งวิเคราะห์ ณ. ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร จำกัด (LCFA)

5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

5.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) โดยใช้เกณฑ์ คือ จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

5.3.2 ยีสต์และรา (AOAC, 2000) โดยใช้เกณฑ์ คือ น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการทดสอบการยอมรับชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาแล้วแบบ Central Location Test (CLT) ใช้ผู้ทดสอบที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป จำนวน 140 คน มีรายละเอียดการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามภาคผนวก ง.1 ทำการทดสอบ ณ. บูธบริเวณธนาคารกรุงศรีอยุธยา ในงานเกษตรแฟร์' 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 30- 2 ก. พ. 2550 โดยใช้แบบทดสอบ ดังภาคผนวก ง2 วิเคราะห์ผลด้วยการนับความถี่ และวิเคราะห์แบบ McNemar (Stone and Sidel, 1985) เพื่อสังเกตการเปลี่ยนใจในการยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคหลังจากทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

7. การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ศึกษาอายุการเก็บของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในกล่องพลาสติกใสชนิด PE ที่ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มทุกวันโดยกำหนดระยะเวลาหลังจากผลิตเสร็จไม่เกิน 2 ชั่วโมงเป็นวันที่ 0 เมื่อเวลาผ่านไป 24± 2 ชั่วโมงเป็นวันที่ 1 (day 1) เมื่อเวลาผ่านไป 48± 2 ชั่วโมงเป็นวันที่ 2 (day 2) เวลาผ่านไป 72± 2 ชั่วโมงเป็นวันที่ 3 (day 3) เวลาผ่านไป 96± 2 ชั่วโมงเป็นวันที่ 4 (day 4) ทำการวัดค่าดังต่อไปนี้

7.1 สังเกตลักษณะปรากฏของชิฟฟอนเค้ก ได้แก่ ความชุ่มของเนื้อเค้ก, การแยกตัวของน้ำมันออกจากเค้ก, การเกาะตัวกันเมื่อตัด

7.2 วัดค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis ตามวิธีการในข้อ 3.1.1 โดยเทียบกับเกณฑ์ค่าเนื้อสัมผัสที่กำหนด

7.3 วัดค่า Water Activity โดยใช้เครื่องวัด Water Activity ตามวิธีการในข้อ 5.2.2 เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่า Water Activity ในผลิตภัณฑ์

สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตั้งแต่เดือนมิ.ย. 2549 สิ้นสุดเดือนเม.ย. 2550

ผลและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ตารางที่ 9) พบว่า ผลิตภัณฑ์ชิฟ-ฟอนเค้กที่วางจำหน่ายมีหลากหลายผู้ผลิต โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีตราสินค้า (brand) แต่มีชื่อร้านที่ทำการผลิต ตรายี่ห้อชิฟฟอนเค้กที่พบ ได้แก่ Baker Land By CP, กาโตว์ เฮ้าส์ และแซง-แยร์แมง ส่วนที่ไม่มีตรายี่ห้อแต่มีชื่อร้านปรากฏที่บริเวณที่ทำการผลิต เช่น ร้านเทเวศน์เบเกอรี่, ร้านชิฟฟอนเบเกอรี่ เป็นต้น ชิฟฟอนเค้กทั้งหมดวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง ส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็นชิ้นสามเหลี่ยมทาครีมและประกบคู่ และมีรูปแบบอื่น ๆ เช่น ครึ่งวงกลม, สี่เหลี่ยมผืนผ้าทาครีมตรงกลางประกบคู่, ขนาดที่ใหญ่ที่สุดเป็นรูปวงแหวน และยังมีรูปวงแหวนที่สามารถสั่งทำตามขนาดปอนด์ได้ มีขนาดบรรจุต่อชิ้น 65 กรัม ราคา 6- 15 บาท/ชิ้น มีหลากหลายกลิ่นรส ได้แก่ ใบเตย, วานิลา, โกโก้, ช็อกโกแลต, กาแฟ, ใบเตย, ส้ม, นมสด หรือเป็นกลิ่นรสผสม ได้แก่ วานิลา-โกโก้ และเซซามิ บัตเตอร์ เป็นต้น ซึ่งกลิ่นรสที่ผลิตโดยส่วนใหญ่คือ ใบเตย, ช็อกโกแลต, กาแฟ ภาชนะบรรจุส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มีต้นทุนต่ำ บรรจุแยกชิ้นเดี่ยวเช่น ห่อด้วยพลาสติก, ห่อกระดาษ หรือมีวัสดุรองเพื่อป้องกันไม่ให้ชิฟฟอนเค้กเสียรูปทรงเช่น จานกระดาษ, ถาดพลาสติก เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กในท้องตลาดส่วนใหญ่มีรูปแบบทาครีม ซึ่งมีไขมัน, เนยสด และน้ำตาลทรายเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ส่วนใหญ่มีขนาดบรรจุ 1 ชิ้น น้ำหนักประมาณ 65 กรัม ส่วนใหญ่บรรจุภัณฑ์เป็นรูปแบบที่ต้นทุนไม่สูงและห่ออย่างง่าย ไม่ยุ่งยาก ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิจึงควรอยู่ในรูปแบบไม่ทาครีม เพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มไขมันและน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ บรรจุ 1 ชิ้น น้ำหนัก 65 กรัม และใช้บรรจุภัณฑ์ที่สะดวกในการพกพาและเปิดรับประทาน มีต้นทุนบรรจุภัณฑ์ต่ำ

ตารางที่ 9 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ตรายี่ห้อ	ผู้ผลิต	รูปแบบ	ขนาด	ราคา	กลิ่นรส	บรรจุภัณฑ์
1. กาโตว์เฮ้าส์	บริษัท กา-โตว์เฮ้าส์	สี่เหลี่ยมผืนผ้าทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	26 บาท	เซซามิ บัตเตอร์	ห่อพลาสติก
2. Baker Land by CP.[1]	บริษัท ซี.พี. ค้าปลีกและการ-ตลาด จำกัด	ครึ่งวงกลม	65 กรัม/ ชิ้น	15 บาท	นมสด	ถาดพลาสติกบรรจุถุงพลาสติก
3. แซง-แยร์แมง	บริษัท กรุงเทพ-โตคิวสรรพ-สินค้า จำกัด	วงแหวน	165 กรัม	32 บาท	ช็อกโกแลต, วานิลา, มะนาว	รองด้วยจานกระดาษบรรจุถุงพลาสติก
4. ไม่มีตรายี่ห้อ	ร้านไพโรจน์เซ็นเตอร์เบ-เกอรี่	สามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	7 บาท/ชิ้น	วานิลา, ช็อกโกแลต, กาแฟ, ใบเตย, ส้ม	ห่อกระดาษ
5. ไม่มีตรายี่ห้อ	ร้านเซ็นทรัลเบเกอรี่	สามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	8 บาท/ชิ้น	ใบเตย, สองสีรสวานิลลา-โกโก้	ห่อพลาสติก
6. ไม่มีตรายี่ห้อ	ร้านเทเวศร์เบเกอรี่	สามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	6 บาท/ชิ้น	วานิลา, ช็อกโกแลต, กาแฟ, ใบเตย	ห่อกระดาษ
7. ไม่มีตรายี่ห้อ	ร้านชิฟฟอนเบเกอรี่	สามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	7 บาท/ชิ้น 170 บาท/ปอนด์	ช็อกโกแลต, กาแฟ, ใบเตย	ห่อกระดาษ
8. ไม่มีตรายี่ห้อ	PornMaree Bakery	สามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่	ไม่ระบุ	8 บาท/ชิ้น	ใบเตย	ห่อพลาสติก

หมายเหตุ [1] หมายถึง ระบุส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ไข่ไก่ 31.80% น้ำตาลทราย 25.40% แป้งสาลี 18.80% ไขมันพืช 8.70% ผงฟู 0.30% เกลือ 0.30% ใช้วัตถุกันเสีย แต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ

2. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไปต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไปต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ จำนวน 370 คน มีข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค ดังตารางที่ 10 แบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 49 เพศหญิงร้อยละ 51 แบ่งเป็น 4 ช่วงอายุ ได้แก่ 25-35, 36-45, 46-55 ปี ร้อยละ 27 เท่า ๆ กัน และ 56 ปีขึ้นไปร้อยละ 19 ความต้องการของผู้บริโภคต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีดังนี้ คือ ต้องการให้มีกลิ่นรสใบเตยมากที่สุดร้อยละ 49 รองลงมาได้แก่ วานิลลาร้อยละ 18 ช็อกโกแลตร้อยละ 8 กาแฟร้อยละ 7 กลิ่นรสส้ม, ชาเขียว, บลูเบอร์รี่ และอื่นๆ ร้อยละ 6, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ต้องการให้มีขนาดบรรจุ 2 ชิ้น ร้อยละ 32, 1 ชิ้น ร้อยละ 31, 3 ชิ้นร้อยละ 8, 4 ชิ้นร้อยละ 16 และมากกว่า 4 ชิ้นร้อยละ 11 ต้องการให้บรรจุในกล่องพลาสติกใสมากที่สุดร้อยละ 55 รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติกร้อยละ 21 และกล่องกระดาษร้อยละ 9 การเก็บรักษาต้องการให้เป็นเค้กที่รับประทานได้ทันที เก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 1-2 วัน ร้อยละ 58 เป็นเค้กแช่เย็นเก็บในตู้เย็น ร้อยละ 41 สถานที่ที่ต้องการให้จัดจำหน่ายมากที่สุด คือ ร้านสะดวกซื้อร้อยละ 40 รองลงมาได้แก่ ซุปเปอร์มาร์เก็ต, ห้างสรรพสินค้า และดิสเคาท์สโตร์ ร้อยละ 20, 19 และ 16 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้ความสนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 91 ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ปัจจัย	ร้อยละ
เพศ	
หญิง	51
ชาย	49
อายุ	
25-35 ปี	27
36-45 ปี	27
46-55 ปี	27
56 ปีขึ้นไป	19
การศึกษา	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา/มัธยมศึกษา/อนุปริญญา	43
ปริญญาตรี	43
สูงกว่าปริญญาตรี	14
อาชีพ	
พนักงานบริษัทเอกชน	26
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	22
ธุรกิจส่วนตัว	21
แม่บ้าน	15
นิสิต/นักศึกษาปริญญาตรี/โท/เอก	8
อื่นๆ (นักวิจัยอิสระ, ช่างภาพอิสระ, รับจ้าง)	8
รายได้ (บาท/เดือน)	
น้อยกว่า 10,000	40
10,000- 20,000	30
มากกว่า 20,000	30

ตารางที่ 11 ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อการพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

n = 370

ปัจจัย	ร้อยละ
ระดับความหวานเทียบกับตัวอย่างที่ได้ชิม	
หวานเท่ากัน	70
หวานน้อยกว่า	21
หวานมากกว่า	9
กลิ่นรสที่ต้องการ	
ใบเตย	49
วานิลลา	18
ช็อกโกแลต	8
กาแฟ	7
ส้ม	6
อื่น ๆ (กลิ่นข้าวหอมมะลิ, มะลิ, ธรรมชาติ)	5
บลูเบอร์รี่	4
ชาเขียว	3
ขนาดบรรจุ	
2 ชิ้น	33
1 ชิ้น	32
4 ชิ้น	16
มากกว่า 4 ชิ้น	10
3 ชิ้น	8
อื่น ๆ (ระบุจำนวน 5, 6, 10 ชิ้น, เหมาะสมตามราคาขาย)	1

ตารางที่ 11 (ต่อ)

n = 370

ปัจจัย	ร้อยละ
บรรจุภัณฑ์	
ถุงพลาสติก	21
กล่องพลาสติกฝาเปิดมีฐาน	55
กล่องพลาสติกพับมีแกน	8
กล่องกระดาษ	9
กล่องอลูมิเนียมฟอยด์	5
อื่นๆ (ภาชนะย่อยสลายตามธรรมชาติ, ตามความเหมาะสม)	2
สภาวะการเก็บ	
อุณหภูมิห้อง	58
แช่เย็น	41
อื่น ๆ (อุณหภูมิห้องได้ 1- 2 สัปดาห์, ในตู้เย็นได้ 2 สัปดาห์)	1
สถานที่จัดจำหน่าย	
ห้างสรรพสินค้า	19
ซุปเปอร์มาร์เก็ต	20
ร้านสะดวกซื้อ	40
ดิสเคาท์สโตร์	16
อื่น ๆ (ร้านกาแฟ, ปั๊มน้ำมัน, ร้านขายของฝากของที่ระลึก, ร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพ)	5
ความสนใจซื้อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ	
สนใจ	91
ไม่สนใจ	9

จากการสำรวจกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับระบุวันหมดอายุในระดับมากที่สุด ให้ความสำคัญด้านการแสดงฉลากโภชนาการ ราคาเหมาะสม ลักษณะปรากฏ บรรจุภัณฑ์ สถานที่จัดจำหน่าย ตรายี่ห้อในระดับมาก และปัจจัยด้านขนาดบรรจุต่อหน่วย รูปทรง การส่งเสริมการตลาดในระดับปานกลาง ดังนั้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ควรให้ความสนใจด้านการระบุวันหมดอายุเป็นสำคัญ ดังตารางที่ 12 รายละเอียดการคำนวณความสำคัญของแต่ละปัจจัยอยู่ในภาคผนวก ก3 สอดคล้องกับการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้กของอุศมา (2545), พัชรินทร์ และคณะ (2547), และ ณัชนก (2549) ซึ่งผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความสดใหม่เค้ก อยู่ในช่วงเวลาที่ยังไม่เสื่อมเสียสามารถรับประทานได้อย่างปลอดภัย

ตารางที่ 12 ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ผู้บริโภคพิจารณาในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก

n= 370

ปัจจัย	ความถี่แต่ละระดับคะแนน					ค่าคะแนนเฉลี่ย	ระดับความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ระบุวันหมดอายุ	1	4	27	63	275	4.64	มากที่สุด***
ฉลากโภชนาการ	12	28	71	116	143	3.95	มาก**
ราคาเหมาะสม	3	15	163	125	64	3.63	มาก
ลักษณะปรากฏ	4	45	105	161	55	3.59	มาก
บรรจุภัณฑ์	5	30	142	139	54	3.56	มาก
สถานที่จัดจำหน่าย	9	33	135	131	62	3.55	มาก
ตรายี่ห้อ	8	36	155	118	53	3.46	มาก
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	9	62	156	105	38	3.27	ปานกลาง*
รูปทรง	18	56	162	102	32	3.20	ปานกลาง
การส่งเสริมการตลาด	30	60	153	82	45	3.14	ปานกลาง

หมายเหตุ * หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61 - 3.40

** หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41 - 4.20

*** หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21 - 5.00

ระดับคะแนนตั้งแต่ 1= สำคัญน้อยที่สุด ถึง 5= สำคัญมากที่สุด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศและอายุกับความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์ χ^2 พบว่า เพศและอายุ ไม่มีผลต่อความสนใจซื้อ ($p>0.05$) โดยทั้งเพศชายและเพศหญิงมีความสนใจซื้อเท่ากันที่ร้อยละ 91 แต่ละช่วงอายุมีความสนใจซื้อดังนี้คือ 25-35, 36-45, 46-55 และ 56 ปีขึ้นไป เท่ากับร้อยละ 86, 97, 89 และ 91 ตามลำดับ

จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด รวมถึงการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ สามารถสรุปแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่ทำจากแป้งข้าวหอมมะลิ ลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาลทราย ไม่ทาครีม มีกลิ่นรสใบเตย บรรจุ 1 ชิ้น ขนาด 65 กรัม ในกล่องพลาสติกใส เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และวางจำหน่ายตามร้านสะดวกซื้อ โดยต้องให้ความสำคัญกับการระบุวันหมดอายุ, การแสดงฉลากโภชนาการ และมีราคาที่เหมาะสม เหมาะสำหรับผู้บริโภคอายุ 25 ปีขึ้นไป หรือผู้ที่สนใจห่วงใยสุขภาพ

3. ผลการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

3.1 ผลการศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐาน

จากการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมมะลิ มีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Chewiness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ด้านค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (Springiness), ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังตารางที่ 13 แสดงว่าสามารถทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิลงในสูตรแป้งสาลีได้ร้อยละ 100 แต่ต้องปรับปรุงให้มีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น จากผลการศึกษาของอุสมา (2545) ซึ่งได้ทำการศึกษาการดูดน้ำของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีกับแป้งข้าวหอมมะลิไว้ พบว่า เมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิในแป้งผสมเพิ่มมากขึ้นจะดูดน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้น แนวทางในการปรับปรุงให้ชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้นคือ เพิ่มปริมาณน้ำในสูตร

ตารางที่ 13 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

คุณภาพ	ชิฟฟอนเค้กแป้งข้าวหอมมะลิ	ชิฟฟอนเค้กแป้งสาลี
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	2.47 ± 0.39^a	2.70 ± 0.22^a
ค่าความแข็ง (N)	3.59 ± 0.71^a	2.39 ± 0.24^b
ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (-)$^{(ns)}$	0.46 ± 0.02	0.46 ± 0.04
ค่าความยืดหยุ่น (mm)$^{(ns)}$	7.36 ± 0.42	7.48 ± 0.41
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Nmm)	11.93 ± 2.11^a	8.27 ± 1.40^b

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยการเพิ่มปริมาณน้ำจากน้ำหนักแป้งร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ทำการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบ พบว่า คะแนนความชอบสัมผัสทั้งด้านความนุ่ม, ความหวานและความชอบรวม ไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำแตกต่างกัน

ปริมาณน้ำที่เพิ่ม (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ความนุ่ม^{ns}	ความหวาน^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
0	5.97± 1.73	6.13± 1.61	6.17± 1.54
10	5.93± 1.53	5.87± 1.72	6.13± 1.31
20	6.07± 1.68	6.53± 1.43	6.77± 1.30
30	6.37± 1.61	6.20± 1.52	6.37± 1.54
40	6.47± 1.70	6.73± 1.39	6.73± 1.41
50	5.80± 1.81	6.13± 1.50	6.17± 1.46

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน($p>0.05$)
n = 30, คะแนนตั้งแต่ 1= ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

จากการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ โดยวัดค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง (ตารางที่ 15) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งลดลง เนื่องจากในระหว่างการอบ เค้กจะขยายตัวพองฟูเมื่อได้รับความร้อน ความชื้นจากน้ำจะทำปฏิกิริยาให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เค้กฟูขึ้นและให้ความดันไอ อุณหภูมิที่สูงขึ้นในตู้อบกระจายเข้าไปในเค้ก หลังจากนั้นผิวนอกของเค้กจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และขยายตัว เมื่อเค้กขยายตัวเต็มที่ ตรงกลางของเค้กจะยังแฉะอยู่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สตาร์ชบางส่วนจะดูดความชื้นเข้าไว้ทำให้เกิดเจล จากนั้นส่วนของโปรตีนที่มีอยู่ ได้แก่ อัลบูมินจากไข่ขาวจะเริ่มแข็งตัวและเป็นโครงร่างของเค้กขึ้น ในขณะที่การแข็งตัวของโปรตีนดำเนินอยู่ จะขับน้ำออกไปมากขึ้น เปลือกนอกจะได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น และเริ่มเปลี่ยนสีเมื่ออุณหภูมิกึ่งกลางของเค้กใกล้อุณหภูมิของตู้อบ เมื่ออุณหภูมิภายในเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยออกไปมากขึ้น โปรตีนจะแห้งและเริ่มดูดซึมไขมันเข้าไว้ (จิตธนาและอรอนงค์, 2546) ดังนั้น การเพิ่มน้ำมากขึ้น ทำให้สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลวในสูตรลดลง ส่วนของส่วนผสมที่ให้โครงร่างแก่เค้กลดลง จึงได้เค้กที่มีปริมาตรน้อยลง แต่เค้กมีความนุ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำในผลิตภัณฑ์เค้กช่วยให้เนื้อเค้กฟูไม่แน่น น้ำมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้เกิดโครงร่างของเค้ก เมื่ออุณหภูมิในตู้อบถึง 100°C น้ำจะระเหยเป็นไอ น้ำที่เพียงพอในสูตรทำให้ส่วนผสมที่ละลายน้ำได้กระจายตัวได้ดี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดี (Cauvain and Young, 2000) ประกอบ

กับแป้งข้าวหอมมะลิมีองค์ประกอบของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน อะมิโลสมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายยาวและไม่ละลายน้ำ ส่วนอะมิโลเพกทินมีโครงสร้างเป็นสายแขนงที่ละลายน้ำได้ ในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อยแต่เมื่อให้ความร้อนพันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวมากยิ่งขึ้น (กล้าณรงค์, 2542) ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นเม็ดแป้งจะดูดซับมากขึ้นและพองตัว ส่งผลให้ได้เนื้อเค้กที่อ่อนนุ่ม โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 10-30 ปริมาตรจำเพาะมีค่าเกิน 2 cm^3/g แต่เมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 40-50 ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะลดลงน้อยกว่า 2 cm^3/g เนื่องจากปริมาณน้ำมากเกินกว่าที่เม็ดแป้งจะดูดไว้ได้ เค้กไม่มีส่วนผสมที่ให้โครงร่างเพียงพอ ทำให้ได้เค้กที่เล็กลง ด้านค่าความแข็ง เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป ทำให้ค่าความแข็งมีค่าน้อยกว่า 2.00 นิวตัน

ตารางที่ 15 ค่าปริมาตรจำเพาะ และค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำแตกต่างกัน

ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ค่าความแข็ง (N)	ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (-)	ค่าความยืดหยุ่น (mm)	ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Nmm)
0	2.58 ± 0.14^{a}	2.93 ± 0.44^{a}	0.50 ± 0.50^{ab}	7.48 ± 0.29^{a}	11.02 ± 2.05^{a}
10	2.52 ± 0.18^{ab}	2.26 ± 0.61^{b}	0.51 ± 0.51^{a}	7.32 ± 0.20^{ab}	8.56 ± 2.59^{b}
20	2.37 ± 0.05^{b}	1.94 ± 0.40^{bc}	0.50 ± 0.50^{ab}	7.23 ± 0.32^{abc}	7.02 ± 1.55^{c}
30	2.11 ± 0.06^{c}	1.84 ± 0.59^{c}	0.48 ± 0.48^{bc}	6.70 ± 0.42^{d}	6.02 ± 2.29^{c}
40	1.76 ± 0.12^{d}	1.76 ± 0.35^{c}	0.49 ± 0.48^{bc}	7.12 ± 0.35^{bc}	6.12 ± 1.38^{c}
50	1.76 ± 0.24^{d}	1.81 ± 0.38^{c}	0.47 ± 0.47^{c}	7.02 ± 0.31^{c}	5.99 ± 1.31^{c}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำคะแนนความชอบด้านความนุ่มจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าคุณภาพทางกายภาพด้านค่าความแข็งมาหาสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์ค่า correlation พบว่า ข้อมูลทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ($r = - 0.30$) เนื่องจากชิฟฟอนเค้กมีลักษณะเฉพาะคือ นุ่ม เบา มีปริมาตรฟูดี (ทิพาวรรณ, 2533) จึงพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งในการคัดเลือกสูตร โดยพิจารณาสูตรที่มีค่าปริมาตรจำเพาะสูง และมีค่าความแข็งน้อยกว่า 2.00 นิวตัน พิจารณาสิ่งทดลองที่มีค่าความแข็งน้อยกว่า 2.00 นิวตันคือสิ่งทดลองที่เพิ่มปริมาณน้ำตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป จากนั้นพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะ พบว่า สิ่งทดลองที่เพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 20 มีค่าปริมาตรจำเพาะมากกว่าสิ่งทดลองที่เพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 30, 40 และ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$) จึงทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 20 จากน้ำหนักแป้ง มาทำการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานจากแป้งสาลี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำ ร้อยละ 20 จากน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานจากแป้งสาลี พบว่า ชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิมีค่าปริมาตรจำเพาะ, ค่าความแข็ง, ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แต่มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิมีปริมาตรจำเพาะน้อยกว่าแป้งสาลี แต่มีความนุ่มมากกว่า ดังตารางที่ 16

จากการนำชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ผลิตตามสูตรที่ได้คัดเลือก คือ เพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 20 จากน้ำหนักแป้ง มาทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลี และหาแนวโน้มการพัฒนาคุณลักษณะ ในปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม, ความหวาน และความชอบรวม โดยการทดสอบวิธี Hedonic Scaling ร่วมกับวิธี Just About Right Scaling พบว่า คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (ตารางที่ 17) คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 20 มีค่าเกิน 6 คะแนนทุกคุณลักษณะ โดยทั้งคุณลักษณะด้านความนุ่มและความหวานของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิมีความพอดีแล้ว ไม่ต้องปรับปรุง ร้อยละ 63.3 และ 73.3 ตามลำดับ ดังตารางภาคผนวกที่ ค1

ตารางที่ 16 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิหลังปรับปรุงเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กแป้งสาลี

คุณลักษณะ	ชิฟฟอนเค้กแป้งข้าวหอมมะลิ	ชิฟฟอนเค้กแป้งสาลี
ปริมาตรจำเพาะ(cm^3/g)	2.37 ± 0.05^{b}	2.70 ± 0.22^{a}
ค่าความแข็ง(N)	1.94 ± 0.40^{b}	2.39 ± 0.24^{a}
ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน(-)	0.50 ± 0.05^{a}	0.46 ± 0.04^{b}
ค่าความยืดหยุ่น(mm) $^{(ns)}$	7.23 ± 0.32	7.48 ± 0.41
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว(Nmm)	7.02 ± 1.55^{b}	8.27 ± 1.40^{a}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 17 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลี

คุณลักษณะ	ชิฟฟอนเค้กแป้งข้าวหอมมะลิ	ชิฟฟอนเค้กแป้งสาลี
ความนุ่ม^{ns}	6.07± 1.31	6.37± 1.38
ความหวาน^{ns}	6.17± 1.72	5.97± 1.65
ความชอบรวม^{ns}	6.23± 1.50	6.00± 1.62

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

n = 30, คะแนนตั้งแต่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

จากการพัฒนาสูตร พบว่า สูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมเป็นดังตารางที่ 18 ซึ่งมีปริมาณน้ำในสูตรเท่ากับร้อยละ 8.38 และเป็นสูตรตั้งต้นในการนำไปพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิต่อไป

ตารางที่ 18 สูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
แป้งข้าวหอมมะลิ	23.00
น้ำตาลทรายส่วนที่ 1	12.50
น้ำตาลทรายส่วนที่ 2	5.50
ไข่แดง	8.50
ไข่ขาว	18.00
น้ำมันพืช	12.50
นมสดระเหย	9.50
น้ำ	8.38
ผงฟู	1.00
เกลือ	0.30
ครีมออฟทาร์ทาร์	0.30
กลิ่นใบเตย	0.50
สีผสมอาหารสีเขียว	0.02
รวม	100.00

4. ผลการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม

4.1 ผลการลดปริมาณไข่แดงในสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ปริมาณไข่แดง ใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันและสารแลคทิทอล เป็นสารเพิ่มมวล ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง พบว่า ไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตริน และสารแลคทิทอล มีผลต่อปริมาตรจำเพาะและความแข็งของ

ชิฟฟอนเค้ก โดยค่าเฉลี่ยของปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 19

เมื่อนำค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ได้ มาทำการวิเคราะห์โดยวิธี RSM เพื่ออธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตริน และสารแลคทิทอล พบว่า สมการที่ได้มีค่า R^2 สูงเกิน 0.8 ขึ้นไป ดังตารางที่ 20 จึงนำสมการดังกล่าวมาสร้าง Response Surface เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ต่อไป

ตารางที่ 19 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของสิ่งทดลองในแผนการทดลองแบบ Mixture Design เพื่อลดปริมาณไข่แดงในสูตร

สิ่งทดลอง	ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ค่าความแข็ง (N)
1	2.15 ± 0.10^{bc}	2.30 ± 0.09^{a}
2	2.16 ± 0.04^{bc}	2.01 ± 0.07^{bcd}
3	2.52 ± 0.12^{a}	1.52 ± 0.03^{f}
4	2.23 ± 0.08^{b}	2.02 ± 0.12^{bcd}
5	2.45 ± 0.04^{a}	1.81 ± 0.12^{e}
6	2.15 ± 0.07^{bc}	2.21 ± 0.04^{ab}
7	2.25 ± 0.06^{b}	2.00 ± 0.03^{bcd}
8	2.17 ± 0.10^{bc}	1.71 ± 0.15^{ef}
9	2.20 ± 0.02^{bc}	1.87 ± 0.10^{cde}
10	2.00 ± 0.10^{c}	1.91 ± 0.04^{cde}
11	2.20 ± 0.17^{bc}	1.84 ± 0.02^{cde}

หมายเหตุ $^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 20 สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

คุณภาพ (y_i)	สมการถดถอย	R^2	p-value[1]
ปริมาตรจำเพาะ	$1.12x_1 - 1.33x_2 + 50.11x_3 + 15.34x_1x_2 - 56.72x_1x_3 - 76.34x_2x_3$	0.997	0.000
ความแข็ง	$4.77x_1 + 11.78x_2 + 1.33x_3 - 23.23x_1x_2 - 6.24x_1x_3 - 2.89x_2x_3$	0.987	0.000

หมายเหตุ y_i คือ คุณภาพทางกายภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

x_1 คือ ปริมาณไข่แดง

x_2 คือ ปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ตริน

x_3 คือ ปริมาณสารแลคทิทอล

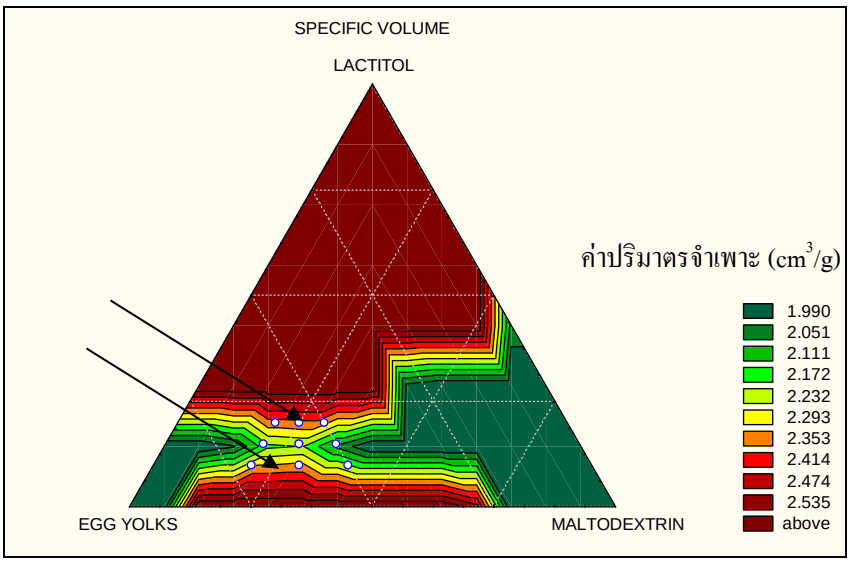
[1] คือ p-value ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรจำเพาะซึ่งมี $R^2 = 0.997$ นำมาสร้าง Response Surface ดังภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าพื้นผิวตอบสนองมีสีแตกต่างกัน หมายถึง มีค่าปริมาตรจำเพาะแตกต่างกันเมื่อปริมาณปัจจัยที่ใช้แตกต่างกัน แสดงว่า ไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตริน และสารแลคทิทอล เสริมซึ่งกันและกันทำให้เกิดปริมาตรของชิฟฟอนเค้กที่แตกต่าง แผนการทดลองแบบ Mixture Design ทำให้การที่ปัจจัยตัวใดตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ปัจจัยที่เหลือจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มว่า เมื่อปริมาณไข่แดงเพิ่มมากขึ้นปริมาตรจำเพาะจะเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากในไข่แดงจะมีไขมันเลซิทินซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟด์และช่วยให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ฟูขึ้น (จิตธนาและอรอนงค์, 2546) แต่การใช้มากเกินจุดที่เหมาะสมทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง เมื่อสาร มอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง การใช้สารแลคทิทอล เพิ่มขึ้นแนวโน้มของปริมาตรจำเพาะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารแลคทิทอลเป็นสารเพิ่มมวล เมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบทำให้ได้ปริมาตรที่ฟูดี

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ของค่าความแข็งซึ่งมี $R^2 = 0.987$ นำมาสร้าง Response Surface ดังภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าพื้นผิวตอบสนองมีสีแตกต่างกัน หมายถึง มีค่าความแข็งแตกต่างกันเมื่อปริมาณปัจจัยที่ใช้แตกต่างกัน แสดงว่า ไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตริน และสารแลคทิทอล เสริมซึ่งกันและกันทำให้เกิดความแข็งของชิฟฟอนเค้กที่แตกต่างกัน แสดงว่า ไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตริน และสารแลคทิทอล มีผลร่วมกันต่อค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้ก เมื่อปริมาณไข่แดงเพิ่มมากขึ้นค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การลดปริมาณไข่แดงลงทำให้ค่าความแข็งลดลง แต่การไม่ใช้ไข่แดงเลยทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อเค้กไม่ขึ้นฟูและไม่เกิดปริมาตร

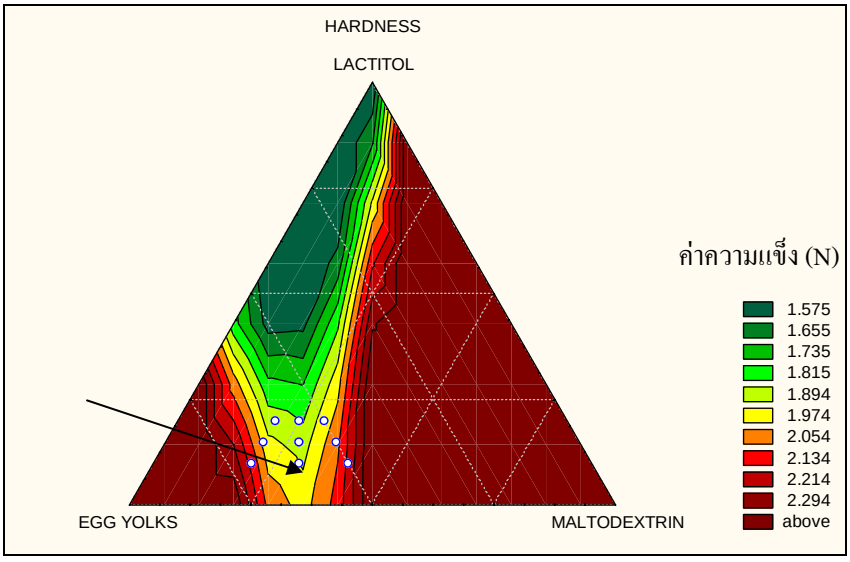
เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกสูตร คือ บริเวณสีพื้นที่ที่มีค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งใกล้เคียงกับชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุม (ชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรไม่ลดคอเลสเตอรอล) ซึ่งมีปริมาตรจำเพาะ 2.37 cm^3/g และมีค่าความแข็ง 1.94 N บริเวณพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาของค่าปริมาตรจำเพาะคือ พื้นที่สีสัมอ่อนในภาพที่ 10 ซึ่งมีค่าปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 2.29- 2.35 cm^3/g บริเวณพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาของค่าความแข็งคือ พื้นที่สีเหลืองในภาพที่ 11 ซึ่งมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 1.89-1.97 N

เมื่อนำพื้นที่ของปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งที่ผ่านเกณฑ์พิจารณามาทับซ้อนกันดังภาพที่ 12 โดยมีข้อกำหนดของการวางแผนแบบ Mixture Design คือ ปริมาณไข่แดงร้อยละ 50-70, สารมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 20- 40 และสารแลคทิทอลร้อยละ 10- 20 ของปริมาณไข่แดงในสูตรชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิซึ่งเท่ากับร้อยละ 8.5 พบว่า พื้นที่ที่ซ้อนทับกันประกอบด้วยปริมาณไข่แดงร้อยละ 50- 53, สารมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 28- 32 และสารแลคทิทอลร้อยละ 18-20 ของปริมาณไข่แดงในสูตรเริ่มต้น จากเป้าหมายในการพัฒนาสูตรที่สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้มากที่สุดด้วยการลดปริมาณไข่แดงให้ใช้น้อยที่สุด และอยู่ในแผนการทดลอง จึงเลือกจุดที่ใช้ไข่แดงร้อยละ 50, สารมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 31 และสารแลคทิทอลร้อยละ 19 จากปริมาณไข่แดงในสูตรเริ่มต้น ดังแสดงด้วยบริเวณพื้นที่ในภาพที่ 12 ได้สูตรของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ดังตารางที่ 21



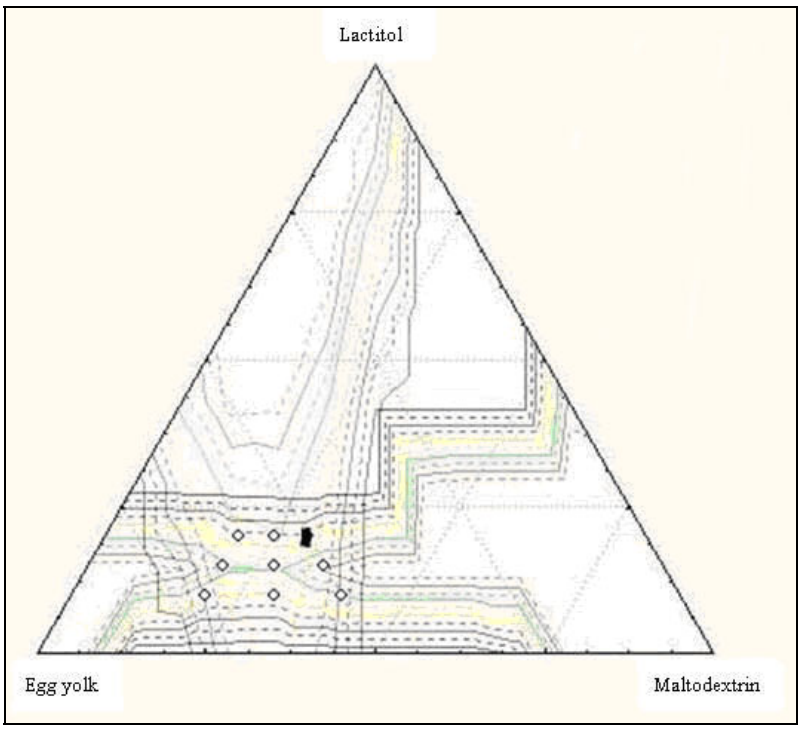
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่แดง, สารมอลโตเด็กซ์ตรินและสารแลคทิทอล ที่มีผลต่อปริมาตรจำเพาะ

หมายเหตุ ลูกศรในภาพ แสดงบริเวณสีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์พิจารณา



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่แดง,สารมอลโตเด็กซ์ตรินและสารแลคทิทอล ที่มีผลต่อค่าความแข็ง

หมายเหตุ ลูกศรในภาพ แสดงบริเวณสีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์พิจารณา



ภาพที่ 12 บริเวณพื้นที่ทับซ้อนกันระหว่างพื้นผิวของปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งที่ผ่านเกณฑ์พิจารณา

หมายเหตุ บริเวณจุดสีดำในภาพ แสดงบริเวณพื้นที่ทับซ้อนกันระหว่างพื้นผิวของค่าปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งที่ผ่านเกณฑ์พิจารณา

ตารางที่ 21 สูตรของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
แป้งข้าวหอมมะลิ	23.00
น้ำตาลทราย (ส่วนที่ 1)	12.50
น้ำตาลทราย (ส่วนที่ 2)	5.50
ไข่แดง	4.25
มอลโตเด็กซ์ตริน	2.65
แลคทิทอล	1.60
ไข่ขาว	18.00
น้ำมันพืช	12.50
นมสดระเหย	9.50
น้ำ	8.38
ผงฟู	1.00
เกลือ	0.30
ครีมออฟทาร์ทาร์	0.30
กลิ่นใบเตย	0.50
สีเขียว	0.02
รวม	100.00

จากการวัดปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งด้วยวิธี Texture Profile Analysis ของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุม พบว่าปริมาตรจำเพาะ, ค่าความแข็ง, ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 22 จึงนำไปเป็นสูตรตั้งต้นในการศึกษาการลดน้ำตาลในสูตรต่อไป

ตารางที่ 22 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุมและชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอล

คุณลักษณะ	ชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุม	ชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอล
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) $^{(ns)}$	2.37±0.05	2.32± 0.07
ค่าความแข็ง (N) $^{(ns)}$	1.94±0.40	2.08±0.30
ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (-) $^{(ns)}$	0.50±0.50	0.45±0.03
ค่าความยืดหยุ่น (mm) $^{(ns)}$	7.23±0.32	7.20±0.26
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Nmm) $^{(ns)}$	7.02±1.55	6.68±1.16

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

4.2 ผลการใช้สารให้ความหวานและสารทดแทนของแข็งทดแทนน้ำตาลทรายในสูตร

จากการทดแทนน้ำตาลในสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยใช้สารซูคราโลสและสารแลคทิทอล ซูคราโลสมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 600 เท่า และใช้สาร แลคทิทอลแทนที่น้ำหนักของน้ำตาลทรายหลังจากหักลบปริมาณสารซูคราโลสที่ต้องใช้ออกแล้ว นำชิฟฟอนเค้กที่ได้มาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุมมีค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวมากกว่าสูตรลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 23) เนื่องจากสารแลคทิทอลเป็นผลึกสีขาวที่ไม่มีกลิ่นรส มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส สามารถละลายน้ำได้ดี (Danisco, 2007) จึงสามารถทำหน้าที่ในการให้ปริมาตรและทำให้เกิดโครงร่างแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ จึงนำสูตรชิฟฟอนเค้กลดน้ำตาลที่ได้มาปรับปรุงกลิ่นรสใบเตยตามที่ผู้บริโภคต้องการและทำการขยายการผลิตต่อไป

ตารางที่ 23 ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาล

คุณลักษณะ	ชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุม	ชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาล
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) $^{(ns)}$	2.37±0.05	2.38± 0.07
ค่าความแข็ง (N) $^{(ns)}$	1.94±0.40	2.02±0.09
ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (-)	0.50±0.50^{a}	0.41±0.03^{b}
ค่าความยืดหยุ่น (mm)	7.23±0.32^{a}	6.51±0.59^{b}
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Nmm)	7.02±1.55^{a}	5.34±1.16^{b}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

4.3 ผลการปรับปรุงกลิ่นรสตามความต้องการของผู้บริโภคและขยายการผลิต

จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ เกี่ยวกับกลิ่นรสของชิฟฟอนเค้กที่ต้องการ ซึ่งผู้บริโภคต้องการให้มีกลิ่นรสใบเตยมากที่สุด จึงนำสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสม มาปรับปรุงให้มีกลิ่นรสใบเตย โดยแทนที่น้ำ, กลิ่นใบเตย และสีผสมอาหารสีเขียวในสูตรด้วยน้ำใบเตยคั้น อัตราส่วนใบเตยสดต่อน้ำเท่ากับ 1: 3 จากนั้นทำการขยายการผลิตโดยเปลี่ยนพิมพ์อบจากพิมพ์แถวขนาด 7x15x6 เซนติเมตร เป็นถาดขอบตรงขนาด 10x13x1.5 นิ้ว ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมซึ่งพิมพ์แถวสามารถอบได้ครั้งละ 300 กรัมต่อพิมพ์ แต่การใช้ถาดอบทำให้สามารถอบได้ครั้งละ 1,430 กรัมต่อถาด นอกจากนี้ การใช้ถาดอบทำให้สะดวกต่อการอบที่สามารถอบให้สุกได้ที่อุณหภูมิเดียว เนื่องจากการใช้พิมพ์แถวมีพื้นผิวหน้าน้อย ทำให้ความร้อนกระจายได้ช้า ถาดมีพื้นที่ผิวหน้ามากสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีและรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิตรงกลางสุกทั่วถึงได้รวดเร็ว ผลการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 24)

พบว่า ชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิตมีค่าสี a* และ b* มากกว่าสูตรชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสี - a* หมายถึง วัตถุมีสีเขียว และค่าสี + b* หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง ดังนั้น ชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิตซึ่งใช้น้ำใบเตยคั้นจึงมีสีเขียวเข้มมากกว่าชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลองซึ่งใช้กลิ่นใบเตยและสีผสมอาหารสีเขียว โดยชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลองมีค่าความแข็ง, ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวมากกว่าชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิตซึ่งอบด้วยถาดมีความนุ่มมากกว่า เนื่องจากการใช้ถาดอบทำให้ผิวหน้าที่สัมผัสความร้อนในเตามีมากกว่าพิมพ์แถว สามารถอบให้สุกได้เร็วกว่าเวลาในการอบสั้นลง ทำให้เนื้อเค้กนุ่มมากขึ้น

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี, กลิ่นใบเตย, ความนุ่ม, กลิ่นรสใบเตย, รสหวาน และความชอบรวม (ตารางที่ 24) พบว่า ชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิตมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะมากกว่าชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลอง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่า 7 คะแนนในทุกคุณลักษณะ จากการหาแนวโน้มการพัฒนาด้วยวิธี Just About Right Scaling พบว่า ทุกคุณลักษณะมีความพอดีแล้วเกินร้อยละ 70 มีรายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ ค2

ตารางที่ 24 คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลองและสูตรขยายการผลิต

คุณภาพ	ชิฟฟอนเค้กสูตรขนาดทดลอง	ชิฟฟอนเค้กสูตรขยายการผลิต
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี L*(ns)	57.49±3.21	57.17±1.78
a*	-2.22±0.41[a]	-4.96±0.36
b*	18.46±0.70[b]	22.79±1.59[a]
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)(ns)	2.38± 0.07	2.31±0.15
ค่าความแข็ง (N)	2.02±0.09[a]	1.75±0.15[b]
ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (-)	0.41±0.03[a]	0.35±0.03[b]
ค่าความยืดหยุ่น (mm)	6.51±0.59[b]	6.89±0.35[a]
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Nmm)	5.34±1.16[a]	4.23±0.71[b]
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
สี	6.03± 1.61[b]	7.20± 0.96[a]
กลิ่นใบเตย	5.60± 1.77[b]	7.03± 1.27[a]
ความนุ่ม(ns)	6.93± 1.08	7.00± 1.17
กลิ่นรสใบเตย	5.77± 1.59[b]	7.23± 1.35[a]
รสหวาน(ns)	6.73± 1.48	7.07± 1.53
ความชอบรวม	6.47± 1.33[b]	7.20± 1.32[a]

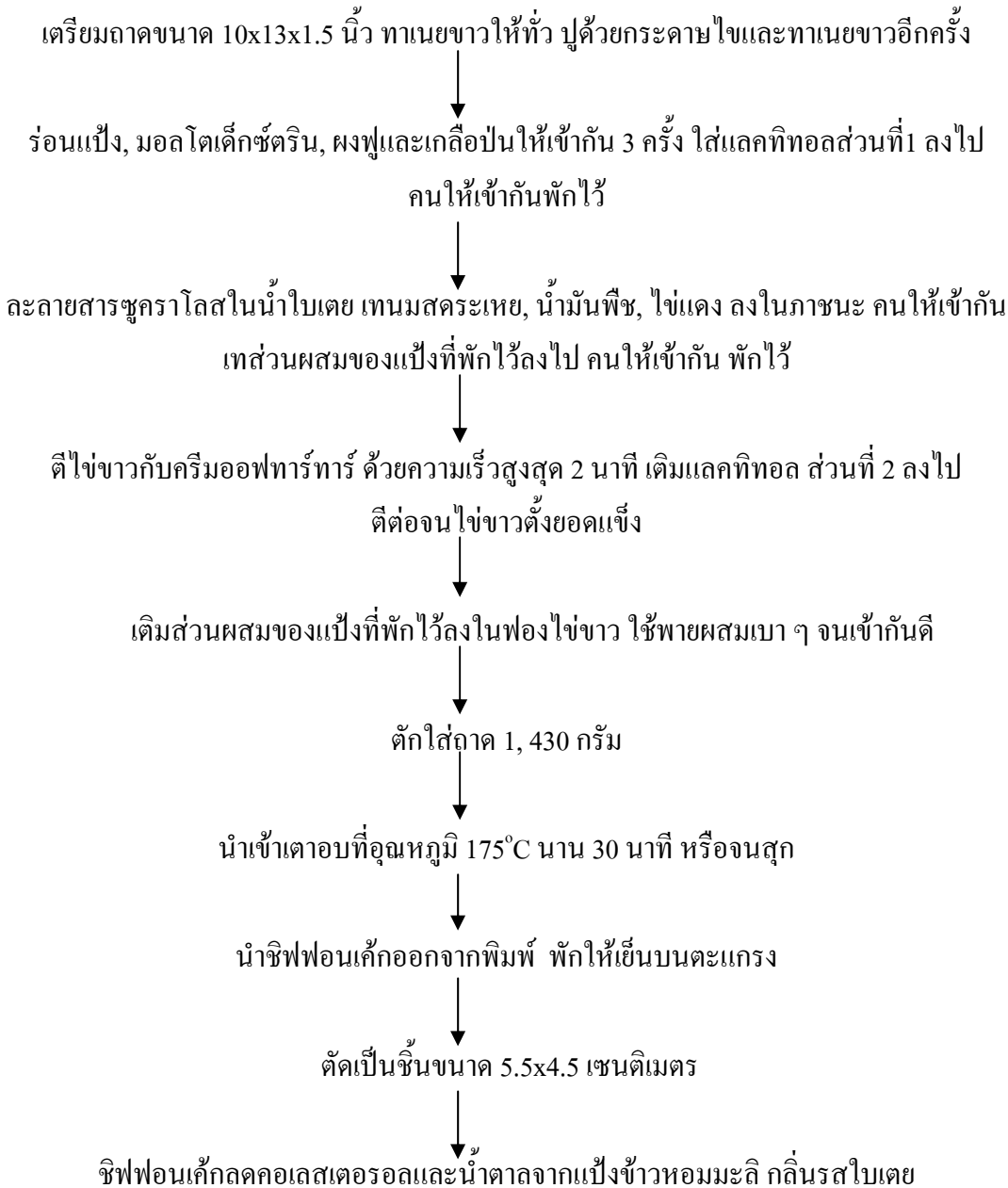
หมายเหตุ [ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

[a- b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

n = 30, คะแนนตั้งแต่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

5. ผลการศึกษาคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากการพัฒนาสูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ พบว่า สูตรชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เหมาะสมคือ แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 23.00 ไข่ขาวร้อยละ 18.00 ไข่แดงร้อยละ 4.25 น้ำมันพืชร้อยละ 12.50 สารแลคทิทอล ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ร้อยละ 14.07 และ 5.50 ตามลำดับ สารมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 2.65 นมสดระเหยร้อยละ 9.50 น้ำใบเตยร้อยละ 8.90 ผงฟูร้อยละ 1.00 เกลือร้อยละ 0.30 ครีมออฟทาร์ทาร์ร้อยละ 0.30 และสารซูคราโลสร้อยละ 0.03 มีกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมดังภาพที่ 13 มีคุณภาพดังตารางที่ 25 ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่ได้มีสีเขียวอ่อน (L*57.17, a*-4.96, b* 22.79) เนื้อสัมผัสนุ่ม (ค่าความแข็ง 1.75 นิวตัน) มีปริมาตรขึ้นฟูดี (2.31 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม) มีกลิ่นหอมใบเตย สามารถลดคอเลสเตอรอลลงได้ร้อยละ 27 มีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ชิฟฟอนเค้ก 1 ชิ้น (65 กรัม) มีค่าพลังงาน 200.12 กิโลแคลอรี่ และปริมาณคอเลสเตอรอล 17.53 มิลลิกรัม โดยไม่เติมน้ำตาลทรายในสูตร



ภาพที่ 13 กรรมวิธีการผลิตชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ กลิ่นรสใบเตย

ภาพที่ 14 ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ตารางที่ 25 ค่าคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

คุณภาพ	ชิฟฟอนเค้กสูตรควบคุม	ชิฟฟอนเค้กสูตรลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาล	ปริมาณที่ลดลง (ร้อยละ)
<u>คุณภาพทางกายภาพ</u>			
L*/a*/b*	56.70/-2.08/18.63	57.17/-4.96/22.79	
ค่าความแข็ง(N)	1.94	1.75	
ค่าความสามารถในการเกาะรวมกัน(-)	0.50	0.35	
ค่าความยืดหยุ่น(mm)	7.23	6.89	
ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว(Nmm)	7.02	4.23	
ปริมาตรจำเพาะ(ลบ.ซม./กรัม)	2.37	2.31	
<u>คุณภาพทางเคมี</u>			
a_w	0.95	0.92	
ความชื้น(ร้อยละ)	33.57	32.35	
โปรตีน(ร้อยละ)	6.00	5.21	
ไขมัน(ร้อยละ)	15.90	12.50	
เถ้า(ร้อยละ)	1.63	1.55	
เยื่อใยหยาบ(ร้อยละ)	5.23	4.79	
คาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)	37.68	43.59	
พลังงาน(กิโลแคลอรี/100กรัม)	317.78	307.87	
โคเลสเตอรอล(มิลลิกรัม/100กรัม)	37.06	26.97	27
<u>คุณภาพทางจุลินทรีย์</u>			
จุลินทรีย์รวมทั้งหมด(โคโลนี/กรัม)	-	8.3 x 10	
ยีสต์และรา(โคโลนี/กรัม)	-	<10	

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์ค่าคุณภาพตัวอย่าง

6. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธี CLT ผู้ทดสอบจำนวน 140 คน กับผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป มีข้อมูลทางประชากรศาสตร์ดังตารางที่ 26 ผู้ทดสอบแบ่งเป็นเพศหญิง ร้อยละ 75 เพศชาย ร้อยละ 25 อายุช่วง 25-35 ปีมากที่สุด ร้อยละ 54 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 36-45 ปี ร้อยละ 20 และช่วงอายุ 46-55 ปี ร้อยละ 16 การศึกษาระดับปริญญาตรีสูงสุด ร้อยละ 50.5 รองลงมาคือ ระดับสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 35 อนุปริญญา ร้อยละ 9.5 มัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 4.5 อาชีพข้าราชการร้อยละ 27.9 รองลงมา คือ พนักงานบริษัทเอกชนและธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 22.1 เท่ากัน สำหรับรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วงมากกว่า 25,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 29.3 รองลงมาคือ 10, 001-15, 000 บาท ร้อยละ 23.6 5,001– 10,000 บาท ร้อยละ 20 และ 20,001– 25,000 บาท ร้อยละ 7.9 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมในระดับความชอบเล็กน้อย (6.31) ความชอบด้านภาชนะบรรจุ 5.74 คะแนน ความชอบด้านรูปแบบซึ่งเป็นลักษณะชิ้นสี่เหลี่ยม 6.31 คะแนน ความชอบด้านกลิ่นใบเตย 6.91 คะแนน ความชอบด้านความนุ่ม 6.56 คะแนน (ตารางที่ 27) คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากกว่า 6 คะแนน ยกเว้นด้านภาชนะบรรจุ โดยผู้บริโภคให้เหตุผลต่าง ๆ กัน เช่น กล่องพลาสติกใสดูธรรมดาไม่ดึงดูดในการซื้อ, การใช้เทปใสปิดกล่องทำให้ปิดไม่สนิท, รูปทรงกล่องมีขอบพลาสติกกว้างเกินไป ทำให้ไม่สะดวกในการพกพา เป็นต้น แต่ยังมีการยอมรับภาชนะบรรจุร้อยละ 75 ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 78.6 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 52.9 โดยผู้บริโภคให้เหตุผลที่ไม่ตัดสินใจซื้อ เช่น รูปทรงชิ้นสี่เหลี่ยมไม่สวยทำให้ไม่น่าซื้อ, ราคา 12- 15 บาท แพงเกินไป เนื่องจากแป้งข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศจึงควรจะมีราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่จำหน่ายตามท้องตลาด แต่หลังจากผู้บริโภครับทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิแล้ว การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 90 และมีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 88.6 (ตารางที่ 28) และสามารถแจกแจงฐานนิยมของคะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะต่าง ๆ ได้ดังตารางผนวกที่ ค3

ตารางที่ 26 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

n = 140

ปัจจัย	ร้อยละ
เพศ	
หญิง	75
ชาย	25
อายุ	
25-35 ปี	54
36-45 ปี	20
46-55 ปี	16
56 ปีขึ้นไป	10
การศึกษา	
ปริญญาตรี	50.5
สูงกว่าปริญญาตรี	35
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา- อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)	14.5
อาชีพ	
ข้าราชการ	27.9
นิสิต/นักศึกษาปริญญาตรี/โท/เอก	15.7
พนักงานบริษัทเอกชน	22.1
ธุรกิจส่วนตัว	22.1
รัฐวิสาหกิจ	7.1
แม่บ้าน	4.3
อื่น ๆ (ที่ปรึกษาอิสระ)	0.7
รายได้	
มากกว่า 25,000 บาท	29.3
น้อยกว่า 10,000 บาท	26.4
10,000-15,000 บาท	23.6
15,001-20,000บาท	12.9
20,001-25,000 บาท	7.9

ตารางที่ 27 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ปัจจัย	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ภาชนะบรรจุ	5.74± 1.86
รูปแบบ (ชิ้นสี่เหลี่ยม)	6.31± 1.51
กลิ่นใบเตย	6.91± 1.46
ความนุ่ม	6.56± 1.19
ความชอบรวม (ก่อนทราบข้อมูล)	6.31± 1.46
ความชอบรวม (หลังทราบข้อมูล)	6.71± 1.43

หมายเหตุ n= 140, คะแนนความชอบตั้งแต่ 1= ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9= ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 28 การยอมรับและตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ(ร้อยละ)

n = 140

ปัจจัย	ก่อนทราบข้อมูล	หลังทราบข้อมูล
การยอมรับผลิตภัณฑ์		
ยอมรับ	78.6	90
ไม่ยอมรับ	21.4	10
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์		
ซื้อ	52.9	88.6
ไม่ซื้อ	47.1	11.4
การยอมรับภาชนะบรรจุ		
ยอมรับ	75	-
ไม่ยอมรับ	25	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่ได้ทำการสอบถาม

นำข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์ McNemar โดยแสดงข้อมูลความถี่และเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในการยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังได้รับข้อมูล

ก่อนทราบข้อมูล (ความถี่(%))	หลังทราบข้อมูล(ความถี่(%))		รวม
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	
ยอมรับ	107(76%)	3(2%)	110(78%)
ไม่ยอมรับ	19(14%)	11(10%)	30(22%)
รวม	126(90%)	14(10%)	140(100%)

ทำการคำนวณค่า McNemar Chi- square ได้ดังนี้

$$\text{McNemar Chi - square} = \frac{(|19 - 3|)^2}{(19 + 3)} = 11.64$$

จากตารางสถิติ ค่า Chi- square ที่ p = 0.05, sig 2 tailed, df = 1 มีค่าเท่ากับ 3.84 ดังนั้น McNemar Chi – square > Chi-square จากตารางสถิติ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ การยอมรับก่อนและหลังได้รับข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีการยอมรับเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 78.60 เป็นร้อยละ 90

นำข้อมูลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์ McNemar โดยแสดงข้อมูลความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ข้อมูลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังได้รับข้อมูล

ก่อนทราบข้อมูล (ความถี่(%))	หลังทราบข้อมูล(ความถี่(%))		รวม
	ซื้อ	ไม่ซื้อ	
ซื้อ	74(52.9%)	0(0%)	74(52.9%)
ไม่ซื้อ	50(35.7%)	16(11.4%)	66(47.1%)
รวม	124(88.6%)	16(11.4%)	140(100%)

ทำการคำนวณค่า McNemar Chi- square ได้ดังนี้

$$\text{McNemar Chi - square} = \frac{(|50 - 0|)^2}{(50 + 0)} = 50$$

จากตารางสถิติ ค่า Chi- square ที่ p = 0.05, sig 2 tailed, df = 1 มีค่าเท่ากับ 3.84 ดังนั้น McNemar Chi – square > Chi-square จากตารางสถิติ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ การตัดสินใจซื้อก่อนและหลังได้รับข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีการตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 52.9 เป็นร้อยละ 88.6 ซึ่งสอดคล้องกับวิฑูรย์ (2547) ร่วมกับคณะทำการศึกษาการเปลี่ยนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์หลังจากได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับ isoflavone จากถั่วเหลือง, lutein และผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลธรรมชาติ โดยเตรียมตัวอย่าง sherbet ที่มีส่วนผสมของ isoflavone จากถั่วเหลือง, ตัวอย่างน้ำผลไม้ที่มีส่วนผสมของ lutein และตัวอย่าง iced-tea ที่มีส่วนผสมของน้ำตาลธรรมชาติ ทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 495 คนให้ประเมินการตัดสินใจซื้อทั้งก่อนและหลังได้รับข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ sherbet และน้ำผลไม้หลังทราบข้อมูลประโยชน์ของ isoflavone และ lutein เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงเห็นได้ว่า การบอกข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของวัตถุดิบบางตัวที่ใช้ในการผลิตให้ผู้บริโภคทราบมีผลต่อตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบบางอย่างที่แตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ที่เคยมีอยู่เดิมแต่ส่วนประกอบนั้นมีประโยชน์ต่อสุขภาพหรือมีข้อดีในด้านอื่นก็ตาม จึงควรแจ้งข้อมูลให้ผู้บริโภคได้รับทราบ

จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบรวมต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Dependent samples t- test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test เมื่อประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (อนุวัตร, 2544) ซึ่งใช้เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มเดียวกัน และต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังได้รับการปฏิบัติบางอย่าง พบว่าความชอบรวมเฉลี่ยต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยต่อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจาก 6.31 เป็น 6.73 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติและการคำนวณค่า t-test ดังภาคผนวกที่ ง3 เนื่องจากการทดสอบผลิตภัณฑ์หลังจากได้รับทราบประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แล้ว ทำให้มีความรู้สึกดีต่อผลิตภัณฑ์ในหลายด้าน ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวหอมมะลิของไทยได้มากขึ้น การที่ปริมาณคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ลดลง และการที่ไม่มีน้ำตาลทรายผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์

จากการสอบถามเกี่ยวกับราคาของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ กลิ่นรสใบเตย บรรจุ 1 ชิ้นในกล่องพลาสติกใส พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ราคาเท่ากับ 10 บาทรายละเอียดของแต่ละระดับราคาดังตารางภาคผนวกที่ ค4

7. ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาอายุการเก็บของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ โดยบรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิด PE ที่ปิดสนิท ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และทำการสุ่มทุกวัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏด้านความชุ่มของเนื้อเค้ก การแยกตัวของน้ำมันออกจากเค้ก การเกาะตัวกันเมื่อตัด วัดค่า water activity และวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis โดยมีเกณฑ์ด้านกายภาพคือ ค่าความแข็งไม่เกิน 2.5 นิวตัน ซึ่งได้มาจากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในสูตรชิฟฟอนเค้กแป้งข้าวหอมมะลิ และพบว่าเมื่อชิฟฟอนเค้กมีค่าความแข็งเกิน 2.5 นิวตันจะมีคะแนนความชอบด้านความนุ่มต่ำกว่า 6 คะแนน ผลการศึกษาดังตารางที่ 31 พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน ค่า water activity ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการสังเกตลักษณะปรากฏของชิฟฟอนเค้ก พบว่า เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้น เปลือกเค้กมีลักษณะชื้นมากขึ้น ผิวหน้าหลุดออกได้ง่ายขึ้น เนื้อเค้กเริ่มมีน้ำมันเคลือบที่ผิวนอก เมื่อตัดรู้สึกแข็งมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษา

นานขึ้น แต่การเกาะตัวลดลงตามลำดับ ทำให้แตกร่วนง่ายเมื่อตัด เนื่องจากการลดลงของความชื้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมอบทั่วไปมีค่า a_w 0.78 - 0.97 เมื่อเก็บไว้ในอากาศจะมีแนวโน้มสูญเสียน้ำทำให้เนื้อสัมผัสร่วนและแห้ง (งามทิพย์, 2538) เนื่องจากการเกิดสเตลิงของผลิตภัณฑ์ คือ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงหลังการอบ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากบริเวณเนื้อไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่าง โพลิเมอร์ของแป้ง, ไขมัน และโปรตีน ขัดขวางการรวมตัวของ Amylose กับ Amylopectin ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มีความสำคัญต่อการเกิดการสเตลิง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส เช่น กลิ่นรส และความรู้สึกภายในปาก และลักษณะปรากฏ คือ ผลิตภัณฑ์จะแข็งและแตกง่าย ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่หลังจากการอบแล้วมีความชื้นสูง เช่น เค้ก, ขนมปังจะเกิดการสเตลิงได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วมีความชื้นต่ำ เช่น ผลิตภัณฑ์คุ้กกี้และแครกเกอร์ (Smith , 1993)

เมื่อนำค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้กมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Dependent Sample t-test พบว่า ค่าความแข็งของชิฟฟอนเค้กที่ผลิตใหม่จนเมื่อเวลาผ่านไป 2 วันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 4 วัน ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 2.67 และ 2.86 นิวตันตามลำดับ ($p\leq0.05$) ซึ่งเกินเกณฑ์ของค่าความแข็งซึ่งเท่ากับ 2.5 นิวตัน ด้านค่าความสามารถในการเกาะตัวกัน พบว่า มีค่าลดลงเรื่อย ๆ นับจากวันที่ผลิตใหม่เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน มีค่าลดลงจาก 0.49 เป็น 0.40, 0.36, 0.34 และ 0.34 ตามลำดับ จากการศึกษาของพัชรินทร์และคณะ (2545) ทำการเก็บรักษาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลัง และณัชนก (2549) ทำการเก็บรักษาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่สภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยไม่มีการเสื่อมเสียด้านกายภาพและจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กนี้จึงเกิดการเสื่อมเสียทางกายภาพก่อนที่จะเสื่อมเสียด้วยจุลินทรีย์คือ ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใส PE ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บได้ไม่เกิน 2 วัน โดยยังไม่มีการเสื่อมเสียทางด้านกายภาพและจุลินทรีย์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงควรผลิตใหม่ทุกวันหรือวันเว้นวัน สอดคล้องกับผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการชิฟฟอนเค้กที่สดใหม่ และจากการสำรวจตลาดซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะผลิตออกมาในปริมาณที่สามารถจำหน่ายหมดในวันนั้น ทำให้ชิฟฟอนเค้กคงลักษณะที่ดี คือ นุ่ม เบา และมีกลิ่นหอม

ตารางที่ 31 ลักษณะปรากฏ, ค่าความแข็ง, ค่าการเกาะตัวรวมกัน และค่า water activity ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

วันที่	ลักษณะปรากฏ (โดยการสังเกต)	ค่าความแข็ง (N)	ค่าการเกาะตัวรวมกัน (-)	ค่า water activity
0	เนื้อเค้กปกติ เมื่อกดมีการคืนตัวกลับได้ดี เมื่อตัดลองตัดเค้กมีความยืดหยุ่นมาก	1.98±0.13	0.49±0.02	0.92
1	เนื้อเค้กปกติ ไม่มีน้ำมันแยกออก เกาะตัวกันดีเมื่อตัด	1.78±0.12	0.40±0.02*	0.92
2	เนื้อเค้กปกติ เมื่อยกออกจากภาชนะมีน้ำมันแยกซึมที่กระดาษรองเค้ก เมื่อตัดดูรู้สึกแข็งและแน่นมากกว่าวันที่ 1	2.17±0.24	0.36±0.06*	0.93
3	เนื้อเค้กและเปลือกนอกดูชื้น เมื่อกดดูรู้สึกแข็งมาก มีน้ำมันแยกออกมาซึมที่กระดาษรองมาก เมื่อลองตัด เนื้อค้กขาดง่าย ร่วน ไม่เกาะตัวกัน	2.67±0.11*	0.34±0.01*	0.92
4	เนื้อเค้กมีสีเข้มที่ฐาน เปลือกนอกดูชื้น เมื่อจับดูผิวหน้าเค้กหลุดออกง่าย มีน้ำมันแยกมาซึมที่กระดาษรองเค้กมาก เมื่อลองตัดแข็งมาก เมื่อกดจะร่วนแตกออกจากกันง่าย ดูกระด้าง	2.86±0.37*	0.34±0.02*	0.92

หมายเหตุ * หมายถึง ตัวเลขมีความแตกต่างจากตัวเลขในวันที่ 0 ในแนวตั้งเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ คือ การสำรวจตลาด สำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในสูตรพื้นฐาน ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ พัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ศึกษาคุณภาพของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

2. การสำรวจตลาด พบว่า ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั้งหมดเป็นการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ตามร้านเบเกอรี่ที่ไม่มีตรายี่ห้อจะทำการผลิตใหม่ทุกวัน ส่วนใหญ่มีรูปแบบทาครีมประกบคู่มีรูปร่างเป็นชิ้นสามเหลี่ยมขนาด 65 กรัม/ชิ้น ราคา 6- 15 บาท/ชิ้น ใช้บรรจุ ใช้บรรจุภัณฑ์ต้นทุนต่ำที่ห่ออย่างง่าย มีกลิ่นรสหลากหลาย

3. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีกลิ่นรสใบเตย บรรจุ 1 ชิ้นในกล่องพลาสติกใส เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและวางจำหน่ายตามร้านสะดวกซื้อ มีการระบุวันหมดอายุ แสดงฉลากโภชนาการและต้องมีราคาที่เหมาะสม โดยให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 91

4. สูตรที่เหมาะสมของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ประกอบด้วย แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 23.00 ไข่ขาวร้อยละ 18.00 ไข่แดงร้อยละ 4.25 น้ำมันพืชร้อยละ 12.50 สาร Lactitol ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ร้อยละ 14.07 และ 5.50 ตามลำดับ สาร maltodextrin ร้อยละ 2.65 นมสดระเหยร้อยละ 9.50 น้ำใบเตยร้อยละ 8.90 ผงฟูร้อยละ 1.00 เกลือร้อยละ 0.30 ครีมออฟทาร์ทาร์ร้อยละ 0.30 และสารซูคราโลสร้อยละ 0.03

ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีสีเขียวอ่อน เนื้อเค้กนุ่ม มีปริมาตรฟูดี ชิฟฟอนเค้กลดคอเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ 1 ชิ้น (65 กรัม) มีคอเลสเตอรอล 17.53 มิลลิกรัม โดยสามารถลดคอเลสเตอรอลได้ ร้อยละ 27 เทียบจากสูตรพื้นฐานที่ยังไม่ลดคอเลสเตอรอล ผลิตภัณฑ์นี้ไม่มีการเติมน้ำตาลทรายเลย

5. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป พบว่า ก่อนให้ข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมในระดับเล็กน้อย (6.31) ยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 78.6, ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 52.9 และยอมรับภาชนะบรรจุร้อยละ 75 หลังผู้บริโภครับทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แล้ว คะแนนความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจาก 6.31 เป็น 6.73 มีการยอมรับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90 และมีการตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88.6 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ราคาของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิรสใบเตยบรรจุ 1 ชิ้นในกล่องพลาสติกใสเท่ากับ 10 บาท

6. อายุการเก็บของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ บรรจุในกล่องพลาสติกใสPE ในสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 วัน โดยไม่มีการเสื่อมเสียทางกายภาพและจุลินทรีย์ หลังจาก 2 วันจะมีแนวโน้มของค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการเกาะตัวกันลดลง สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อทดลองตัดและกดดู เนื้อชิฟฟอนเค้กจะแตกร่วน ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงควรผลิตใหม่ทุกวัน

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาอายุการเก็บในสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่า ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 3 วัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงควรผลิตใหม่ทุกวัน คำนวณปริมาณการผลิตให้ขายหมดพอดีภายในไม่เกิน 3 วัน ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจทดลองศึกษาคุณภาพของชิฟฟอนเค้กเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิแช่เย็น เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น

2. เนื่องจากชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาขึ้นนี้ เมื่อผ่านไป 3 วันแล้วเนื้อเค้กจะแข็งตัวทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ อาจศึกษาสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสเพื่อยืดอายุการเก็บได้เกิน 3 วัน

3. ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังมีพลังงานค่อนข้างสูง (200.12 kcal/ชิ้น) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการลดพลังงานลงมากกว่านี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ ตุ้นสกุล. 2549. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับอาหารเช้าจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมวิชาการเกษตร. 2530. **การสำรวจและรวบรวมข้อมูลข้าวขาวดอกมะลิ105.** สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ.

กระทรวงพาณิชย์. 2540. **มาตรฐานข้าวไทย.** ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ. ศ. 2540.

กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ฉลากโภชนาการ**. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541**. แหล่งที่มา: http://www.qmaker.com/fda/new/images/cms/top_upload/1170743873_182.pdf?PHPSESSID=8d1443a5eef2e89a4fc9bcfea20f0179, 18 เมษายน 2550.

_____ . 2550. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเกี่ยวกับวัตถุเจือปนในอาหารฉบับที่ 84. **ข้อมูลกฎหมาย, พระราชบัญญัติอาหาร**. แหล่งที่มา: http://www2.fda.moph.go.th/law/sub_default.asp?productcd=3, 19 เมษายน 2550.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542 ก. **เทคโนโลยีแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

_____ . 2542 ข. **สารให้ความหวาน** .จาร์พา เท็คเซนเตอร์. กรุงเทพมหานคร.

_____ และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤษณา กองยศสืบ. 2549. **'ชิฟฟ่อนมะพร้าวอ่อน' ชิ้นละ 7 บาท...ก็รวยได้.** แหล่งที่มา: http://www.dailynews.co.th/dailynews/pages/front_th/popup_news/Default.aspx?newsid=99135&newsType=1&template=1, 6 กันยายน 2549.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2547. **คอเลสเตอรอลและกรดไขมันในอาหารไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.

เข็มทอง นิ่มจินดา. 2538. **ทฤษฎีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, กรุงเทพฯ.

คณะแพทย์ใกล้หมอ. 2547. **คู่มือ คอเลสเตอรอล.** สำนักพิมพ์ใกล้หมอ, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2541. ผลิตภัณฑ์จากข้าว. **วารสาร จาร์พา** . แหล่งที่มา: http://www.charpa.co.th/bulletin/rice_products.html**,** 8 กรกฎาคม 2547.

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศปิยะชน และ รุจิรา ปรีชา. 2543. การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กและคุ้กกี้. **จดหมายข่าวผลิใบ** 3 (3) :2-15.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** พิมพ์ครั้งที่2. โรงพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชั่น, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑา พีรพัชระ, ชญาภัทร์ สุทธิมิตร และเจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์. 2544. การใช้แป้งข้าวกล้องในผลิตภัณฑ์ขนมอบ. **วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล** 4(3): 11-20.

นพวรรณ อัศวรัตน์ และ ฉายศรี สุพรศิลป์ชัย. 2544. **"เกริ่นนำ" แนวพัฒนากิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพระบบไหลเวียนเลือด.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

ณัชนก นุกิจ. 2549. **การพัฒนาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2549. การประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส, น. 349 – 367. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวีชัย พืชผล. 2538. สารให้ความหวานมากในปัจจุบัน. **วารสารเทคโนโลยี**16(1): 16-17

ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง. 2533. **ขนมอบ.** กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ.

เนื้อทอง วนานุวัธ, อรอนงค์ นัยวิกุล และ ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2543. การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปัง. **จดหมายข่าวผลิใบ** 3 (3): 2-15.

เบญจพร มีเกาะ, หทัยรัตน์ ริมคีรี, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และสุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ. 2546. การใช้ฟลาวมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในพายกรอบ. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 วันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2548. ซูคราโลส อีกหนึ่งสารให้ความหวานที่ควรรู้จัก. **For Quality** 12 (92): 122- 125.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545ก. **เคมีกายภาพของอาหาร: คอลลอยด์ อิมัลชั่น และเจล.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545ข. **เอกสารประกอบการเรียนปีการศึกษา 2545 อภ 414 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นมและไข่.** คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พจนีย์ พงศ์พงัน. 2546. **การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตปาท่องโก๋จากแป้งข้าวหอมมะลิไทยผสมแป้งสาลี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรวีนัส ปั้นหยา, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และชุลีพร เปี่ยมสมบูรณ์. 2545. การพัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40วันที่ 4-7 กุมภาพันธ์ 2545 .** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ เพชรมาก, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, กล้าณรงค์ ศรีรอต และชื่นจิตต์ แจ้งเจนกิจ. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กลดพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์-50. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547 .** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญ รุจิจนากุล. 2549. **'เค้ก ฟัดจ์' ช็อกโกแลต 'หน้านิ่ม'**. แหล่งที่มา: http://www.dailynews.co.th/dailynews/pages/front_th/popup_news/Default.aspx?newsid=91808&newsType=1&template=1, 25 มิถุนายน 2549.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2549. การทดสอบผู้บริโภคในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **หลักการเทคโนโลยี เล่ม 2.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มลศิริ วีโรทัย. 2545. **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ**. บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ, กรุงเทพมหานคร.

มาลี ซิ้มศรีสกุล และกมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล. 2546. การใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนบางส่วนของแป้งสาลีในชิฟฟอนเค้ก. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 วันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169น.

ลดาวัลย์ เจริญรัตนศรีสุข, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และชื่นจิตต์ แจ้งเจนกิจ. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโปรตีนและใยอาหารสูง. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547 .** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2548. **การใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบและนึ่ง.** เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ ปริญญาวิวัฒนากุล. 2547. The McNemar, น. 112-123. ใน **การอบรมเรื่อง New Tools for Product Development**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ร่วมกับสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

วินัย ดะห์ลัน. 2544. **โภชนาการเพื่อชีวิตที่ดีกว่า ฉบับผู้บริโภค**. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทวิทยพัฒน์จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศรีสมร คงพันธุ์. 2533. **เค้กอย่างง่าย.** สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2533. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริวงศ์ เสน่ห์ลักษณา. 2548. **การพัฒนาเค้กเนยลดไขมันและโคเลสเตอรอล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, สมชาย หิรัญกิตติ, จิรศักดิ์ จิยะจันทน์, ชวลิต ประภวานนท์, ณดา จันทร์สม และวลัยลักษณ์ อัตธีวงศ์. 2540. **การวิจัยตลาด.** บริษัท A.N. การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ **,** ปริญ ลักษิตานนท์, ศุภร เสรีรัตน์ และองอาจ ปทะวนิช. 2546. **การบริหารการตลาดยุคใหม่**. บริษัท ธรรมสาร จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. **วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมการส่งออก. 2540. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

สิรินาถ ตัณฑเกษม. 2540. การใช้แป้งเผือกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนผลิตภัณฑ์เค้กแช่เยือกแข็ง. **วารสารทางวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้า**17(2): 26-35

สุรพล อุปดิสสกุล. 2537. **สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 2.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2547. ตารางการใช้วัตถุเจือปนอาหาร. **ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร.** แหล่งที่มา http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntf/DirtyFood3Attach.html, 19 กุมภาพันธ์ 2550.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เค้ก**. มผช. 459-2547.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2545. ผลของการลดปริมาณน้ำตาลที่มีผลต่อลักษณะทางคุณภาพของเค้กและคุ้กกี้ลดพลังงานด้วยแป้งบุก ซอร์บิทอลและโพลีเดกซ์โตส. อาหาร 32(4): 291-299

อนุวัตร แจ้งชัด. 2544. **สถิติและการวางแผนการทดลองสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์**. เอกสารประกอบการสอนวิชา 054-355. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

อุศมา สุนทรนฤรังษี. 2545. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัทเทอร์เค้กจากข้าวหอมมะลิ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aaron, M.A. 1993. **Low-Calorie Foods Handbook**. Marcel Dekker, Inc., N.Y.

Alexander, R.J. 1992. Maltodextrins: Production, Properties and Applications. In F.W.Schenck and R.E.Hebeda. **Strach Hydrolysis Product: Worldwide Technology, Production and Applications.** VCH Publishers, New York.

Anon. 1990. Fat Substitutes Update. **Food Technol**. 44(3): 92-94

Anonymous. 2007a. Carnation Evaporated milk. **Products.** Available Source: www.verybestbaking.com/products/carnation/evap/default.aspx, February 16, 2007

Anonymous. 2007b. Sucralose. **The Chemical Structures for Common Named Molecules.** Available Source: http://www.chemicalforums.com/index.php?page=molecules#Sucralose

Anonymous. 2007c. Lactitol. **Chemical Structure.** Available Source: www.glycoteam.com/produkt_e7.html, February 21, 2007.

Anonymous. 2007d. Maltodextrin. **Chemical Structure.** Available Source: www.genome.ad.jp/.../www_bget?compound+C01935, February 21, 2007.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17 th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Barrett, A.H., A.V. Cardello, L. mair, P. Maguire, L.L. Lesher, M. Richardson, J.Briggs and I.A. Taub. 2000. **Textural optimization of shelf-stable bread: Effect of Glycerol Content and Dough-forming Technique.** Cereal Chem. 77(2): 169-176

Bennion, E.B. and G.S.T. Bamford. 1997. **The Technology of Cake Making**. 6th ed. St Edmundsbury Press, Sufflok.

Calorie Control Council Organization. 2006. **Low Calorie Ingredients.** Available Source: http://www.caloriecontrol.org/lowcal.html, April 18, 2007.

Cauvain, S. and Young, L. 2000. **Bakery food manufacture and quality: water control and effects.** Blackwell Science, UK. 209 p.

Cooper, D.R. and P.S. Schindler. 1998. **Business Research Method.**6th ed. Irwin Mcgraw-Hill, Singaphore.

Danisco. 2007. **Lactitol**. Available Source: www.danisco.com/sweetener, February 21, 2007.

Doi, E. 1993. Gels and gelling of globular proteins. **Trends in Food Science and Technology**. 5: 1-5.

Gacula, M.C. Jr. 1993. **Design and Analysis of Sensory Optimization.** Trumbull Conn: Food & Nutrition Press, USA.

Kocer, D, Z. Hicsasmaz, A. Bayindirli and Sinan Katnas. 2005. Bubble and Pore Formation of High-ratio Cake Formulation with Polydextrose as a Sugar- and Fat- Replacer. **Journal of Food Engineering,** 78(1) 953-964.

Lee, C.C., L.A. Johnson, J.A. Love and S. Johnson. 1991. Effect of processing and usage level on performance of bovine plasma as an egg white substitute in cake. **Cereal Chem**. 68(1): 100-104.

Lin, S.D., C.F. Hwang and C.H. Yeh. 2003. Physical and Sensory Characteristics of Chiffon Cake Prepared with Erythritol as Replacement for Sucrose. **Journal of Food Science,** 68(6) 2107-2109.

Marsh, K.S. 1997. Shelf Life, pp. 830-834. In M. Baker and D. Eckroth (eds.). **The Wiley Encyclopedie of Packging Technology**. John Wiley & Sons,Inc.,New York

Matz, S.A. 1989. **Technology of The Materials of Baking**. USA.

Nanaka, H.H. 1997. Plant Carbohydrate Derived Products as Fat Replacers and Calorie Reducers. **Cereal Foods World.** 42(5):377-378.

Park KH. 1976. **Elucidation of Extrusion Puffing Process**. Dphill dissertation. Univ. of lllinois Urbana. III

Polyol Organization. 2007. **Sucralose.** Available Source: www.polyol.org, February 21, 2007.

Riaz, K. 1993. **Low –calorie Foods and Food Ingredient.** Chapman & Hall , New York.

Smith , J.P. 1993. Baked product, 134-165. In: R.T.Parry, eds. **Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of foods.** Champ&Hall., New York

Stone, H. and G. L. Sidel. 1985. **Sensory Evaluation Practices.** Academic Press. Inc, USA. Cited Fliess. 1981. **Statistical Method for Rates and Proportion.** 2nd ed. Wiley, NK.

U.S. Food and Drug Administration. 2004. A Food Labeling Guide. **Food Labeling CFR References.** Available Source: http://www.cfsan.fda.gov/~dms/flg-6a.html, February 21, 2007.

Wikipedia Organization. 2006. History. **Chiffon Cake.** Available Source: http://encyclopedia.thefreedictionary.com/chiffon cake, August 29, 2006.

Yuckel, W.C. and C. Cox. 1992. Application of Starch Based Fat Replacers. **Food technol**. 46(6): 146-148

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การสำรวจผู้บริโภค

ภาคผนวก ก1 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากการกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้บริโภคที่มีอายุ 25 ปีขึ้น ซึ่งเป็นกลุ่มที่เริ่มมีความสนใจห่วงใยด้านสุขภาพ คาดว่า สัดส่วนของประชากรที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ มีเท่ากับกลุ่มที่ไม่ซื้อ ดังนั้น สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ (p) เท่ากับ 0.50 จึงสามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนตัวอย่างคือ

$$n=\frac{Z^2pq}{E^2}$$

โดยที่ p= สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

q= 1- p

Z= ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ร้อยละ95) = 1.96

E= ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ร้อยละ 5)

แทนค่า $$n=\frac{[(1.96)^2\ (0.50)\ (1-0.50)]}{(0.05)^2}$$

n = 384

ดังนั้นการสำรวจผู้บริโภคต้องมีขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 384 คนขึ้นไป

ภาคผนวก ก2 แบบสอบถามการสำรวจความคิดเห็น และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

แบบสอบถาม

การสำรวจความคิดเห็น และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความคิดเห็น และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ เพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของ นางสาว ชลิดา ยอดกันสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งทำวิจัยในเรื่อง “**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ**” จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมา จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่าน

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 25-35 ปี ( ) 36-45 ปี

( ) 46-55 ปี ( ) มากกว่า 56 ปีขึ้นไป

3. การศึกษาสูงสุด

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา

( ) อนุปริญญา (ปวช./ปวส.) ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นิสิต/นักศึกษาปริญญา ตรี/โท/เอก (กรุณาระบุ)

( ) ข้าราชการ ( ) รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) แม่บ้าน ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท ( ) 5,001 – 10,000 บาท

( ) 10,001 – 15,000 บาท ( ) 15,001 – 20,000 บาท

( ) 20,001 – 25,000 บาท ( ) มากกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก

- ท่านให้ความสำคัญกับปัจจัยดังต่อไปนี้อย่างไรบ้างในการ**เลือกซื้อ**ผลิตภัณฑ์เค้ก

ปัจจัย	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ตรายี่ห้อ เช่น S&P, กาโตว์, อื่นๆ					
บรรจุภัณฑ์ (เช่น กล่อง/ถุงพลาสติก, อื่นๆ)					
ลักษณะปรากฏ (เช่นโพรงอากาศ , สี)					
รูปทรง (เช่นชิ้นสไลด์,สามเหลี่ยม หรืออื่นๆ)					
ราคา					
ระบุวันหมดอายุ					
ฉลากโภชนาการ					
ขนาดบรรจุต่อหน่วย (เช่น 50 กรัมต่อชิ้น)					
สถานที่จัดจำหน่าย (เช่น ห้างสรรพสินค้า , ซุปเปอร์มาร์เก็ต , ร้านสะดวกซื้อ)					
การส่งเสริมการตลาด (เช่น ลด, แลก,แจก ,แถม ,การโฆษณา)					

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

1. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ วางจำหน่ายในขนาดและราคาใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ท่านจะสนใจซื้อหรือไม่

( ) สนใจ

( ) ไม่สนใจ เพราะ.....

2. ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ท่านต้องการให้มีรสหวานเท่าใด เมื่อ **เทียบกับตัวอย่างเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ** ที่ท่านได้ชิมแล้ว

( ) หวานน้อยกว่า ( ) หวานเท่ากัน ( ) หวานมากกว่า

3. ท่านคิดว่ากลิ่นรสของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ควรมีกลิ่นรสใด **(เลือกตอบเพียงข้อเดียว)**

( ) วานิลา ( ) ใบเตย

( ) ช็อกโกแลต ( ) กาแฟ

( ) ส้ม ( ) ชาเขียว

( ) บลูเบอร์รี่ ( ) สตรอเบอร์รี่

( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

4. ท่านคิดว่าขนาดบรรจุของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิควรเป็นเท่าใด โดยที่ **ขนาดเค้ก 1 ชิ้นเท่ากับขนาดตัวอย่างที่ท่านได้รับ**

( ) 1 ชิ้น ( ) 2 ชิ้น

( ) 3 ชิ้น ( ) 4 ชิ้น

( ) มากกว่า 4 ชิ้น ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

5. ท่านคิดว่าภาชนะบรรจุของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ควรเป็นแบบใด **(เลือกตอบเพียงข้อเดียว)**

( ) ถุงพลาสติก ( ) กล่องพลาสติกดังภาพขวา

( ) กล่องพลาสติกดังภาพซ้าย

( ) กล่องกระดาษ ( ) กล่องอลูมิเนียมฟอยด์ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. ท่านคิดว่าชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ควรมีสภาวะการเก็บแบบใด **(เลือกตอบเพียงข้อเดียว)**

( ) วางที่อุณหภูมิห้อง : สามารถเก็บได้ประมาณ 2-3 วัน

( ) แช่เย็นในตู้เย็น : สามารถเก็บในตู้เย็นได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

7. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเทอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ท่านคิดว่าควรมีการจัดจำหน่ายที่ใด **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

( ) ห้างสรรพสินค้า ( ) ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท็อปส์

( ) ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-11 ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

( ) ดิสเคาท์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี

ภาคผนวก ก3 การคำนวณความสำคัญของปัจจัยที่มีผลในการเลือกผลิตภัณฑ์เค้ก

1. กำหนดระดับของคะแนน โดยกำหนดให้ 1 หมายถึงสำคัญน้อยที่สุด และ5 หมายถึงสำคัญมากที่สุด
2. นำความถี่คูณด้วยระดับคะแนน และนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละระดับรวมกัน
3. นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม จะได้เป็นค่าเฉลี่ยของปัจจัยนั้นๆ

<u>ตัวอย่างวิธีการคำนวณ</u>

ผลรวมปัจจัยตรายี่ห้อ = (53*5) + (118*4) + (155*3) + (36*2) + (8*1)

= 1282

ค่าเฉลี่ยปัจจัยตรายี่ห้อ = 1282/370 = 3.46

4. คำนวณช่วงกว้างคะแนนเฉลี่ยในแต่ละชั้นซึ่งสามารถคำนวณได้ คือ 0.8 โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้ (Cooper, 1998)

$$\text{ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย} = \frac{\text{(คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด)}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ซึ่งมีความหมายของแต่ละระดับชั้นดังนี้

คะแนนเฉลี่ยในช่วง 1.00 – 1.80 หมายถึง มีความสำคัญน้อยที่สุด

1.81 – 2.60 หมายถึง มีความสำคัญน้อย

2.61 – 3.40 หมายถึง มีความสำคัญระดับปานกลาง

3.41 – 4.20 หมายถึง มีความสำคัญมาก

4.21 - 5.00 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด

5. แปลผล: ค่าเฉลี่ยของปัจจัยแต่ละปัจจัยนั้น อยู่ในช่วงใด ซึ่งในที่นี้พบว่าปัจจัยตรายี่ห้อ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.46 จึงมีความสำคัญมาก

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ข1 ใบรายงานผลการทดสอบสำหรับการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

ใบรายงานผลการทดสอบ

ตัวอย่าง เค้กแป้งข้าวหอมมะลิ ที่ไม่มีส่วนประกอบของเนยสด

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่_____

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอ และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะโดยใส่ตัวเลขที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างต่อไปทุกครั้ง

<u>สเกลความชอบ</u>

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส_____	รหัส_____	รหัส_____
ความนุ่ม			
รสหวาน			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ_____

ภาคผนวก ข2 ใบรายงานผลการทดสอบสำหรับการทดสอบความชอบและหาแนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิและแป้งสาลี

ใบรายงานผลการทดสอบ

ตัวอย่าง ชิฟฟอนเค้ก (ไม่มีส่วนประกอบของเนยสด) วันที่ 02/11/2006

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่าง โดย ชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่าง และบอกความรู้สึกที่มีต่อตัวอย่าง ตามแต่ละคุณลักษณะ โดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบ และ ความรู้สึกตามที่กำหนด (กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง)

สเกลความชอบ

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

สเกลความรู้สึก

1 = น้อยเกินไป
2 = น้อยปานกลาง
3 = พอดี
4 = มากปานกลาง
5 = มากเกินไป

คุณลักษณะ	รหัส _____		รหัส _____	
	ความชอบ	ความรู้สึก	ความชอบ	ความรู้สึก
ความนุ่ม (เมื่อรับประทาน)				
รสหวาน				
ความชอบโดยรวม		X		X

ข้อเสนอแนะ_____

ภาคผนวก ข3 ใบรายงานผลการทดสอบสำหรับการทดสอบความชอบและหาแนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรขนาดทดลองและขยายการผลิต

ใบรายงานผลการทดสอบ

ตัวอย่าง ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ รสใบเตย
(ไม่มีส่วนประกอบของเนยสด)

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่าง โดย ชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างและบอกความรู้สึกที่มีต่อตัวอย่าง ตามแต่ละคุณลักษณะ (กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง)

สเกลความชอบ

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

สเกลความรู้สึก

1 = น้อยเกินไป (ปรับเพิ่มมากขึ้น)
2 = พอดี (ไม่ต้องปรับปรุง)
3 = มากเกินไป (ปรับลดน้อยลง)

คุณลักษณะ	รหัส _____	ความรู้สึก	รหัส _____	ความรู้สึก
สี				
กลิ่นใบเตย				
ความนุ่ม (เมื่อรับประทาน)				
กลิ่นรสใบเตย				
รสหวาน				
ความชอบรวม		XXXXXXXX		XXXXXXXX

ข้อเสนอแนะ_____

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลการวิจัย

ตารางผนวกที่ ค1 แนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิ

คุณลักษณะ	แนวโน้มการพัฒนา (ร้อยละ)				
	น้อยเกินไป	น้อยปานกลาง	พอดีแล้ว	มากปานกลาง	มากเกินไป
ความนุ่ม	3.30	20.00	63.30	3.40	10.00
รสหวาน	13.30	10.00	73.30	3.40	0.00

หมายเหตุ n= 30, คะแนนตั้งแต่ 1= น้อยเกินไป ถึง 3 = มากเกินไป

ตารางผนวกที่ ค2 แนวโน้มการพัฒนาของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิสูตรขนาดทดลองและขนาดขยายการผลิต

คุณลักษณะ	ขนาดทดลอง (ร้อยละ)			ขนาดขยายการผลิต (ร้อยละ)		
	ลดน้อยลง	พอดีแล้ว	เพิ่มมากขึ้น	ลดน้อยลง	พอดีแล้ว	เพิ่มมากขึ้น
สี	6.70	16.70	76.70	10.00	83.30	6.70
กลิ่นใบเตย	16.70	30.00	53.30	6.70	73.30	20.00
ความนุ่ม	20.00	60.00	20.00	6.70	76.70	16.70
กลิ่นรสใบเตย	26.70	33.30	40.00	6.70	80.00	13.30
รสหวาน	20.00	66.70	13.30	16.70	76.70	6.70

หมายเหตุ n= 30, คะแนนตั้งแต่ 1 = ลดน้อยลง ถึง 3 = เพิ่มมากขึ้น

ตารางผนวกที่ ค3 ฐานนิยมของคะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิในปัจจัยคุณภาพด้านต่าง ๆ

n = 140

ปัจจัยคุณภาพ	ความถี่ของแต่ละระดับคะแนน										ฐานนิยม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	รวม	
ภาชนะบรรจุ	5	1	16	18	7	27	50	14	2	140	7
รูปแบบ (ชิ้นสี่เหลี่ยม)	-	3	7	11	10	26	60	20	3	140	7
กลิ่นใบเตย	2	1	1	4	7	29	45	38	13	140	7
ความนุ่ม	1	-	2	4	16	28	66	21	2	140	7
ความชอบรวม (ก่อน*)	-	1	6	16	8	33	48	26	2	140	7
ความชอบรวม (หลัง**)	1	1	2	9	9	25	47	41	5	140	7
รวม	10	7	35	74	61	169	297	160	27	10	7

หมายเหตุ คะแนนตั้งแต่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

* หมายถึง ก่อนให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

** หมายถึง หลังให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

ตารางผนวกที่ ค4 ความถี่และร้อยละของแต่ละระดับราคาที่ผู้บริโภคให้กับชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

n = 140

ราคา (บาท/ชิ้น)	ความถี่	คิดเป็นร้อยละ
ต่ำกว่า 10 บาท	13	9
10 บาท	68	48
มากกว่า 10 บาท	38	28
ไม่ระบุราคา	21	15
รวม	140	100

ภาคผนวก ง

การทดสอบผู้บริโภค

ภาคผนวกที่ ง1 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ

จากผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ ซึ่งพบว่า เพศและอายุไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ ผลการสำรวจ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 91 ดังนั้น สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์เท่ากับ (p) เท่ากับ 0.91 จึงสามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนตัวอย่างคือ

$$n=\frac{Z^2pq}{E^2}$$

โดยที่ p= สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

q= 1- p

Z= ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ร้อยละ95) = 1.96

E= ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ร้อยละ 5)

แทนค่า $$n=\frac{[(1.96)^2\ (0.91)\ (1-0.91)]}{(0.05)^2}$$

n = 126

ดังนั้นการทดสอบผู้บริโภคต้องมีขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 126 คนขึ้นไป

ภาคผนวกที่ ง. 2 แบบสอบถามสำหรับการทดสอบผู้บริโภค

แบบสอบถาม
การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิ

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 25-35 ปี ( ) 36-45 ปี

( ) 46-55 ปี ( ) มากกว่า 56 ปีขึ้นไป

3. การศึกษาสูงสุด

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา

( ) อนุปริญญา (ปวช./ปวส.) ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นิสิต/นักศึกษาปริญญา ตรี/โท/เอก (กรุณาระบุ)

( ) ข้าราชการ ( ) รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) แม่บ้าน ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท ( ) 5,001 – 10,000 บาท

( ) 10,001 – 15,000 บาท ( ) 15,001 – 20,000 บาท

( ) 20,001 – 25,000 บาท ( ) มากกว่า 25,000 บาท

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิ

6. กรุณาทดสอบตัวอย่าง โดย **ดูภาชนะบรรจุและรูปแบบ** แล้วให้คะแนนความชอบลงในช่องตามความรู้สึก โดยทำเครื่องหมาย √ จากนั้น ชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบ **ในปัจจัยด้านกลิ่นใบเตย, ความนุ่ม และความชอบรวม** ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด (1)	ไม่ชอบมาก (2)	ไม่ชอบปานกลาง (3)	ไม่ชอบเล็กน้อย (4)	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (5)	ชอบเล็กน้อย (6)	ชอบปานกลาง (7)	ชอบมาก (8)	ชอบมากที่สุด (9)
ภาชนะบรรจุ									
รูปแบบ (ชิ้นสี่เหลี่ยม)									
กลิ่นใบเตย									
ความนุ่ม									
ความชอบรวม									

7. ท่านยอมรับ **<u>ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิ</u>** นี้หรือไม่

( ) ยอมรับ เพราะ.....

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

8. ท่านยอมรับ **<u>ภาชนะบรรจุ</u>** ของผลิตภัณฑ์นี้ ซึ่งมีลักษณะตามตัวอย่างที่ท่านเห็นหรือไม่ ซึ่งทำให้ท่านมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้สะอาดปลอดภัย รวมทั้งสะดวกในการพกพาและสามารถรับประทานได้ทันที

( ) ยอมรับ เพราะ.....

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

9. ถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่าย ตามขนาดและปริมาณเท่ากับตัวอย่างที่ท่านเห็นในราคา **12-15** บาท ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ เพราะ.....

( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

มีต่อส่วนที่ 3

<u>ส่วนที่ 3</u> กรุณาอ่านคำอธิบาย ดังต่อไปนี้

"ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่ท่านได้ทำการทดสอบไปแล้วนั้น เป็นผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาล ซึ่งผลิตจากข้าวหอมมะลิ 100% โดยผ่านกระบวนการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิต ทำให้มีคอเลสเตอรอลต่ำกว่าสูตรชิฟฟอนเค้กปกติ 50% และไม่มีการใช้น้ำตาลทรายในสูตร โดยใช้สารทดแทนความหวานจากธรรมชาติที่มีการรับรองความปลอดภัย

ผลิตภัณฑ์นี้มีคุณประโยชน์ดังนี้ คือ

1) เพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นผลผลิตในประเทศไทยและลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ

2) ปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าสูตรชิฟฟอนเค้กปกติ 50%

3) ไม่มีน้ำตาลทรายอยู่เลย เหมาะกับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน, ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน หรือผู้ที่สนใจห่วงใยในสุขภาพ

4) ไม่มีส่วนผสมของแป้งสาลีอยู่เลย เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์"

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้ว ขอให้ท่าน **ชิมตัวอย่างนี้อีกครั้ง** แล้วประเมิน **ความชอบรวม, การยอมรับ และการซื้อ** ต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาลนี้

10. ความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์ **<u>ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาล</u>** นี้

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด (1)	ไม่ชอบมาก (2)	ไม่ชอบปานกลาง (3)	ไม่ชอบเล็กน้อย (4)	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (5)	ชอบเล็กน้อย (6)	ชอบปานกลาง (7)	ชอบมาก (8)	ชอบมากที่สุด (9)
ความชอบรวม									

11. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ **<u>ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาล</u>** นี้หรือไม่

( ) ยอมรับ เพราะ.....

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ .....

12. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ **<u>ชิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิลดคอเลสเตอรอลและไม่เติมน้ำตาล</u>** นี้จำหน่าย ตามขนาดและปริมาณที่ท่านเห็น ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ โดยท่านจะซื้อในราคา (กรุณาเติมในช่องว่าง)..... บาท

( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

.....

ภาคผนวกที่ ง3 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิก่อนและหลังทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

คะแนนความชอบก่อนรับข้อมูล 6.31±1.46

คะแนนความชอบหลังรับข้อมูล 6.73± 1.43

n= 140, คะแนนความชอบตั้งแต่ 1= ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9= ชอบมากที่สุด

ค่า $t_{calculate}$ จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเท่ากับ -3.454

สูตรการคำนวณค่า t

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{6.73-6.31}{\frac{1.46}{\sqrt{140}}} = 3.5$$

ค่า t จากตารางสถิติที่ p = 0.05 ทดสอบความแตกต่าง 2 ทิศทาง ที่ df = infinity มีค่าเท่ากับ 1.96

ดังนั้นจึงทำการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก นั่นคือ คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยก่อนและหลังรับข้อมูลมีความแตกต่างกัน