



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมา
โอรีซานอลสูง

Development of Reduced Cholesterol Chiffon Cake with High Gamma-Oryzanol
Rice Bran Oil

นามผู้วิจัย นางสาวพัชรี กิตติไมตรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์หทัยรัตน์ ริมทีร์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันต์, ป.ร.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทาวิตยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง

Development of Reduced Cholesterol Chiffon Cake with High Gamma-Oryzanol Rice Bran Oil

โดย

นางสาวพัชรี กิตติไมตรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชร กิตติไมตรี 2555: การพัฒนาชิฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมัน
รำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์หทัยรัตน์ ริมศิริ, Ph.D. 181 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชิฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมัน
รำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง เมื่อสำรวจชิฟอนเค้กในท้องตลาด พบว่าส่วนใหญ่เป็นรสใบเตย
และไม่ระบุชนิดน้ำมันพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบ ในร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพไม่มีการจำหน่ายชิฟ
ฟอนเค้ก จากการอภิปรายกลุ่มและสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคสามารถสรุป
เป็นแนวคิดผลิตภัณฑ์คือ “ผลิตภัณฑ์ชิฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอล กลิ่นรสใบเตย สดใหม่ มีกลิ่น
หอม เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียดย มีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่าสูตรทั่วไป ใช้ไขมันรำข้าวที่อุดมไป
ด้วยสารแกมมาโอไรซานอลในปริมาณสูง ขนาดบรรจุ 100 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า บรรจุใน
กล่องพลาสติกฝาเปิดไสมีฐานที่มีรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ราคา 30 บาท เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มี
อายุระหว่าง 25-50 ปี หรือผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ” การศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลด
ปริมาณไข่แดง พบว่าเค้กที่ได้จากการใช้อัตราส่วนน้ำมันรำข้าวต่อไข่แดง 70:30, 80:20 และ 90:10
(ปริมาณรวมน้ำมันรำข้าวและไข่แดงเท่ากับร้อยละ 21 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตรชิฟอนเค้ก) มี
ค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน (60:40) ซึ่งต่างจากสูตรที่ปราศจากไข่แดง (100:0) ที่มีค่าความ
แข็งสูงกว่าสูตรอื่นๆ เมื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชิฟอนเค้กทั้งหมดที่ได้
พบว่าสูตรที่เหมาะสมคือสูตร 80:20 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อน ค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 71.57,
-6.63 และ 35.33 ตามลำดับ ปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 3.19 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ค่าความแข็ง
เท่ากับ 1.32 นิวตัน ชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม มีคอเลสเตอรอล 23.89 มิลลิกรัม และแกมมาโอไรซานอล
170 มิลลิกรัม (วัดโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์) มีอายุการเก็บ 2 วัน การทดสอบประสิทธิภาพ
ของน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลืองที่มีแกมมาโอไรซานอลอย่างน้อย 8,000 ppm ในการต้านเชื้อรา
Aspergillus flavus โดยวิธี Contact assay พบว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ ในการทดสอบ
การยอมรับของผู้บริโภค 200 คน พบว่าผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายชอบผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่พัฒนา
แล้วในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยยอมรับและจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 96 และ 76.5
ตามลำดับ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Patcharee Kittimaitri 2012: Development of Reduced Cholesterol Chiffon Cake with High Gamma-Oryzanol Rice Bran Oil. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Hathairat Rimkeeree, Ph.D. 181 pages.

In this research, a reduced cholesterol chiffon cake with high gamma-oryzanol rice bran oil was developed. The market surveys provided that almost all of chiffon cakes in the market had a pandan flavor and no identification of vegetable oil and no chiffon cake selling in the health shops. The data of the focus group and survey of behavior and needs can be concluded that the product concept was pandan flavor, good aroma, smooth and soft texture, less cholesterol, and containing high gamma-oryzanol rice bran oil. The net weight was 100 g. The cake would be cut into rectangular pieces and packed in a plastic box with a transparent lid and a base with labeled product details. The price was 30 baht and it was suitable for consumers in the age range of 25–50 years old or health-caring consumers. The studies performed by increasing the rice bran oil and reducing the egg yolk showed that cakes obtained from the ratio of rice bran oil to egg yolk 70:30, 80:20 and 90:10 (The summation of the rice bran oil and the egg yolk was 21% of the entire recipe) had the same firmness as the control (60:40) but that of the 100:0 formula was higher. All of the chiffon cakes were subjected to the affective test. The results showed the optimum formula was 80:20. The color was light green. L^* a^* b^* values were 71.57, -6.63 and 35.33, respectively. The specific volume was 3.19 cm³/g. The firmness was 1.32 N. The 100 g chiffon cake contained 23.89 mg of cholesterol and 170 mg of gamma-oryzanol (measured by spectrophotometer technique) and the shelf-life was 2 days. The test for *Aspergillus flavus* inhibition of rice bran oil and soy bean oil containing at least gamma-oryzanol 8,000 ppm by contact assay method showed no inhibition. Finally, the acceptability test of 200 consumers indicated that target consumes liked the developed chiffon cake at the level of liked moderately to liked very much. The consumers accepted and would have been willing to buy the product at 96% and 76.5%, respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร. หทัยรัตน์ รีมศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. วิชัย หลุทัยธนาสันต์ กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำระหว่างกระทำการวิจัย ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา ประธานการสอบ และ ผศ.ดร. เอกพันธ์ แก้วมณีชัย ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาตรวจแก้ไข และให้คำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อุดมลักษณ์ สุขอิตตะ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทาง การเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ และกรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษาแก่ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้องๆ ทุกท่านที่ ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ จนงาน สำเร็จอย่างสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา สำหรับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายใน ระหว่างการศึกษา รวมทั้งญาติพี่น้องที่มีความห่วงใย ความเข้าใจ และกำลังใจที่มีให้มาตลอดจน สำเร็จการศึกษา หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าน้อมรับไว้เพียงผู้ เดียว

พัชรี กิตติไมตรี

มกราคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	44
อุปกรณ์	44
วิธีการ	47
ผลและวิจารณ์	69
สรุปและข้อเสนอแนะ	125
สรุป	125
ข้อเสนอแนะ	128
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	129
ภาคผนวก	139
ภาคผนวก ก การอภิปรายกลุ่ม และแบบสอบถามที่ใช้ในงานวิจัย	140
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าต่างๆ จากการทดลอง	164
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	178
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	181

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 เปรียบเทียบการทนต่อความชื้นของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส โดยเครื่อง Rancimat	7
2 ส่วนประกอบของรำข้าวและกากรำ (กรัมต่อ 100 กรัม)	8
3 ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันบางชนิด (คำนวณโดยเปลี่ยนวิตามินอีทุกชนิดให้เป็นวิตามินอีในรูปของ D- μ -tocopherol ตามฤทธิ์ของวิตามินอีแต่ละชนิด)	14
4 ปริมาณไขมันประเภทต่างๆ ที่ได้รับจากการรับประทานอาหาร	17
5 คำแนะนำการบริโภคไขมันชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมต่อร่างกาย	18
6 ปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร 100 กรัม	19
7 เกณฑ์ในการวัดระดับไขมันในเลือด	21
8 ปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดต่างๆ	25
9 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	26
10 ค่าจุดเกิดควัน (Smoke Point) ของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	27
11 ค่าคงที่อัตราการสลายตัวของแกมมาโอริซานอล (k) และค่าสหสัมพันธ์ (R^2) จากการ วิเคราะห์หรีเกรสชั่น	35
12 ประเภทอาหารตามค่าออกเตอร์แอคติวิตี	37
13 กลไกการเกิดปฏิกิริยา autoxidation	39
14 สาเหตุต่างๆ ที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย	42
15 สูตรพื้นฐานในการผลิตซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง (ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000})	51
16 ค่าร้อยละของน้ำมันรำข้าวและไข่แดงในสูตรการทำซีฟอน จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design	54
17 ค่าร้อยละของส่วนประกอบแต่ละสูตรที่ใช้ในการทำซีฟอนเค้ก จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design	54
18 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	71
19 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพที่มีจำหน่ายในร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะ	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
20 พฤติกรรมและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับข้อมูลการบริโภคผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก	75
21 พฤติกรรมและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง	76
22 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค	80
23 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก	81
24 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง	83
25 ระดับความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ	87
26 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง	88
27 ข้อมูลทางจากการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์	90
28 ค่าคุณภาพทางกายภาพของซีฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน	93
29 ค่าคุณภาพทางกายภาพของแต่ละตัวอย่างจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design 2 ปัจจัย	96
30 คะแนนความชอบเฉลี่ยของซีฟอนเค้กแต่ละสูตรจากการทดสอบความชอบ (9-Pointed Hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน	97
31 คะแนนความชอบ และระดับความพอใจของซีฟอนเค้กสูตร 80:20 โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน	98
32 ร้อยละของระดับความพอใจของซีฟอนเค้กสูตร 80:20 และทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน	99
33 คะแนนความชอบ ค่า Mean drop และค่า Total Penalty ของระดับความพอใจต่างๆ ของแต่ละคุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน	100
34 สรุปสูตรการปรับปรุงกลิ่นรสของซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
35	ค่าคุณภาพทางกายภาพของชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงสูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ	103
36	คะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀ สูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ (9-Pointed Hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน	104
37	ความเข้มข้นของสารเกมมาโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวชนิดต่างๆ เมื่อเทียบจากกราฟมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร	108
38	ปริมาณเกมมาโอรีซานอลของตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองเมื่อใช้เวลาในการสกัดหรือเวลาในการแช่ตัวอย่างแตกต่างกัน และค่าตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์	109
39	ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง และปริมาณเกมมาโอรีซานอลในชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร	111
40	ค่าคุณภาพของชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ) และสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ (ใช้น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀ เป็นส่วนประกอบ)	114
41	ประสิทธิภาพของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ในการยับยั้งเชื้อรา A. flavus	117
42	ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO และน้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	118
43	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	122
44	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง (9-Pointed Hedonic scale) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
45 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอล ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ก่อนและหลังทราบคุณ- ประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอลของผู้บริโภคจำนวน 200 คน	123
 ตารางผนวกที่	
ข1 ต้นทุนวัตถุดิบของซีฟอนเค็กสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำมันถั่วเหลือง) เปรียบเทียบกับ ซีฟอนเค็กสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ใช้น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀)	176
ค1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังทราบข้อมูล คุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอลจากการทดสอบการยอมรับในปัจจุบันด้าน ความชอบโดยรวม การยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 200 คน	179
ค2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับปัจจัยความชอบโดยรวม (9-Pointed Hedonic scale) การยอมรับ และการซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอ- เลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง	179

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กรรมวิธีการเตรียมรำและน้ำมัน	9
2 โครงสร้างโมเลกุลแต่ละส่วนของกรดไขมัน	10
3 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	11
4 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันอิ่มตัว	12
5 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	13
6 โครงสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในธรรมชาติ และกรดไขมันทรานส์	15
7 โครงสร้างโมเลกุลของคอเลสเตอรอล	19
8 ภาพเปรียบเทียบระหว่างคอเลสเตอรอล และโฟโตสเตอรอล	28
9 โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอริซานอลทั้ง 10 อนุพันธ์	30
10 การลดลงของปริมาณแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 132, 160, 192 และ 222 องศาเซลเซียส	33
11 การสลายตัวของแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 132, 160, 192 และ 222 องศาเซลเซียส	35
12 ค่าคงที่อัตรา (k) ของการสลายตัวของแกมมาโอริซานอลขึ้นกับอุณหภูมิ (T)	36
13 กรรมวิธีการผลิตซิฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูงสุดพื้นฐาน	52
14 ตัวอย่างน้ำมันพืชจากท้องตลาด 4 ชนิด จากซ้ายไปขวา คือ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าว (R_{2000}), น้ำมันรำข้าว (R_{5000}) และน้ำมันรำข้าว (R_{8000}) ตามลำดับ	57
15 เชื้อรา <i>A. flavus</i> บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส	63
16 สารที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา จากซ้ายไปขวา คือน้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าวที่ระบุว่ามีปริมาณแกมมาโอริซานอล 8,000 ppm (R_{8000}) และน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมสารแกมมาโอริซานอลบริสุทธิ์ลงไปจนมีความเข้มข้น 1,160 ppm (SBO_{1160}) และ 9,290 ppm (SBO_{9290}) ตามลำดับ	64
17 ตัวอย่างซิฟฟอนเค้กทั้งสองสูตรที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
18 ตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่บรรจุในซองพลาสติกใสชนิดโพลีโพรพิลีนที่ซีลปิดสนิท พร้อมทั้งระบุวันผลิตและวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ไว้บนบรรจุภัณฑ์	67
19 รูปแบบผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กสำเร็จรูป บรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐาน	67
20 ลักษณะเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กยี่ห้อ My Choice	93
21 กราฟค่า Texture Profile Analysis ของชิฟฟอนเค้กแต่ละสูตร ความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที ที่ระดับการกด 60% ของตัวอย่างเริ่มต้น	95
22 ค่า Total Penalty ของคุณลักษณะต่างๆ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี 50 คน	100
23 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอริซานอล ความเข้มข้น 50 ppm ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)	105
24 กราฟมาตรฐานของสารละลายแกมมาโอริซานอล ความเข้มข้น 0 ถึง 50 ppm ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)	106
25 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 0.4 % w/v ของน้ำมันถั่วเหลือง SBO (A) และน้ำมันรำข้าวทางการค้า R_{2000} (B), R_{5000} (C) และ R_{8000} (D) ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)	107
26 ปริมาณแกมมาโอริซานอลในชิฟฟอนเค้กที่เวลาในการสกัดแตกต่างกัน ในกราฟจุดสี่เหลี่ยมคือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง เส้นประคือ ค่าจากการคำนวณตามวิธีของ Khuwijitjaru et al. (2009)	110

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
27	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร ของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 3.2% w/v ของซิฟฟอนเค้กสูตรต่างๆ ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เมื่อ (A) คือซิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO ส่วน (B) และ (C) คือซิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานและสูตรปรับปรุงคุณภาพ ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองใช้น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀ เป็นส่วนประกอบ (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)	112
28	ตัวอย่างซิฟฟอนเค้กที่ตัดได้ 8 ชิ้น จากส่วนผสมการผลิตซิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 1,000 กรัม	115
29	ลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อรา <i>A. flavus</i> บนตัวอย่าง Control (A), SBO (B), R ₈₀₀₀ (C), SBO ₁₁₆₀ (D) และ SBO ₉₂₉₀ (E) ในวันที่ 6 ของการทดสอบ	116
30	ค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างซิฟฟอนสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ เส้นประในรูปคือปริมาณสูงสุดที่มีในเค้กได้ 1 กรัม และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	119
31	ค่า Water activity ของตัวอย่างซิฟฟอนเค้กสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกฝาเปิดโพลิไมีฐาน (Polystyrene) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	119
32	ค่า L*, a* และ b* ของตัวอย่างซิฟฟอนเค้กสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกฝาเปิดโพลิไมีฐาน (Polystyrene) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	120

การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว ชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

Development of Reduced Cholesterol Chiffon Cake with High Gamma-Oryzanol Rice Bran Oil

คำนำ

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หรือขนมอบมีรูปลักษณะและรสชาติที่หลากหลาย ทำให้เป็นที่นิยมและรู้จักแพร่หลายในกลุ่มคนไทยทุกเพศทุกวัย การบริโภคเบเกอรี่ของคนไทยมีการเปลี่ยนแปลงจากการบริโภคเป็นของหวานมาเป็นการบริโภคทดแทนอาหารมื้อหลักและการรับประทานเป็นของว่างมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกในการรับประทาน และสอดคล้องกับวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสังคมเมืองที่เร่งรีบ (รพีพร, 2549) แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันค่านิยมการดูแลสุขภาพมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มหลีกเลี่ยงการรับประทาน เนื่องจากส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไขมันอิ่มตัวเช่น เนย หรือไขมันทรานส์ ซึ่งไขมันประเภทนี้หากรับประทานมากจะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้มาก นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ยังประกอบไปด้วยไข่ และน้ำตาล ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มคอเลสเตอรอลในเลือดทั้งสิ้น (มงคล, ม.ป.ป.ก.) ดังนั้นปัจจุบันกลุ่มผู้ผลิตสินค้าจึงผลิตเมนูเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น เช่น ปราศจากไขมันทรานส์ (Zero Gram Trans Fat), ปราศจากคอเลสเตอรอล (0% Cholesterol) หรือประเภทที่มีปริมาณของสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งน้อย (Low Carb) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีผู้ผลิตรายใดที่ผลิตเบเกอรี่ที่มีการเพิ่มสารอาหารพิเศษบางอย่างลงไปในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดในการทนความร้อนของสารอาหารดังกล่าวในระหว่างการอบ ปัจจุบันการเพิ่มสารอาหารพิเศษลงในผลิตภัณฑ์มีในสินค้าประเภทเครื่องดื่มแล้ว เช่น เครื่องดื่มผสมคอลลาเจน เครื่องดื่มผสมแอล-คาร์นิทีน เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก เนื่องจากชิฟฟอนเค้กเป็นเบเกอรี่ที่มีน้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบซึ่งต่างกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ประเภทอื่นที่มักมีเนยเป็นส่วนประกอบ ดังนั้น ชิฟฟอนเค้กจึงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดคอเลสเตอรอลในเลือดน้อยกว่า เนื่องจากน้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีปริมาณไขมันชนิดอิ่มตัวน้อยกว่าเนย (กรมสัน, 2550) ในการผลิตผู้วิจัยเลือกใช้น้ำมันพืชชนิดน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากในน้ำมันรำข้าวมีสารธรรมชาติที่โดดเด่นกว่าน้ำมัน

พืชชนิดอื่นคือ แกมมาโอไรซานอล (gamma-oryzanol) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ชะลอความเสื่อมของเซลล์อันเป็นสาเหตุของมะเร็ง และช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด (Seetharamaiah and Chandrasekhara, 1989; Qureshi *et al.*, 2001) เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นสารที่มีความคงตัวสูงเมื่อได้รับความร้อนสูง (Khuwijitjaru *et al.*, 2009) ปัจจุบันสารนี้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อผิวพรรณ (ณัฐภูมิ, 2550ก; Graf, 1992) และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในรูปแบบแคปซูลแล้ว แต่อย่างไรก็ตามการบริโภคแคปซูลยังเข้าถึงได้ยากกับผู้บริโภคบางกลุ่ม และมีราคาค่อนข้างแพง (ณัฐภูมิ, 2550ข) ทำให้จำกัดเพียงคนเฉพาะกลุ่มเท่านั้น ดังนั้นการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงเป็นอีกทางเลือกของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพได้ รวมทั้งผู้ประกอบการยังสามารถปรับเปลี่ยนการใช้ไขมันพืชชนิดอื่นเป็นน้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูง แล้วนำคุณประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับมากขึ้นมาเพิ่มคุณค่า มูลค่า และความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ของกลุ่มที่มีอยู่ในท้องตลาดได้

นอกจากนี้ การใช้ไขมันรำข้าวยังเป็นการสนับสนุนผลผลิตเกษตรกรไทย ให้เงินไหลเวียนอยู่ในเศรษฐกิจไทย สร้างรายได้ให้กับชาวนา โรงสี และผู้ผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทย ช่วยลดการนำเข้าน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่คนไทยบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งและอันดับสอง (กมลสัน, 2550; กองบรรณาธิการ, 2550) และการนำเข้าน้ำมันมะกอกและน้ำมันคาโนลาซึ่งมีราคาสูง (กมลสัน, 2550) ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง
2. เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงที่เหมาะสม
3. เพื่อวิเคราะห์ค่าคุณภาพและต้นทุนรวมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง
4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเกมมาโอรีซานอลในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง
5. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

การตรวจเอกสาร

1. ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นหนึ่งในอาหารเช้าและอาหารว่างยอดนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากคนไทยหันมาชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มากขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ยังเป็นสินค้าของงานในโอกาสต่างๆ เช่น งานเลี้ยงฉลองในโอกาสต่างๆ งานวันเกิด งานเปิดตัวสินค้า งานประชุมและสัมมนา จัดเป็นกล่องสำหรับธุรกิจจรรยาหรืองานศพ เป็นต้น ทำให้มูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็ว และมีนักลงทุนรายใหม่ทยอยเข้ามาลงทุนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีทั้งนักลงทุนไทยและนักลงทุนต่างประเทศ ทำให้การแข่งขันในธุรกิจสูง ดังนั้น ผู้ประกอบการจำเป็นต้องสร้างตราสินค้าให้ลูกค้าสามารถจดจำได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สดใหม่ และสร้างจุดเด่นทางการตลาดด้วย (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2549)

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2549) รายงานว่าในปี 2550 คาดว่าตลาดผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยรวมจะมีมูลค่าตลาดเพิ่มขึ้นเป็น 7,200 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10.8 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ทั้งนี้สืบเนื่องจากในปี 2549 มีการเข้ามาลงทุนผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จากต่างประเทศ โดยเฉพาะตลาดเบเกอรี่ระดับบนมีการเปิดร้านจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าไฮเอนด์อย่างเช่น สยามพารากอน และเซ็นทรัลเวิลด์ ทำให้ตลาดมีการเติบโตอย่างมาก ส่วนเบเกอรี่ในระดับกลางและล่างก็มีการขยายเข้าไปจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ ส่งผลให้ยอดขายเพิ่มขึ้นอย่างมาก

แต่อย่างไรก็ตามกระแสสินค้าสุขภาพเริ่มมาแรงต่อเนื่อง ทำให้คนไทยจำนวนไม่น้อยหันมาให้ความสำคัญ และนิยมซื้อขนมหวานไทยๆ หรือจัดกระเช้าสินค้าสุขภาพเพื่อมอบเป็นของขวัญจากที่เคยนิยมซื้อเค้กหรือของกำนันจากต่างประเทศ โดยกระเช้าสินค้าสุขภาพที่เป็นที่นิยมในขณะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการจัดกระเช้าในรูปแบบต่างๆ เช่น กระเช้าผัก-ผลไม้ปลอดสารพิษ กระเช้าอาหารเพื่อสุขภาพ กระเช้าไข่ กระเช้าขนมแบบไทยทั้งขนมสด-แห้ง กระเช้าผลิตภัณฑ์สมุนไพร และกระเช้าข้าวปลอดสารพิษ เป็นต้น ซึ่งมีราคาใกล้เคียงกันกับราคาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมมอบให้แก่กันในช่วงเทศกาลต่างๆ

ดังนั้น ธุรกิจผลิตภัณฑ์เบเกอรี่กำลังเผชิญอุปสรรคการแข่งขันสูง ทั้งการแข่งขันทางตรงจากผู้ประกอบการเบเกอรี่รายใหม่ที่ตลาดเพิ่มขึ้น และทางอ้อมจากผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพชนิด

อื่นๆ ด้วยเหตุนี้ ผู้ประกอบการทั้งรายเก่าและรายใหม่จำเป็นต้องเร่งสร้างเอกลักษณ์เฉพาะตัว เช่น เบเกอรี่เพื่อสุขภาพที่เกาะกระแสผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น คิดเมนูใหม่ๆ ที่กินได้ง่าย กินได้บ่อย เพื่อทำให้ยอดขายมีต่อเนื่องตลอดทั้งปี การลดขนาดของเบเกอรี่ และจำหน่ายในราคาที่ถูกลง เพื่อเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค และเพื่อความเหมาะสมต่อกำลังซื้อของผู้บริโภคที่มีน้อยลง

2. ชิฟฟอนเค้ก

ชิฟฟอนเค้ก (Chiffon-type cakes) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่ เนื่องจากมีโครงสร้างที่ละเอียดคล้ายเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาคล้ายเค้กเนย แต่ชิฟฟอนเค้กจะต่างจากเค้กเนยตรงที่ชิฟฟอนเค้กจะใช้น้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบแต่เค้กเนยจะใช้เนยหรือมาการีนเป็นส่วนประกอบ (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

การทำชิฟฟอนเค้กจะแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง และแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะผสมไข่แดงที่แยกออกมาแล้วกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ แป้ง น้ำตาลส่วนหนึ่ง ผงฟู เกลือ น้ำมันพืช และน้ำหรือน้ำผลไม้ ผสมจนส่วนผสมเรียบเนียนไม่เป็นก้อน ขั้นตอนที่สอง ตีไข่ขาวที่แยกออกมากับน้ำตาลอีกส่วนหนึ่งจนเป็นฟองละเอียดหนาแข็งตัวแต่ไม่แห้ง แล้วค่อยๆ เทส่วนผสมขั้นตอนแรกลงบนไข่ขาวที่ตีดีแล้ว คนตะล่อมเบาๆ จนส่วนผสมเข้ากันดี แล้วเทใส่พิมพ์ที่ไม่ต้องทาไขมัน (จิตรนา และ อรอนงค์, 2546)

ชลิดา (2550) สํารวจผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีตราสินค้า (Brand) แต่มีชื่อร้านที่ทำการผลิต โดยชิฟฟอนทั้งหมดจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง และทำการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มผู้บริโภคชิฟฟอนเค้ก พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการระบุวันหมดอายุในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ การแสดงฉลากโภชนาการ ราคาเหมาะสม ลักษณะปรากฏบรรจุภัณฑ์ สถานที่จัดจำหน่าย ครายี่ห้อ ขนาดบรรจุต่อหน่วย รูปทรง และการส่งเสริมการตลาดตามลำดับ ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ หทัยรัตน์ และคณะ (2546) ที่พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่จะอ่านวันหมดอายุก่อนการตัดสินใจซื้อ และมักจะพิจารณาในทุกผลิตภัณฑ์ โดยปัญหาที่ผู้บริโภคพบในการอ่านวันหมดอายุ คือตัวหนังสืออ่านยาก หาดำแหน่งที่พิมพ์ไม่พบ และไม่แน่ใจในลำดับวันเดือนปี

ชลิดา (2550) พบว่าเพศและอายุไม่มีผลต่อการความสนใจซื้อซีฟฟอนเค้ก โดยช่วงอายุที่มีความสนใจซื้อมากที่สุดคือ 34-45 ปี รองลงมาคือ 56 ปีขึ้นไป 46-55 ปี และ 25-35 ปี ตามลำดับ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิอยู่ในรูปแบบไม่ทาครีม เนื่องจากเห็นว่าควรหลีกเลี่ยงการเพิ่มไขมันและน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์

3. ข้าว

ข้าว ตามพจนานุกรมบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง พืชที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. พืชในวงศ์ Gramineae ใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก โดยในเมล็ดข้าวจะประกอบด้วย เมล็ดข้าวขาว รำข้าวหรือเยื่อหุ้มเมล็ด และเปลือกข้าว สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก และมีโปรตีน ไขมัน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุ เป็นต้น แยกไปอยู่ตามส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว โดยไขมันส่วนใหญ่จะอยู่ในรำข้าว ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันรำข้าวได้ (จุไรทิพย์, 2549)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกข้าวมากที่สุดและดีที่สุดในโลก (กองบรรณาธิการ, 2550) โดยในแต่ละปีประเทศไทยผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 21 ล้านตัน ีเป็นข้าวสารได้ 12.6 ล้านตัน และได้รำข้าวประมาณ 2 ล้านตัน (คมสัน, 2550) ปัจจุบันประเทศไทยรองความเป็นหนึ่งในการส่งออกข้าวในตลาดโลกประมาณ 30% ของตลาดส่งออกทั้งหมด ตามมาด้วยเวียดนาม สหรัฐอเมริกา ปากีสถาน จีน และอินเดีย แต่อย่างไรก็ตามการส่งออกข้าวโดยรวมยังมีภาวะถดถอยเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ระบบชลประทานที่ส่งเสริมปริมาณการผลิต การแปรรูปข้าวในเชิงอุตสาหกรรม การค้าข้าวภายใต้องค์การค้าโลก (WTO) (จุไรทิพย์, 2549)

4. รำข้าว

อรุณศรี และคณะ (2548) ให้รายละเอียดว่า รำข้าวมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มผิวข้าวที่ถูกขัดออกระหว่างกระบวนการสีข้าวเปลือก มีองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ โปรตีนประมาณร้อยละ 15 ไขมันร้อยละ 15-30 เส้นใยร้อยละ 6-20 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50 โดยองค์ประกอบของรำข้าวจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของข้าวเปลือก แต่ปัญหาสำคัญของการนำรำ

ข้าวไปใช้ประโยชน์ คือ เมื่อเก็บไว้โดยไม่มีการเก็บรักษาที่ดีจะเกิดการหืน ทำให้รำข้าวสูญเสียสารอาหารไป

ฉัฐภูมิ (2550) ให้รายละเอียดว่าการหืนของรำข้าวเกิดจากค่าความเป็นกรด (Acid value) โดยหลังการสีข้าวและได้เป็นรำออกมา ค่าความเป็นกรดในรำข้าวจะเพิ่มขึ้นทุก 1 ชั่วโมง ซึ่งค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค โดยตามมาตรฐานค่าความกรดต้องไม่เกินร้อยละ 4 จากการอบรำข้าวก่อนนำไปบิบบหรือสกัดเป็นน้ำมัน ทั้งนี้ กองบรรณาธิการ (2550) ให้รายละเอียดสาเหตุของค่าความเป็นกรดในรำข้าวว่าเกิดจากน้ำมันไปสัมผัสกับเอนไซม์ ซึ่งเดิมทั้งน้ำมันและเอนไซม์จะอยู่ภายในเมล็ดข้าวเปลือกและอยู่กันอย่างอิสระ แต่หลังจากนำข้าวเปลือกไปขัดสีทำให้เซลล์แตก น้ำมันจึงไปสัมผัสกับเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ไปย่อยน้ำมันให้เป็นกรดไขมันอิสระ ดังนั้น เมื่อน้ำมันไปสัมผัสกับอากาศ แล้วถ้าไม่นำน้ำมันออกจากรำข้าวโดยเร็วก็จะทำให้เกิดการหืนได้ แต่อย่างไรก็ตามหากรีบสกัดน้ำมันออกมา น้ำมันรำข้าวจะสามารถเก็บไว้ได้นานและทนต่อการหืนได้ดีมากกว่าน้ำมันพืชบางชนิด จากตารางที่ 1 พบว่าน้ำมันรำข้าว สามารถทนต่อความหืนของน้ำมันที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 15.8 ชั่วโมง ซึ่งทนได้นานกว่าน้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะกอก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการทนต่อความหืนของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส โดยเครื่อง Rancimat

ชนิดน้ำมันพืช	Oxidative Stability Index (OSI) (ชั่วโมง)
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	6.6
น้ำมันถั่วเหลือง	8.7
น้ำมันมะกอก	12.9
น้ำมันรำข้าว	15.8

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.ก.)

แต่อย่างไรก็ตาม คมสัน (2550) กล่าวว่ารำข้าวที่ผลิตได้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ส่วนที่นำไปสกัดเป็นน้ำมันรำข้าวมีจำนวนร้อยละ 15 เท่านั้น ทำให้สูญเสียมูลค่าของสินค้าไป เนื่องจากการนำรำข้าวไปสกัดเป็นน้ำมันจะได้ราคาที่สูงกว่า นอกจากนี้กากรำที่เหลือจากการสกัดน้ำมันยังคงคุณค่าทางอาหารเกือบเท่าเดิมทุกประการ ยกเว้นเพียงปริมาณไขมันที่ลดลงตามปริมาณน้ำมันที่ถูกสกัดออกไป ดังตารางที่ 2 ดังนั้นการสกัดน้ำมันออกมาก่อน หลังจากนั้นนำกากรำที่เหลือจากการสกัดไปขายต่อจะทำให้ได้มูลค่าของสินค้ามากขึ้น

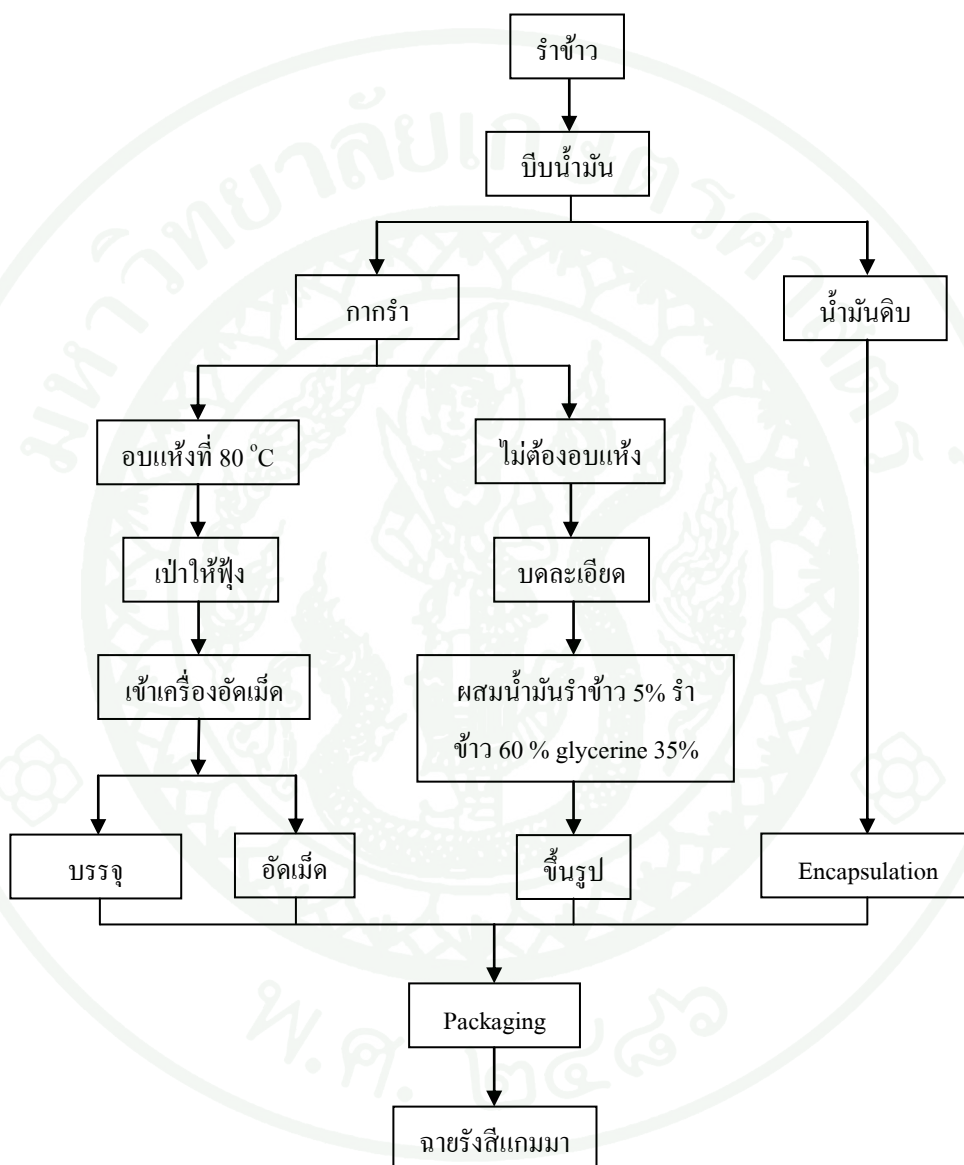
ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของรำข้าวและกากรำ (กรัมต่อ 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	รำข้าว	กากรำ
น้ำ	10.8	10.5
โปรตีน	14.3	18.3
ไขมัน	22.8	1.8
เส้นใยอาหาร	9.2	10.8
เกลือแร่	9.2	12.4
คาร์โบไฮเดรต	33.7	46.2

ที่มา: คมสัน (2550)

หลังจากที่สกัดน้ำมันออกจากรำข้าว กากรำที่เหลือจะมีสารสำคัญที่ละลายน้ำได้อยู่ทั้งหมด ซึ่งมีวิตามินสูง เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เซเลเนียม กลุ่มสารที่บำรุงหลากหลาย และไฟเบอร์ ดังนั้นสามารถนำกากไปเป็นอาหารเสริมได้ (ชูขวัญ, 2550ก) ดังภาพที่ 1 โดยมีงานวิจัยสนับสนุนแล้วว่าผลิตภัณฑ์รำช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้น้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่า เนื่องจากรำข้าวมีดัชนีน้ำตาลต่ำ (Glycemic index) เมื่อเปรียบเทียบกับการบริโภคอย่างอื่นในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้มีประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (ณัฐภูมิ, 2550ค) โดยเชื่อว่าเป็นผลร่วมกันจากสารต่างๆ ที่พบในรำข้าว ได้แก่ วิตามินอีชนิดโทโคไตรอีนอล โอรีซานอล โพลีฟีนอลที่เป็นกรดชนิดต่างๆ (Ferulic acids, α -lipoic acid, σ -sinapic acid) ปัจจุบันมีสารสกัดรำข้าวที่ละลายในไขมันขึ้นทะเบียนการค้าในชื่อ Ricetrienol[®] ระบุว่าประกอบด้วยแอลฟาโทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล และไฟโตสเตอรอล ซึ่งผ่านการทดลองว่าด้านภาวะเครียดออกซิเดชันในหนูที่เป็นเบาหวานได้ (อรุณศรี และคณะ, 2548)

นอกจากนี้ กากรำยังสามารถทำเป็นปุ๋ยที่มีคุณค่ามากขึ้น เนื่องจากเซลล์รำแตกทำให้แร่ธาตุซึมเข้าต้นไม้ได้เร็ว หรือหากนำกากไปอบแห้งสามารถนำไปทำคุกกี้หรือชีเรียลได้อีกด้วย (ชูขวัญ, 2550ก)



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการเตรียมรำและน้ำมัน

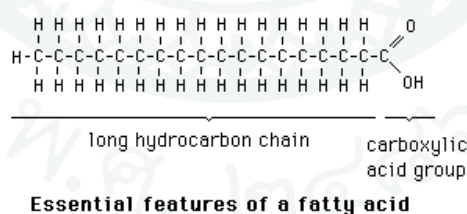
ที่มา: ญัฐภูมิ (2550ก)

5. ไขมันและน้ำมัน

อาหารสุขภาพต้องประกอบด้วยอาหาร 5 หมู่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ผัก ผลไม้ และนม โดยไขมันเป็นอาหารที่ให้พลังงานมากที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำหนักที่เท่ากัน (วรฤดี, ม.ป.ป.)

ไขมันในอาหาร ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ และคอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นส่วนน้อย คอเลสเตอรอลเป็นไขมันที่ไม่จัดเป็นสารอาหาร เนื่องจากในร่างกายสร้างได้เองและเพียงพอ ไม่มีในพืชแต่มีในสัตว์ ได้แก่ สมอง ไข่แดง หอย กุ้ง ปู เนย และเครื่องใน สัตว์ เป็นต้น ปกติร่างกายควรได้รับไม่เกินวันละ 300 มิลลิกรัม โดยไตรกลีเซอไรด์เป็นไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมัน (Fatty acid) และกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นส่วนใหญ่ (นริศ, 2545)

5.1 กรดไขมัน (Fatty acid) เป็นการเรียงตัวของธาตุคาร์บอน (Carbon, C) โดยที่ปลายด้านหนึ่งเป็น Methyl group อีกด้านหนึ่งเป็น Carboxyl group ความยาวของคาร์บอนมีได้หลายตัวหากมีความยาวคาร์บอนน้อยกว่า 6 เรียกว่า Short chains fatty acid หากมีคาร์บอนมากกว่า 12 เรียก Long chain fatty acid ดังภาพที่ 2 กรดไขมันเป็นอาหารของกล้ามเนื้อหัวใจ และอวัยวะภายในร่างกาย กรดไขมันส่วนที่เหลือใช้จะถูกสะสมในรูปไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งจะสะสมเป็นไขมันในร่างกาย (นริศ, 2545) โดยกรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

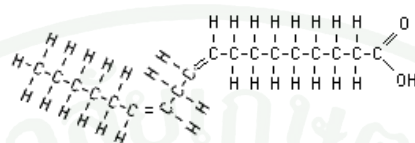


ภาพที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลแต่ละส่วนของกรดไขมัน

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.ช.)

5.1.1 กรดไขมันที่จำเป็น เนื่องจากร่างกายสร้างเองไม่ได้ เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) มีธาตุคาร์บอนต่อกันด้วย Double bond อยู่หลายตำแหน่ง ดังภาพที่ 3

หากรับประทานแทนไขมันอิ่มตัวจะไม่เพิ่มระดับไขมันในร่างกาย ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้ดี ป้องกันการสะสมไขมันบนผนังหลอดเลือด ป้องกันภาวะหลอดเลือดแข็งและตีบ กรดไขมันในกลุ่มนี้ที่สำคัญ คือ



Linoleic acid, a polyunsaturated fatty acid.
Both double bonds are *cis*.

ภาพที่ 3 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน

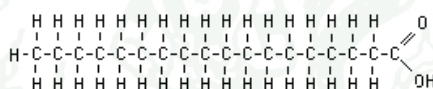
ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.ช.)

ก. ไลโนเลอิก (Linoleic acid) มีในน้ำมันพืชหลายชนิด เช่น ดอกคำฝอย ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน และข้าวโพด เป็นต้น มีฤทธิ์ในการลดคอเลสเตอรอล และ LDL-C อย่างเด่นชัด แต่อย่างไรก็ตาม กรดไขมันชนิดนี้ไม่คงตัว มีโอกาสเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดสารอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งก่อให้เกิดโรคหัวใจ มะเร็ง และต่อกระดูกได้ ทั้งนี้ น้ำมันพืชแต่ละประเภท มีปริมาณไลโนเลอิกมากน้อยไม่เท่ากัน เช่น ร้อยละ 70-80 ในน้ำมันดอกคำฝอย ร้อยละ 60-65 ในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ร้อยละ 50-55 ในน้ำมันถั่วเหลือง และร้อยละ 10 ในน้ำมันปาล์มโอลีน (น้ำมันที่สกัดจากเนื้อปาล์ม มิใช่เมล็ดปาล์ม)

ข. แอลฟา-ไลโนเลนิก (alpha-Linolenic acid) มีในน้ำมันพืชบางชนิด ร่างกายจะนำไปสร้างเป็นกรดไขมันอะแรคิโดนิก (Arachidonic acid) มีฤทธิ์ส่งเสริมการเกิดลิ่มเลือด เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว กลุ่มโอเมกา 6 นอกจากนี้ ยังพบไลโนเลนิกในปลาทะเล ซึ่งจะนำไปสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมกา 3 คือ อีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, EPA) และดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid, DHA) มีฤทธิ์ทำให้โปรสตาแกรนดิน (Prostaglandin) กลุ่มที่ทำให้เลือดไม่แข็งตัวออกมาจากเนื้อเยื่อ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดลิ่มเลือดอุดตันในหลอดเลือด

5.1.2 กรดไขมันที่ไม่จำเป็น ร่างกายสามารถสร้างเองได้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ก. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid, SFA) เป็นกรดไขมันที่มีธาตุคาร์บอนต่อกันด้วย Single bond เท่านั้น ดังภาพที่ 4 โมเลกุลของคาร์บอนจะมีไฮโดรเจนจับอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้เป็นสารเหนียว และจับเป็นไขได้ง่าย ดังนั้น เมื่อรับประทานเข้าไปอาจทำให้ตกตะกอนในหลอดเลือดได้ง่าย (ชูขวัญ, 2550ข) แหล่งอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่พบในธรรมชาติ ได้แก่ ไขมันสัตว์ เนื้อแดงที่มีไขมันแฝงอยู่ และผลิตภัณฑ์นมเต็มส่วน เช่น นมจืด นมหวาน นมเต็มส่วนรสช็อกโกแลต เนย ฯลฯ ส่วนน้อยพบในผลิตภัณฑ์พืช ที่พบมากได้แก่ น้ำมันปาล์ม และกะทิ เป็นต้น (วัลลภ, 2549) ดังนั้นการรับประทานอาหารไขมันชนิดอิ่มตัวจะเพิ่มคอเลสเตอรอล และ LDL-C ทำให้ไขมันในเลือดสูง และเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดตีบ (สุรินทร์, ม.ป.ป.)

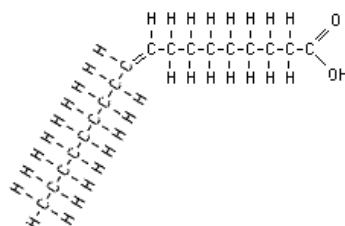


Stearic acid, a saturated fatty acid

ภาพที่ 4 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันอิ่มตัว

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.ข.)

ข. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid, MUFA) เป็นกรดไขมันที่มีธาตุคาร์บอนต่อกันด้วย Double bond เพียงหนึ่งตำแหน่ง ดังภาพที่ 5 โดย ประกิจ (2521) ให้รายละเอียดเพิ่มเติมว่า MUFA จะมีความคงตัวสูง ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศน้อย เกิดสารอนุมูลอิสระไม่มาก ไม่ค่อยเหม็นหืน ทนความร้อนได้สูง เหมาะใช้ปรุงอาหารประเภททอดหรือผัดที่ใช้เวลานาน ๆ ตัวอย่าง MUFA เช่น โอเลอิก (Oleic acid) ซึ่งพบมากในน้ำมันพืชต่อไปนี้ คือ มะกอก คาโนลา รำข้าว ถั่วลิสง งา ปาล์มโอเลอิน ดอกคำฝอยแปลง และเมล็ดทานตะวัน-แปลง MUFA



Oleic acid, a monounsaturated fatty acid.
Note that the double bond is *cis*; this is
the common natural configuration.

ภาพที่ 5 รูปแบบโครงสร้างโมเลกุลของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว

ที่มา: นรินาม (ม.ป.ป.ช.)

ในอดีตพบว่าการเลือกรับประทานกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนจะช่วยลดคอเลสเตอรอลได้ เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนจะมีพันธะคู่ (Double bond) ที่คาร์บอนหลายตำแหน่ง ดังนั้นเมื่อรับประทานเข้าไปพันธะคู่จะไวต่อปฏิกิริยาเคมีทำให้ช่วยลดคอเลสเตอรอลได้ (ชูขวัญ, 2550) แต่ต่อมาได้มีการศึกษาพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลับเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL) ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด รวมทั้งหากนำไปประกอบอาหารด้วยความร้อนสูงจะเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย ทำให้ร่างกายรับอนุมูลอิสระเข้าไป เป็นการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงของโรคมะเร็ง ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการแนะนำให้บริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนให้น้อยลง รวมทั้งกรดไขมันอิ่มตัวให้น้อยลง เนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้ระดับคอเลสเตอรอลสูง สาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือด และแนะนำให้รับประทานกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในสัดส่วนสูงขึ้น เพราะนอกจากช่วยลดคอเลสเตอรอลไม่ดี (LDL-C) ซึ่งเป็นสาเหตุของการอุดตันในผนังหลอดเลือดแล้ว ยังช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลที่ดี (HDL-C) ซึ่งช่วยพาคอเลสเตอรอลในเซลล์และกระแสเลือดไปเผาผลาญไม่ให้เกิดการสะสมและอุดตัน เช่นเดียวกับกรดไขมันไลโนเลอิกอีกด้วย (นรินาม, ม.ป.ป.ช.; และประกิจ, 2521)

น้ำมันพืชนอกจากจะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (ไลโนเลอิก) และไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (โอเลอิก) ที่สามารถลดคอเลสเตอรอลได้ ตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น น้ำมันพืชบางชนิดยังมีวิตามินอีในปริมาณสูง ซึ่งช่วยลดคอเลสเตอรอลในร่างกายได้อีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้นน้ำมันที่มีวิตามินอี จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้ดีกว่าน้ำมันที่ไม่มีวิตามินอี (ประกิจ, 2521) จากตารางที่ 3 เป็นปริมาณวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันบางชนิด

ตารางที่ 3 ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันบางชนิด (คำนวณโดยเปลี่ยนวิตามินอีทุกชนิดให้เป็นวิตามินอีในรูปของ D- μ -tocopherol ตามฤทธิ์ของวิตามินอีแต่ละชนิด)

ประเภทน้ำมัน	ปริมาณวิตามินอี	
	ppm	1u/15 ml (ช้อนโต๊ะ)
ปาล์มโอเลอิน	409.2	8.66
รำข้าว	262.3	5.57
ข้าวโพด	197.7	4.21
ถั่วเหลือง	168.2	3.57
มะกอก	51.0	1.09
หมู	14.8	0.31

ที่มา: วินัย (2542)

นอกจากไขมันที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดข้างต้น ปัจจุบันยังมีไขมันที่มาจากการดัดแปลง ซึ่งเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1960-1970 หลังจากที่ประชาชนได้ตระหนักถึงพิษภัยของไขมันอิ่มตัว (Saturated fat) ที่พบในไขมันจากสัตว์ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันหมู กะทิ จึงหาทางที่จะได้ไขมันชนิดใหม่ที่มีคอเลสเตอรอลไม่สูง (นิรนาม, 2547) เรียกว่า ไขมันทรานส์

5.2 กรดไขมันทรานส์ (Trans fatty acids) หรือไขมันทรานส์ (Trans Fat) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่โครงสร้างบริเวณพันธะคู่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งเดิมกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในธรรมชาติจะมีโครงสร้างแบบ cis-form คือการจัดเรียงตัวของไฮโดรเจนที่พันธะอยู่ด้านเดียวกัน แต่เมื่อถูกเปลี่ยนเป็น trans-form จะมีการจัดเรียงตัวของไฮโดรเจนที่พันธะอยู่ด้านตรงข้ามกัน (นันทยา, 2549) ดังภาพที่ 6 ซึ่งเกิดจากนำไขมันพืชไปผ่านกระบวนการแปรรูปทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า การเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) ให้กับโมเลกุลของคาร์บอน ทำให้ไขมันชนิดนี้ข้นขึ้นจนเป็นของแข็ง คงตัวอยู่ได้นานมากขึ้น และละลายหรือปนกับน้ำได้ง่ายขึ้น อาหารที่ทำจากไขมันทรานส์จึงเก็บได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน ไม่เสียง่าย ไม่มีกลิ่นหืน มีรสชาติถูกปาก และราคาไม่แพง พบการใช้ไขมันประเภทนี้ได้มากในอาหารทอด อาหารฟาสต์ฟู้ด และเบเกอรี่ เช่น เค้ก คุกกี้ ขนมหั้ว ปังกรอบ ที่มีส่วนผสมของเนยขาว (Shortening) และมาการีน (Margarine) สลัดน้ำข้น ครีมเทียม

เนยเทียม รวมถึงขนมสำเร็จรูป (Snack) ที่อยู่ในห้างสรรพสินค้า (นิรนาม, 2547; หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์, 2551)



ภาพที่ 6 โครงสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในธรรมชาติ (ซ้าย) และกรดไขมันทรานส์ (ขวา)

ที่มา: นันทยา (2549)

5.2.1 ผลเสียของไขมันทรานส์

ในไขมันทุกประเภท นักโภชนาการจัดให้ไขมันทรานส์เป็นอันตรายเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องจากไปเพิ่มระดับ LDL (Low-density lipoprotein) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลชนิดเลวในเลือด เช่นเดียวกับการบริโภคไขมันอิ่มตัว (ไขมันจากสัตว์และน้ำมันปาล์ม) และลดระดับ HDL (High-density lipoprotein) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลชนิดดีในเลือด

วิกิพีเดีย (ม.ป.ป.ก.) ให้รายละเอียดว่าไขมันทรานส์เป็นไขมันที่เกิดจากการแปรรูป ซึ่งย่อยสลายได้ยากกว่าไขมันชนิดอื่น ทำให้ต้องสลายไขมันทรานส์ด้วยวิธีการที่แตกต่างไปจากการย่อยสลายไขมันตัวอื่น จึงอาจก่อให้เกิดสภาวะที่ผิดปกติกับร่างกาย คือ น้ำหนักและไขมันส่วนเกินเพิ่มมากขึ้น, มีภาวะการทำงานของตับที่ผิดปกติ และมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (Coronary heart disease) โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด

ดังนั้น การรับประทานอาหารที่มีไขมันทรานส์ติดต่อกันเป็นเวลานานจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (นิรนาม, ม.ป.ป.ข.; มงคล, ม.ป.ป.ก.) ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ ของประชากรโลก (หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์, 2551)

ปัจจุบันนี้ ในหลายๆ ประเทศทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ มีการออกข้อบังคับเกี่ยวกับการระบุปริมาณไขมันทรานส์บนฉลากโภชนาการในปี 2006 (นิรนาม, 2547; หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์, 2551) และให้คำแนะนำแก่ประชาชนในการจำกัดการบริโภคอาหารที่มีไขมันทรานส์ โดยให้รับประทานไม่เกินร้อยละ 30 และไขมันอิ่มตัวไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมดที่ควรได้รับต่อวัน

คณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐอเมริการะบุว่าอาหารที่มีไขมันทรานส์ไม่เกิน 5 % ของขีดจำกัดใน 1 วันใน 1 ส่วนบริโภค (Serving) ถือว่ามีไขมันทรานส์ต่ำ ถ้ามากกว่า 20% ใน 1 ส่วนบริโภค ถือว่ามีไขมันทรานส์สูง (วัลลภ, 2549)

นอกจากนี้ บางรัฐในสหรัฐอเมริกา เช่น นิวยอร์ก ได้ออกมาประกาศว่าจะเป็นรัฐแรกในสหรัฐอเมริกาที่ปลอดไขมันทรานส์ โดยออกมาตรการให้ร้านอาหาร ภัตตาคาร และผู้ประกอบการด้านอาหารทั้งหลาย ค่อยๆ ลดการใช้ไขมันชนิดนี้ในการปรุงอาหาร และหยุดใช้โดยเด็ดขาดทั่วทั้งนิวยอร์กภายในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 2008 (หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์, 2551)

สำหรับในประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีมาตรการทางกฎหมายมาควบคุมการใช้หรือบังคับการระบุปริมาณไขมันทรานส์บนฉลาก แต่อย่างไรก็ตาม มีผู้ผลิตอาหารบางรายที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคด้วยการหลีกเลี่ยงไขมันทรานส์และใช้ไขมันจากธรรมชาติแทน เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่มีความห่วงใยในสุขภาพของตนเอง เช่น โอ บอง แป้ง คั่น ดำรับเบเกอรี่คาเฟ่ จากสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้ริเริ่มเบเกอรี่สูตร ซีโร่ แกรมส์ ทรานส์ แฟต (Zero grams trans fat) ขึ้นในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 ตารางที่ 4 แสดงปริมาณไขมันประเภทต่างๆ ที่ได้รับจากการรับประทานอาหาร

ศรีวัฒนา (2548) กล่าวว่า การรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพของคนไทย ปริมาณพลังงานที่ได้จากไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 30 ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ โดยลดไขมันจากสัตว์ หลีกเลี่ยงอาหารแปรรูปที่มีกรดไขมันทรานส์ เช่น มาร์การีน เนยขาว โดนัท มันฝรั่งทอด เลือกใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง เช่น น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา น้ำมันมะกอก

ตารางที่ 4 ปริมาณไขมันประเภทต่างๆ ที่ได้รับจากการรับประทานอาหาร

ชนิดของ อาหาร	ปริมาณที่ รับประทาน	ปริมาณ ไขมันทั้งหมด (กรัม)	ปริมาณ ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	ปริมาณ ไขมันไม่อิ่มตัว (กรัม)	ปริมาณไขมัน Trans fatty acid (กรัม)
Cookies					
chocolate sandwich cookie	3 ชิ้น	7	1.5	poly 0.5, mono 2.5	2.5
chocolate chip cookie	3 ชิ้น	8	2.5	0	5.5
cracker cookies	24 ชิ้น/30 กรัม	4.5	1	0	3.5
Cracker					
salt cracker	5 ชิ้น/14 กรัม	1.5	0	0	1.5
Cheese cracker	29 ชิ้น/30 กรัม	4.5	1	0	3.5
Chips					
มันฝรั่ง	13 ชิ้น	9-10	1.5-3	0	7-7.5
ข้าวโพดทอด	10 ชิ้น	10 กรัม	1 กรัม	0	9

ที่มา: นรินาม (2547)

สุรัตน์ และ ฌนัท (2548) แนะนำการบริโภคไขมันชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมต่อร่างกายดัง
ตารางที่ 5 ซึ่งจากตารางแสดงว่าหากบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เช่น น้ำมันรำข้าว ควร
บริโภคปริมาณร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ ยกตัวอย่างเช่น คนที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม
ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรรับประทานกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว หรือน้ำมัน
รำข้าวให้มีพลังงานไม่เกิน 200 กิโลแคลอรี หรือปริมาณไม่เกิน 22 กรัมต่อวัน

ตารางที่ 5 คำแนะนำการบริโภคไขมันชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมต่อร่างกาย

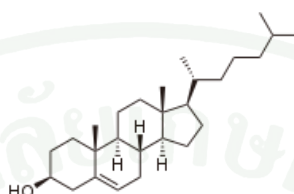
กรดไขมัน	แหล่งน้ำมัน	แหล่งอาหาร	ผลต่อสุขภาพ	ปริมาณแนะนำ
ทรานส์	น้ำมันที่เติมไฮโดรเจน	ทำจากมาการีน	เพิ่มโอกาสการเกิดโรคหัวใจ	กินให้น้อยที่สุด
อิ่มตัว	เนื้อ ไข่แดง นม มะพร้าว ปาล์ม	เนื้อมัน หนังสัตว์ กะทิ	เป็นโรคหัวใจ มะเร็ง ต่อมน้ำ ลูกหมาก ลำไส้	< 7% ของพลังงาน ทั้งหมด
ไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	เมล็ดทานตะวัน	อาหารทอด	เป็นโรคหัวใจ	10% ของพลังงาน
กลุ่มโอเมก้า-6	ข้าวโพด ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย	อาหารเจ อาหารผัด	อาจเป็นตัวกระตุ้น ให้เกิดมะเร็ง	ทั้งหมด
ไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	ปลาและสัตว์ทะเล	อาหารที่ทำมา	ลดโอกาสเกิดและ	กินปลาทุกวัน
กลุ่มโอเมก้า-3	ที่มี EPA, DHA สูง คาโนลา	จากสัตว์ทะเล สาหร่ายทะเล	เสียชีวิตจาก โรคหัวใจ	หรืออย่างน้อย 8 ช้อนกินข้าวทุกวัน
ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	มะกอก รำข้าว ถั่ว ลิสง คาโนลา	น้ำสลัด	ลดโอกาสการเกิด โรคหัวใจ	10% ของพลังงาน ทั้งหมด (3-4 ช้อน ชา)

ที่มา: สุรัตน์ และ หนัก (2548)

6. คอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอล (Cholesterol) มีโครงสร้างโมเลกุลดังภาพที่ 7 พบในผนังเซลล์ของทุกเนื้อเยื่อในร่างกาย คอเลสเตอรอล ส่วนใหญ่ไม่ได้มาจากอาหารแต่จะถูกสังเคราะห์ขึ้นภายในร่างกาย สะสมอยู่มากในเนื้อเยื่อของอวัยวะที่สร้างมันขึ้นมา เช่น ตับ ไขสันหลัง (Spinal cord) สมอง และผนังหลอดเลือดแดง (Atheroma) นอกจากนี้ ร่างกายใช้คอเลสเตอรอลเป็นสารเบื้องต้นในการสร้างฮอร์โมนเพศทุกชนิด สร้างน้ำดี สร้างสารสเตอรอลที่อยู่ใต้ผิวหนังให้เป็นวิตามินดีเมื่อโดนแสงแดด แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าร่างกายจะสามารถสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้เอง แต่ไม่เพียงพอ กับความต้องการ ดังนั้นการรับประทานกรดไขมันที่จำเป็นโดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิกในปริมาณที่พอเพียง และหลีกเลี่ยงอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงร่วมกับการออกกำลังกาย จะช่วยลดความเสี่ยง

ภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูง สาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจ และอัมพาตได้ (วิกิพีเดีย, ม.ป.ป.ช.) จากตารางที่ 6 เป็นตัวอย่างปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร 100 กรัม ซึ่งจะพบว่าอาหารที่มีคอเลสเตอรอลค่อนข้างสูง คือ ไข่แดง และเครื่องในสัตว์ เป็นต้น



ภาพที่ 7 โครงสร้างโมเลกุลของคอเลสเตอรอล

ที่มา: วิกิพีเดีย (ม.ป.ป.ช.)

ตารางที่ 6 ปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร 100 กรัม

ชื่ออาหาร	มิลลิกรัม
เนื้อวัวดิบ	70
มันสมอง	2000
เนย	250
ไข่ปลา	300
เนื้อไก่	60
เนื้อหมู	70
เนื้อเป็ด	70
ตับอ่อน	250
เนื้อปู	125
ไข่ทั้งฟอง	550
ไข่แดง	1500
ไข่ขาว	ไม่มี
ปลา	70
หัวใจ	150
ลำไส้	150

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ชื่ออาหาร	มิลลิกรัม
ไข่	375
น้ำมันหมู	95
ตับ	300
ตับวัว	600
กุ้งทะเล	200
นมสด	11
นมผง	85
หอยนางรม	200
น้ำมันตับ ปลา	500-7,500
เนยแข็งชนิด ครีม	120
มาการีน-จาก น้ำมันพืช	ไม่มี
มาการีน-จาก มันสัตว์	65
เนยแข็ง	120
ไอศกรีม	45
เนยเทียม	ไม่มี
น้ำมันพืช	ไม่มี
น้ำมันสัตว์ ชนิดต่าง ๆ	95

ที่มา: วินัย (2542)

6.1 คอเลสเตอรอลสามารถแบ่งตามลักษณะการขนส่งได้ 2 ชนิด (มกค., ม.ป.ป.ช.)

6.1.1 แอลดีแอล คอเลสเตอรอล (LDL cholesterol หรือ LDL-C) เป็นตัวพา คอเลสเตอรอลเพื่อไปสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศและน้ำดี แต่ถ้ามีมากเกินไปจะเกิดการเกาะตามผนัง ชั้นในของหลอดเลือดทำให้เกิดการอุดตันจึงเป็นคอเลสเตอรอลชนิดเลว

6.1.2 เอชดีแอล คอเลสเตอรอล (HDL cholesterol หรือ HDL-C) เป็นตัวพา คอเลสเตอรอลที่เหลืออกจากกระแสเลือด หากร่างกายมีปริมาณของเอชดีแอลมาก จะช่วยลดการ สะสมของคอเลสเตอรอลในเลือดได้ หรืออาจกล่าวว่า เอชดีแอล-คอเลสเตอรอล เป็นคอเลสเตอรอล ชนิดดี

จากตารางที่ 7 แสดงว่าในคนปกติควรมีระดับคอเลสเตอรอลโดยรวมน้อยกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จึงจะไม่เสี่ยงต่อภาวะไขมันในเลือดสูง โดยมีระดับคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลน้อยกว่า 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ระดับคอเลสเตอรอลชนิดเอชดีแอลมากกว่าหรือเท่ากับ 45 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในเพศหญิง หรือมากกว่าหรือเท่ากับ 35 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในเพศชาย

ตารางที่ 7 เกณฑ์ในการวัดระดับไขมันในเลือด

ผลการประเมิน ระดับไขมันในเลือด	ระดับคอเลสเตอรอล (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)		
	โดยรวม	ชนิดแอลดีแอล	ชนิดเอชดีแอล
ปกติ	น้อยกว่า 200	น้อยกว่า 150	มากกว่าหรือเท่ากับ 45 ในเพศหญิง มากกว่าหรือเท่ากับ 35 ในเพศชาย
สูงเล็กน้อย	201-239	130-150	-
สูงปานกลาง	240-299	151-189	-
สูงมาก	หรือมากกว่า 300	190	น้อยกว่า 35

ที่มา: มงคล (ม.ป.ป.ค.)

6.2 คุณสมบัติของคอเลสเตอรอล (วิกิพีเดีย, ม.ป.ป.ช.)

คอเลสเตอรอล เป็นทั้งสารสเตอรอยด์ (Steroid) ลิพิด (Lipid) และแอลกอฮอล์ (Alcohol) ละลายในน้ำได้น้อยมาก เพราะโมเลกุลมีส่วนที่เป็นไขมันอยู่มาก ดังนั้น การเคลื่อนย้าย ในกระแสเลือดจึงต้องเกาะตัวไปกับไลโปโปรตีน (Lipoprotein) ไลโปโปรตีนขนาดใหญ่ที่สุดที่ทำ หน้าที่ขนคอเลสเตอรอล และไขมันอื่นๆ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) จากลำไส้เล็กไปยังตับ ชื่อ ไคโลไมครอน (Chylomicron) ในตับอนุภาคไคโลไมครอนจะจับตัวกับไตรกลีเซอไรด์ และ คอเลสเตอรอล แล้วเปลี่ยนเป็นไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoprotein-LDL)

แล้วจะเคลื่อนย้ายไตรกลีเซอไรด์ และคอเลสเตอรอลไปยังเซลล์อื่นๆ ของร่างกาย ส่วนไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นสูง (High density lipoprotein-HDL) จะทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลจากเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายกลับไปที่ตับ เพื่อกำจัด ทั้งนี้ มงคด (ม.ป.ป.ง.) ให้รายละเอียดว่าตับสามารถผลิตคอเลสเตอรอล ได้ประมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือร้อยละ 75 ของคอเลสเตอรอลในร่างกายสร้างขึ้นที่ตับ

ในผู้ที่มีสุขภาพดี อนุภาคไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นต่ำ จะมีขนาดใหญ่และจำนวนน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นต่ำมีขนาดเล็กแต่จำนวนมาก พบว่าจะส่งเสริมให้เกิดโรคหลอดเลือดตีบ (Atheroma)

ในผู้ที่มีสุขภาพดี พบว่าร่างกายจะมีไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นสูง ขนาดใหญ่ จำนวนมากจะมีสุขภาพดี ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีไลโปโปรตีน-ความหนาแน่นสูงขนาดใหญ่ จำนวนน้อยจะส่งเสริมให้เป็นโรคหลอดเลือดตีบง่ายขึ้น

6.3 ข้อดีและข้อเสียของคอเลสเตอรอลสรุปได้ดังนี้ (มงคด, ม.ป.ป.ก.)

6.3.1 ข้อดีของคอเลสเตอรอล

ก. ต่อเซลล์ของร่างกาย เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของเยื่อหุ้มเซลล์ คอเลสเตอรอลร้อยละ 90 ของร่างกายใช้เพื่อการนี้ โดยพบคอเลสเตอรอลมากที่สุดที่สมอง ไขสันหลัง และตับ หากร่างกายขาดคอเลสเตอรอล เยื่อหุ้มเซลล์จะแห้ง ฉีกขาดง่ายและเซลล์ตายได้

ข. ต่อระบบเซลล์ประสาท โดยร้อยละ 90 ของเซลล์ประสาทคือเซลล์ใยประสาท ซึ่งคอเลสเตอรอลมีผลต่อเซลล์ประสาทเหล่านั้น

ค. ต่อสมอง ร้อยละ 12 ของสมอง คือ ไขมันซึ่งมีคอเลสเตอรอลรวมอยู่ด้วย หากขาดคอเลสเตอรอล เซลล์สมองจะไม่สามารถควบคุมการทำงานของสมองได้

ง. ต่อระบบฮอร์โมน ใช้ในการสังเคราะห์ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อต่างๆ

จ. ต่อระบบย่อยอาหาร ช่วยให้ร่างกายผลิตน้ำดีออกมา ซึ่งน้ำดีทำหน้าที่ย่อย และดูดซึมวิตามินที่ไม่สามารถละลายในน้ำมันคือ วิตามินเอ ดี อี และ เค

6.3.2 ข้อเสียของคอเลสเตอรอล

ก. ผลต่อหลอดเลือด เมื่อเลือดมีคอเลสเตอรอลอยู่มาก เลือดจะมีความข้นและหนืดมากขึ้น ทำให้เลือดไหลเวียนไม่สะดวกหลังจากนั้นคอเลสเตอรอลจะตกตะกอนไปเคลือบผนังหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดแข็งและตีบตัน

ข. ผลต่อหัวใจ เนื่องจากคอเลสเตอรอลมีคุณสมบัติแทรกซึมในหลอดเลือดหัวใจได้ หากตกตะกอนในหลอดเลือดหัวใจที่ส่งผ่านเลือดไปเลี้ยงทุกส่วนของร่างกาย และหลอดเลือดใหญ่เกิดอุดตันหรือแตกก็จะเกิดภาวะหัวใจวาย

ค. ผลต่อสมอง รูปแบบเดียวกับที่เกิดขึ้นที่หัวใจ หากหลอดเลือดสมองอุดตัน ความดันที่เพิ่มมากขึ้นในหลอดเลือดจะทำให้หลอดเลือดในสมองแตกเป็นอัมพาตหรือเสียชีวิตได้

ง. ผลต่อถุงน้ำดี คอเลสเตอรอลมีผลต่อการสร้างน้ำดี ปริมาณคอเลสเตอรอลที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดก้อนน้ำดีจากกรดน้ำดีจากการตกผลึกของกรดน้ำดี

จ. ผลต่อส่วนอื่นๆ ของร่างกาย เมื่อคอเลสเตอรอลเพิ่มสูงขึ้นในกระแสเลือด จะส่งผลกระทบต่อทุกส่วน เนื่องจากระบบเลือดแผ่กระจายไปทั่วร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้เป็นเบาหวานอาจทำให้เกิดอาการแทรกซ้อนเช่นเบาหวานขึ้นตา ทำให้ตามัว มองเห็นไม่ชัด หรือทำให้ไตเสื่อม ไตวายได้

7. น้ำมันรำข้าว

จากข้าวเปลือก 1 ตัน หรือ 1,000 กิโลกรัม จะได้ข้าวกล้อง 770 กิโลกรัม เมื่อขัดสีจะได้รำข้าว 110 กิโลกรัม ซึ่งปกติรำข้าว (Crude Bran) ปริมาณ 1 ตัน จะคิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,000 บาท ดังนั้น รำข้าว 1 กิโลกรัม จะมีราคาเพียง 5 บาท หรือหากนำมาขายเพื่อเป็นอาหารสัตว์ 1 กิโลกรัม จะมีราคา 5-7 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำมาก ดังนั้น การนำรำข้าวมาแปรรูปเป็นน้ำมันจะทำให้ได้ราคาที่สูงขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้ (ณัฐภูมิ, 2550ข)

น้ำมันรำข้าวจัดเป็นไขมันไม่อิ่มตัว มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนรวมกันถึงร้อยละ 82 โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเพียงร้อยละ 18 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 45 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 37 หรือสัดส่วนประมาณ 0.5 : 1.2 : 1 ซึ่งสอดคล้องกับข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) ที่แนะนำให้บริโภคน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันทั้งสามชนิดในสัดส่วน 1 : 1.5 : 1 ดังแสดงในตารางที่ 8

จากตารางที่ 8 พบว่าไขมันจากพืชที่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง คือ น้ำมันมะกอก น้ำมันคาโลนา น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์ม แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันมะกอก และน้ำมันคาโลนา ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตได้ ต้องนำเข้าและมีราคาแพง ในขณะที่น้ำมันปาล์มถึงแม้จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง แต่ก็มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงเทียบเท่ากับไขมันมันจากสัตว์ ดังนั้น หากพิจารณาตามคุณค่าและความเหมาะสมทางด้านวัตถุดิบ “น้ำมันรำข้าว” จึงมีความสอดคล้องกับคนไทยมากที่สุด (กมลสัน, 2550)

แต่อย่างไรก็ตาม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวจะให้ประโยชน์ได้เต็มที่ในการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด ก็ต่อเมื่อมีการจำกัดปริมาณไขมันที่บริโภค การลดกรดไขมันอิ่มตัวในอาหารลง และการจำกัดปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารที่บริโภค

ตารางที่ 8 ปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดต่างๆ

ไขมัน	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว
	(SFA)	เชิงเดี่ยว (MUFA)	เชิงซ้อน (PUFA)
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
ไขมันจากพืช			
น้ำมันคาโนลา	6	58	36
น้ำมันดอกคำฝอย	10	15	75
น้ำมันดอกทานตะวัน	12	21	67
น้ำมันข้าวโพด	13	20	62
น้ำมันมะกอก	14	77	9
น้ำมันถั่วเหลือง	16	24	60
น้ำมันถั่วลิสง	17	37	40
น้ำมันรำข้าว	18	45	37
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	28	22	27
น้ำมันปาล์ม	50	39	10
น้ำมันปาล์มเคอเนล	86	12	2
น้ำมันมะพร้าว	92	6	2
ไขมันจากสัตว์			
น้ำมันไก่	27	48	20
น้ำมันหมู	40	47	12
น้ำมันจากเนื้อ	52	44	5
เนย	60	30	5
ปริมาณที่แนะนำ (WHO)	28.6	42.8	28.6

ที่มา: คมสัน (2550)

ในน้ำมันพืชทุกชนิดจะมีวิตามินอีจำพวกโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอลอยู่เหมือนกัน แต่จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป โดยโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอลเป็นสารต้านการออกซิเดชั่น (Antioxidant) ซึ่งมีประโยชน์ในการทำให้น้ำมันพืชไม่เหม็นหืนง่าย และเป็นประโยชน์ต่อ

ผู้บริโภค เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ และช่วยลดคอเลสเตอรอลไม่ดี (LHL-C) แต่น้ำมันรำข้าวมีความโดดเด่นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นคือมีสารแกมมาโอริซานอล ซึ่งเป็นสารต้านการออกซิเดชั่นที่เช่นเดียวกับโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล แต่จะสามารถพบได้เฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น (คมสัน, 2550) ซึ่งปริมาณสารแกมมาโอริซานอลที่เพิ่มขึ้นมานี้ ทำให้น้ำมันรำข้าวมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระรวมกันมากกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ชนิดน้ำมันพืช	วิตามินอีกลุ่ม โทโคฟีรอล (ppm)	วิตามินอีกลุ่ม โทโคไตรอีนอล (ppm)	โอริซานอล (ppm)	รวมปริมาณสาร ต้านอนุมูลอิสระ (ppm)
น้ำมันรำข้าว	81	336	2,000	2417
น้ำมันมะกอก	51	-	-	51
น้ำมันคาโลนา (Anonymous, n.d.a)	650	-	-	650
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	487	-	-	487
น้ำมันถั่วเหลือง	1,000	-	-	1,000
น้ำมันปาล์ม	256	149	-	405

ที่มา: กองบรรณาธิการ (2550)

โทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล และสารแกมมาโอริซานอลที่อยู่ในน้ำมันรำข้าวจำนวนมาก ทำให้น้ำมันรำข้าวสามารถคงสภาพในอุณหภูมิสูงหรือต่ำได้นานโดยไม่เหม็นหืน ดังตารางที่ 1 ที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น โดยนิรนาม (ม.ป.ป.ก.) ให้รายละเอียดว่าสาเหตุที่น้ำมันรำข้าวสามารถคงสภาพในอุณหภูมิสูงได้ เนื่องจากมีค่าจุดเกิดควันสูงถึง 251 องศาเซลเซียส หรือ 483 องศาฟาเรนไฮต์ ดังตารางที่ 10 ทำให้ใช้ประกอบอาหารที่ความร้อนสูงได้โดยไม่เกิดอันตราย นอกจากนี้ อาหารที่ใช้น้ำมันรำข้าวยังสามารถเก็บได้นานอีกด้วย

ตารางที่ 10 ค่าจุดเกิดควัน (Smoke point) ของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

น้ำมันพืช	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)	จุดเกิดควัน (องศาฟาเรนไฮต์)
น้ำมันรำข้าว	251	484
น้ำมันมะกอก	234	453
น้ำมันโคโลนา	204	399
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	227	441
น้ำมันถั่วเหลือง	230	446
น้ำมันปาล์มโอเลอิน	216	421

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.ก.)

7.1 ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าว น้ำมันรำข้าวมีประโยชน์หลายประการ ได้แก่

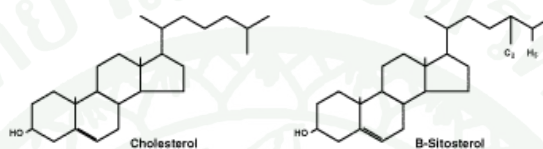
7.1.1 บำรุงผิวหนังและป้องกันแสงแดด (อรุณศรี และคณะ, 2548)

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในต่างประเทศจำนวนมากเลือกใช้น้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีส่วนประกอบของสารสำคัญหลายตัวซึ่งมีประโยชน์ต่อการบำรุงผิว นอกจากนี้ โอรีซานอลยังมีคุณสมบัติในการดูดแสง (Graf, 1992) ซึ่งเป็นกลไกการต้านออกซิเดชันที่สำคัญของสารนี้ ทำให้มีการใช้สารนี้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางป้องกันแสงแดดชนิดต่างๆ ด้วย ในประเทศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกามีการใช้สารนี้ผสมในผลิตภัณฑ์สิ่งทอเพื่อให้ดูดแสง UV ทำให้เสื้อผ้าสามารถป้องกันแสงแดดได้อีกด้วย

7.1.2 ลดไขมันและคอเลสเตอรอล

น้ำมันรำข้าวมีไฟโตสเตอรอล (Phytosterol) สูง โดยน้ำมันพืชทั่วไปที่ไม่ผ่านกรรมวิธีหรือเรียกว่า น้ำมันดิบ จะมีไฟโตสเตอรอลอยู่ประมาณ 400-15,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในน้ำมันรำข้าวดิบจะมีไฟโตสเตอรอลอยู่มากถึง 26,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไฟโตสเตอรอลเป็นสารที่มีเฉพาะในพืช ลักษณะโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงมากกับคอเลสเตอรอลที่พบใน

มนุษย์และสัตว์ ต่างกันเพียงโซ่ข้าง (Side chain) ดังภาพที่ 8 โดยไฟโตสเตอรอลสามารถลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอลได้ (ประวิทย์, ม.ป.ป.) เนื่องจากไฟโตสเตอรอลจะทำงานโดยฟอร์มตัวเป็นโมเลกุลที่ไม่สามารถดูดซึมได้กับคอเลสเตอรอล (1:1) ทำให้คอเลสเตอรอลละลายได้น้อยในน้ำดี ซึ่งหมายความว่าคอเลสเตอรอลจะไม่ถูกดูดซึมได้ง่ายในลำไส้ใหญ่และถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางเดินอาหารไปพร้อมกับไฟโตสเตอรอลที่ไม่ถูกดูดซึม (Unabsorbed phytosterols) (Rozner and Garti, 2006)



ภาพที่ 8 ภาพเปรียบเทียบระหว่างคอเลสเตอรอล (ซ้าย) และไฟโตสเตอรอล (ขวา)

ที่มา: Anonymous (n.d.b)

7.1.3 ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง

เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีจุดเกิดควันสูง ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้เหมาะสมในการประกอบอาหารโดยวิธีการทอดน้ำมันท่วม (Deep fried) หรือการประกอบอาหารที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ช่วยลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งในควันน้ำมันจากการประกอบอาหารได้ (ประวิทย์, ม.ป.ป.) น้ำมันรำข้าวยังมีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในปริมาณต่ำ ทำให้ขณะให้ความร้อนกับน้ำมันจะมีความปลอดภัยมากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชประเภทอื่นๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น เนื่องจากโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนจะมีพันธะคู่จำนวนมาก ทำให้เมื่อโดนความร้อนสูงจะแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย ซึ่งเป็นอันตรายหากนำมารับประทาน นอกจากนี้ ในน้ำมันรำข้าวยังมีวิตามินอี โทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล รวมถึงสารโอรีซานอลซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

นอกจากนี้ งานวิจัยของ Suputtha and Kasem (2002) ยังพบว่าน้ำมันรำข้าวมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางโคโลนี, การสร้าง Macro conidia และ Micro conidia ของเชื้อรา *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืชได้เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 16.3, 37.84 และ 39.33 ตามลำดับ

จากประโยชน์ทั้งหมดดังกล่าวทำให้ปัจจุบันบริษัท เป็บซี่-โคล่า (ไทย) เทรคดิง จำกัด ผู้จำหน่ายขนมขบเคี้ยวมันฝรั่งเลย์ ปรับเปลี่ยนมาใช้น้ำมันรำข้าวในการทอดมันฝรั่ง ทำให้ลดปริมาณไขมันอิ่มตัวลงกว่า 50% ประกอบกับได้คุณค่าจากวิตามินอี และสาร โอรีซานอล (หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ, 2553) เพื่อดึงดูดกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

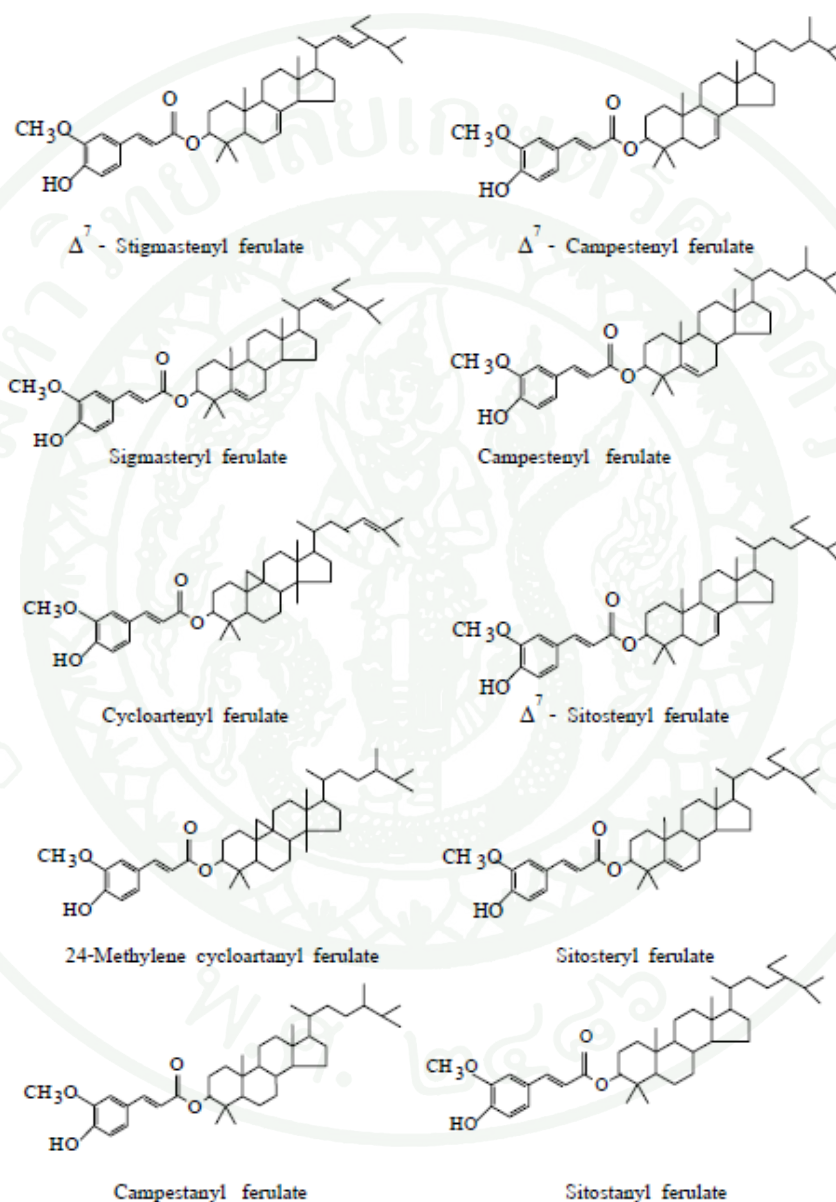
8. สารโอรีซานอล

โอรีซานอล (Oryzanol) ถูกค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวในปี ค.ศ. 1954 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Tsuchiya, T. และ Kaneko, R. ในขณะนั้นผู้ค้นพบเข้าใจว่าเป็นสารที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว แต่งานวิจัยต่อ ๆ มาเมื่อศึกษาในรายละเอียด พบว่าโอรีซานอลเป็นกลุ่มของสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นองค์ประกอบเอสเทอร์ระหว่างกรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) และสเตอรอล (Sterols) หรือไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์ (Triterpene alcohols) ปริมาณโอรีซานอลที่ค้นพบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอีประมาณ 20 เท่า กล่าวคือโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวมีประมาณร้อยละ 2 ในขณะที่วิตามินอีมีประมาณร้อยละ 0.1 แต่ทั้งนี้ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวยังมีความแปรปรวนอยู่มาก เนื่องจากความแตกต่างของกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว เช่น ปริมาณโอรีซานอลของน้ำมันรำข้าวในประเทศญี่ปุ่นพบประมาณร้อยละ 1.5-2.9 ที่อินเดียพบประมาณร้อยละ 1.5-1.9 ในขณะที่น้ำมันรำข้าวที่มีขายในสหรัฐอเมริกากลับมีปริมาณโอรีซานอลเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้น (นพมาศ, 2545)

8.1 โครงสร้างของโอรีซานอล (Structure of oryzanol)

เอสเทอร์ของโอรีซานอลประกอบด้วยสองส่วนสำคัญส่วนแรกเป็นส่วนมีหัวของกรดเฟอร์ูลิกที่เป็นองค์ประกอบหลักไม่เปลี่ยนแปลง อีกส่วนเป็นสารประกอบที่มี Functional group เป็นแอลกอฮอล์ ได้แก่พวกสเตอรอล และไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์ที่โครงสร้างมีลักษณะคล้ายคอเลสเตอรอล โอรีซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมีชื่อเรียกเฉพาะว่า แกมมาโอรีซานอล (Gamma-oryzanol) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1954 ที่มีการค้นพบโอรีซานอลครั้งแรก จนถึงปี ค.ศ. 1999 มีการค้นพบอนุพันธ์ของแกมมาโอรีซานอลทั้งสิ้น 10 อนุพันธ์ ได้แก่ delta-7-sitgmastenyl ferulate, sitgmasteryl ferulate, cycloartenyl ferulate, 24-methylene cycloartanyl ferulate, delta-7-campestenyl ferulate, campesteryl ferulate, delta-7-sitostenyl ferulate, sitosteryl ferulate, campestanyl ferulate และ sitostanyl ferulate (Xu and Godber, 1999) โดยมีอนุพันธ์ 3 ชนิดเท่านั้น

เป็นองค์ประกอบหลักของแกมมาโอริซานอล คือ cycloartenyl ferulate, 24-methylene cycloartanyl ferulate และ campestenyl ferulate ดังภาพที่ 9 แกมมาโอริซานอลมีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{58}O_4$ มวลโมเลกุลเท่ากับ 602.9 (อรุณศรี และคณะ, 2548)



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอริซานอลทั้ง 10 อนุพันธ์

ที่มา: Xu and Godber (1999)

8.2 คุณสมบัติของสารไอริซานอล

ไอริซานอลมีลักษณะเป็นผงสีขาว หรือขาวปนเหลืองอ่อนๆ คล้ายผงแป้ง ไม่มีกลิ่น ละลายได้ในน้ำมัน ละลายได้บ้างในตัวทำละลายอินทรีย์แต่ไม่ละลายน้ำ (อรุณศรี และคณะ, 2548; นพมาศ, 2545) มีจุดหลอมเหลว (Melting point) ประมาณ 136 องศาเซลเซียส หรือ 276.8 องศาฟาเรนไฮต์ (Sciencelab, 2010) มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (Maximum absorption) ที่ 314 นาโนเมตร เมื่ออยู่ในตัวทำละลายเฮกเซน และที่ 327 นาโนเมตร เมื่ออยู่ในตัวทำละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Bucci *et al.*, 2003)

8.3 คุณประโยชน์ของไอริซานอล

สารไอริซานอลมีคุณสมบัติเป็นสารด้านการออกซิแดนซ์ มีคุณประโยชน์มากมาย และจากการศึกษาการนำสารไอริซานอลไปใช้ประโยชน์เป็นไปอย่างกว้างขวางทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ นอกจากนั้นผลการตรวจสอบความปลอดภัยระบุอย่างชัดเจนว่าไอริซานอลไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของยีนไม่เป็นสารก่อมะเร็งและเนื้องอก คุณประโยชน์ของไอริซานอลสามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ (นพมาศ, 2545)

8.3.1 ด้านอาหาร

- ก. ใช้เป็นสารป้องกันการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน
- ข. ใช้เป็นสารกันเสีย (Preservative) ในอาหาร
- ค. ใช้เป็น Antioxidant เช่น เติมลงในน้ำมันพืชเพื่อกันหืน

8.4.2 ด้านเครื่องสำอาง

- ก. รักษาความคงทนของสีผลิตภัณฑ์

ข. ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาบน้ำประมาณ 3-20 % โดยน้ำหนัก เพื่อใช้รักษาโรคผิวหนังอักเสบ (Atopic dermatitis) และอาการผิวหนังแห้งในผู้สูงอายุ (Senile xeroderma) รักษาความเหี่ยวย่นของผิวหนังในผู้สูงอายุ

ค. ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทาเส้นผมประมาณ 1% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เปลี่ยนสภาพสีผมจากผมสีเทาให้เป็นผมสีดำ ทั้งนี้เพราะโอริซานอลช่วยกระตุ้นการสร้างเมลานิน

ง. ใช้ในยาทาเล็บเพื่อป้องกันเล็บเปลี่ยนสี

จ. ใช้ในผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่น ได้วงแขนเพื่อควบคุมกลิ่นที่เกิดจากเหงื่อ

9.4.2 ผลทางสรีรวิทยา และเภสัชวิทยา

ก. ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมา (Plasma cholesterol) ลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับ และลดการดูดซึมคอเลสเตอรอล

ข. ลดการรวมตัวของเกล็ดเลือด (Platelet aggregation)

ค. เพิ่มปริมาณการหลั่งกรดน้ำดีในอุจจาระ

ง. ช่วยรักษาระบบการทำงานของสมองที่ผิดปกติ (Nerve imbalance) และภาวะหลังหมดประจำเดือนที่แปรปรวน (Disorder of menopause) โดยคาดว่าจะไปมีผลกับฮอร์โมนลูทีไนซิง (Luteinizing hormone ; LH)

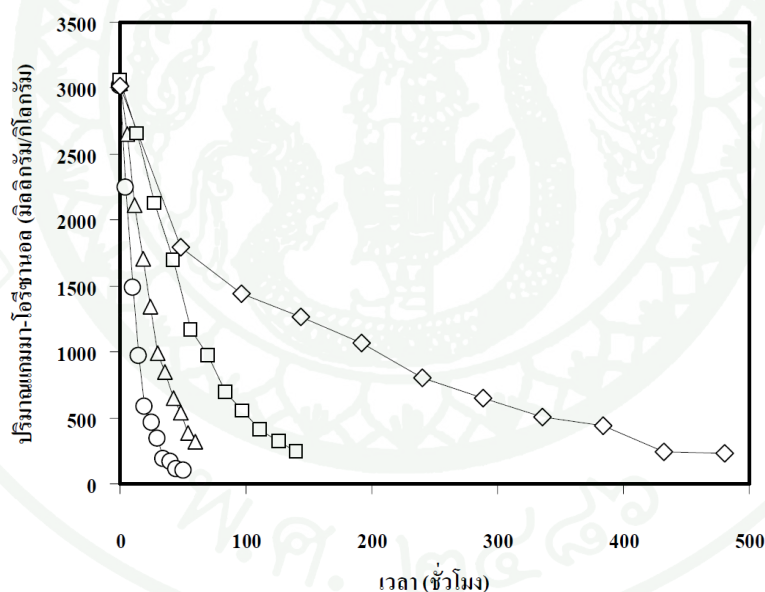
จ. ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อ โดยการปลดปล่อย Endorphin และเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone hormone)

รายงานการวิจัยระบุว่า สารโอริซานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกับโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าถึง 6 เท่า (ในสถานะที่อยู่ในน้ำ) ทำให้น้ำมันรำข้าวคงสภาพได้นานแม้อุณหภูมิที่สูงขึ้น คุณสมบัติทางกายภาพ ทั้งกลิ่น สี รส รวมทั้งคุณสมบัติทาง

เคมีไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำไปบริโภคจึงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดคอเลสเตอรอลไม่ดี และช่วยลดความเสี่ยงของเซลล์อื่นเป็นสาเหตุของมะเร็ง ประกอบกับยังมีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์อื่นๆ อีก เช่น วิตามินอี วิตามินบี เบต้าแคโรทีน เลซิติน จึงทำให้น้ำมันรำข้าวโคคเด่นในฐานะน้ำมันพืชเพื่อสุขภาพ (คมสัน, 2550) โดยจากงานวิจัยพบว่าหากรับประทานแกลมาโอไรซานอล 300 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 ถึง 8 สัปดาห์ จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้ (Ishihara *et al.*, 1982) ปัจจุบันสารโอไรซานอลมีการจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

9. การสลายตัวของแกลมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวเมื่อได้รับความร้อน

ทิพวรรณ (2551) ศึกษาความคงตัวของแกลมาโอไรซานอล เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 132, 160, 192 และ 222 องศาเซลเซียส และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแกลมาโอไรซานอลที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ กัน แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การลดลงของปริมาณแกลมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 132 (◇), 160 (□), 192 (△) และ 222 (○) องศาเซลเซียส

ที่มา: ทิพวรรณ (2551)

โดย Khuwijitjaru *et al.* (2009) พบว่าการสลายตัวของแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 132, 160, 192 และ 222 องศาเซลเซียส มีการลดลงของปริมาณแกมมาโอริซานอลเป็นไปตามสมการจลนพลศาสตร์อันดับหนึ่ง (First-order kinetics model) ดังสมการ

$$C = C_0 \exp(-kt) \quad (1)$$

หรือเขียนให้อยู่ในรูปเส้นตรงได้ดังสมการ

$$\ln C = \ln C_0 - kt \quad (2)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของแกมมาโอริซานอล
 t คือ เวลา
 C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของแกมมาโอริซานอล
 k คือ ค่าคงที่อัตรา

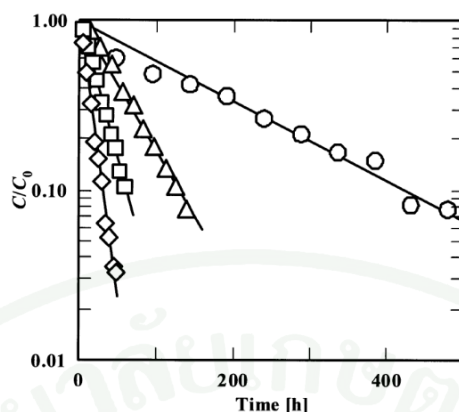
เมื่อสร้างกราฟระหว่างค่า C/C_0 กับเวลา พบว่าแต่ละอุณหภูมิมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 11 ค่าสหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเข้าใกล้ค่า 1 ค่าความชันหรือค่าคงที่อัตรา (k) ของแต่ละอุณหภูมิ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 11 จากตารางพบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ค่า k มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าแกมมาโอริซานอลจะสลายตัวเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำมันรำข้าวมีค่าสูงขึ้น (Khuwijitjaru *et al.*, 2009) ซึ่งเป็นไปตามสมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) ที่กล่าวว่าค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับดังสมการ

$$k = k_0 \exp(-E_a/RT) \quad (3)$$

หรือเขียนให้อยู่ในรูปเส้นตรงได้ดังสมการ

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/RT \quad (4)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (มีหน่วยเป็นเคลวิน)
 R คือ ค่าคงที่ของก๊าซในอุดมคติ มีค่าเท่ากับ 8.314 จูล/ เคลวิน/ โมล
 E_a คือ ค่าพลังงานกระตุ้น หรือพลังงานก่อกัมมันต์ (Activation energy) (จูล/โมล)
 k_0 คือ ค่า Pre-exponential factor



ภาพที่ 11 การสลายตัวของแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 132 (○), 160 (△), 192 (□) และ 222 (◇) องศาเซลเซียส

ที่มา: Khuwijitjaru *et al.* (2009)

ตารางที่ 11 ค่าคงที่อัตราการสลายตัวของแกมมาโอริซานอล (k) และค่าสหสัมพันธ์ (R^2) จากการวิเคราะห์รีเกรสชั่น

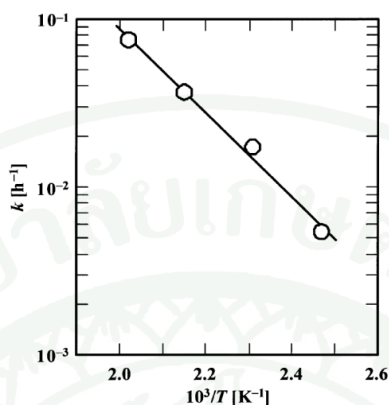
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	k (h^{-1})	R^2
132	0.0051	0.9814
160	0.0188	0.9963
192	0.0386	0.9973
222	0.0722	0.9904

ที่มา: ทิพวรรณ (2551)

Khuwijitjaru *et al.* (2009) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตรากับอุณหภูมิ โดยใช้สมการ (4) ของอาร์เรเนียส พบว่าได้ลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.992 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก ดังภาพที่ 12 ทั้งนี้ค่า E_a และค่า k_0 หาได้จากการแทนที่สมการ (3) ลงในสมการ (1) ได้ดังสมการ

$$C = C_0 \exp[-k_0 \exp(-E_a/RT)t] \quad (5)$$

จากผลการทดลองของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) คำนวณค่า E_a และค่า k_0 โดย One-step nonlinear regression ได้เท่ากับ 45.49 kJ/mol และ $4.70 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ ตามลำดับ



ภาพที่ 12 ค่าคงที่อัตรา (k) ของการสลายตัวของแกมมาโอริซานอลขึ้นกับอุณหภูมิ (T)

ที่มา: Khuwijitjaru *et al.* (2009)

จากการวิเคราะห์ทางจลนพลศาสตร์ของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) พบว่าแกมมาโอริซานอลที่อยู่ในน้ำมันรำข้าวค่อนข้างมีความคงตัวเมื่อได้รับความร้อนสูง ตัวอย่างเช่น เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จะมีเวลาครึ่งชีวิต (Half-life time) ประมาณ 26 ชั่วโมง นั่นแสดงว่าในทางปฏิบัติต้องให้ความร้อนกับน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากถึง 26 ชั่วโมง จึงจะทำให้ปริมาณแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวลดลงครึ่งหนึ่ง ทั้งนี้ Hutchinson (2008) กล่าวว่าสามารถหาเวลาครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งได้จากสมการ (6)

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad (6)$$

10. การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

อาหารแปรรูปที่ผลิตจำนวนมากอาจเกิดการเสื่อมเสียได้ ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยพบว่าการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ (Low moisture food; LMF) และปานกลาง (Intermediate moisture food; IMF) การเสื่อมเสียมักเกิดจากสาเหตุทางกายภาพและเคมี ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง (High moisture food; HMF) การเสื่อมเสียมักเกิดจากจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย ยีสต์และรา) (Smith, 2004)

10.1 การจำแนกประเภทอาหารตามค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity; a_w) อาหารสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ตามค่าวอเตอร์แอกติวิตี ดังตารางที่ 12 (ไพโรจน์, 2539) ดังนี้

10.1.1 High moisture Food (HMF) เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.85-1.00

10.1.2 Intermediate moisture Food (IMF) เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.65-0.85

10.1.3 Low moisture Food (LMF) เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.01-0.65

ตารางที่ 12 ประเภทอาหารตามค่าวอเตอร์แอกติวิตี

ประเภทอาหาร	a_w	ตัวอย่าง
HMF	0.95-1.00	อาหารสด เนื้อ ปลา ไข่ไก่ ผัก ผลไม้ อาหารกระป๋อง ประเภทผลไม้ในน้ำเชื่อม ผักในไส้กรอก เนยเหลว น้ำเกลือ
	0.90-0.95	เนยแข็ง ขนมอบ แยมคิบบี น้ำส้มเข้มข้น
IMF	0.80-0.95	เนยเชดดาร์ ลูกกวาด นมข้นหวาน แยม
	0.70-0.80	กากน้ำตาล ปลาเค็ม
	0.60-0.70	ผลไม้แห้ง น้ำเชื่อม
LMF	0.50-0.60	ชีสโกเลต น้ำผึ้ง ขนมน้ำตาล กว๊าดเตียว
	0.40	ไข่ผง โกโก้
	0.30	ขนมปังกรอบ เค้กผสม
	0.20	นมผง ผักแห้ง

ที่มา: ชญาณี (2551)

10.2 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

10.2.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ

การเสื่อมเสียทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบเกิดจากการสูญเสียความชื้นจากการถ่ายเทมวลสารระหว่างในและนอกภาชนะบรรจุหรือระหว่างองค์ประกอบที่มีในอาหาร (ธีรพร, 2547)

ศิรินทิพย์ (2547) ยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายความชื้นของส่วนอาหารเนื้อเดียวกัน (Moisture migration) และ Staling ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยการ Staling เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) โดยการเกาะกันของอะไมเลสในสายคู่ขนานด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่งผลให้เปลือกขนมปัง (Crust) มีลักษณะแห้งและเนื้อแป้งด้านใน (crumb) เปลี่ยนเป็นร่วนและมีสีขาวขุ่น ซึ่งโดยทั่วไปการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมปังจนไม่เหมาะแก่การบริโภคอยู่ที่ 2-5 วัน โดยอะไมเลสจะเกิด Retrogradation ได้เร็วกว่าอะไมโลเพกตินมาก ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีที่มีอะไมโลสมากจะมีอายุการเก็บสั้นแต่อย่างไรก็ตามสามารถทำให้ขนมปังกลับมานุ่มได้อีก หากนำไปให้ความร้อน (Reheat) อีกครั้ง

สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีองค์ประกอบหลายส่วน เช่น พืชชา ขนมปังไส้ไข่ และคุกกี้สอดไส้ เป็นต้น ในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายในผลิตภัณฑ์จากความแตกต่างของความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำ จากส่วนที่มีค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสูงกว่าไปสู่ส่วนที่ต่ำกว่าอย่างต่อเนื่องจนเข้าสู่ภาวะสมดุล ทำให้ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบและความชื้นต่ำ เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงและสูญเสียความกรอบ ซึ่งหากส่วนที่มีความชื้นมากกว่ามีปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมมาก เมื่อสูญเสียความชื้นจะทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ (ศิรินทิพย์, 2547)

10.2.2 การเสื่อมเสียทางเคมี

ผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไขมันในปริมาณสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยา Rancidity ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้ในขนมอบจะทำให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งได้เป็น 2 ปฏิกิริยาหลัก (ศิรินทิพย์, 2547) คือ

Hydrolytic rancidity เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการ Hydrolysis ไขมัน ทำให้ไขมันเกิดการแตกตัวได้เป็นกลีเซอรอล (Glycerol) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ซึ่งเป็นโมเลกุลสายสั้น และน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยปริมาณความชื้นที่มาก และเอนไซม์บางชนิด ได้แก่ ไลเปส (Lipase) มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

Oxidative rancidity เกิดจากการ Decomposition ของไขมันเมื่อสัมผัสกับก๊าซออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดกลิ่นหืนอย่างรวดเร็ว (Lipid oxidation) ซึ่งการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ Lipoxygenase สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ ปฏิกิริยา Oxidative rancidity เกิดได้ง่ายกับไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) อาจเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า Autoxidation โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 กลไกการเกิดปฏิกิริยา Autoxidation

		ปฏิกิริยา
ขั้นเริ่มต้น (Initiation)	RH	$\xrightarrow{\text{heat, light, metal etc.}} R\cdot + H\cdot$
ขั้นที่สอง (Propagation)	$R\cdot + O_2$	$\longrightarrow RO_2\cdot$
ขั้นสุดท้าย (Termination)	$RO_2\cdot + RH$	$\longrightarrow ROOH + R\cdot$

ที่มา: Ho and Hartman (1994)

จากตารางที่ 13 อธิบายได้ว่าในขั้นเริ่มต้นไขมันถูกกระตุ้นโดยตัวเร่ง (Catalysts) ต่างๆ เช่น ความร้อน แสง และโลหะหนัก เป็นต้น ทำให้โมเลกุลไขมันเกิดการแตกตัวเป็นสารอนุมูลอิสระ หรือ Free radical ($R\cdot$) หลังจากนั้นในขั้นตอนที่สอง สารอนุมูลอิสระ ($R\cdot$) จะ

ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ในอากาศเกิดเป็น Peroxide radical ($RO_2\cdot$) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่คงตัว สามารถสลายตัวเกิดเป็นทั้งสารประกอบที่ไม่ระเหย (Nonvolatile compound) และสารประกอบระเหยง่าย (Volatile compound) ชนิดต่างๆ เช่น แอลดีไฮด์ (Aldehydes) คีโตน (Ketones) ฟิวแรนส์ (Furans) แอลกอฮอล์ (Alcohols) และอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของไขมัน (Ho and Hartman, 1994) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Lipid oxidation ที่สำคัญคือระยะเวลา อุณหภูมิในการเก็บรักษา แสง และก๊าซออกซิเจน (ศิรินทิพย์, 2547)

10.2.3 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์

จากตารางที่ 12 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบอยู่ในอาหารประเภทที่มีค่าความชื้นสูง มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้อยู่ในช่วง 0.90-0.95 ดังนั้นจุลินทรีย์เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ก. การเสื่อมเสียจากแบคทีเรีย

ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมเค้ก และขนมปัง มักเสื่อมเสียโดยแบคทีเรียเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ไม่สามารถทำลายสปอร์จากแบคทีเรียได้ ตัวอย่างเช่น เอนโดสปอร์ (Endospore) ของ *Bacillus subtilis* หรือ *B. licheniformis* มีผลทำให้ในขนมอบ ขนมเค้ก และขนมปังเกิดสภาพเป็นยางเหนียว ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสร้างแคลซูลของแบคทีเรียร่วมกับการสลายตัวของโปรตีน (Gluten) ในแป้ง โดยการกระทำของเอนไซม์โปรตีเนสของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังเกิดการสลายตัวของแป้ง (Starch) โดยเอนไซม์อะไมเลสได้น้ำตาลออกมา บริเวณที่มียางเหนียว มีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล เมื่อจับจะเหนียวหนืด บางครั้งสามารถดึงเป็นเส้นสายได้ การเสื่อมเสียในลักษณะนี้นอกจากเกิดในขนมอบ ขนมเค้ก และขนมปัง ยังเกิดได้ในเค้กและโดนัทต่างๆ อีกด้วย (นิรนาม, ม.ป.ป.ค.)

ข. การเสื่อมเสียจากเชื้อรา

สาเหตุของการเสื่อมเสียจากเชื้อรามักเกิดจากแหล่งของวัตถุดิบ เช่น ในการผลิตขนมปังซึ่งผลิตจากแป้งสาลี โดยการปนเปื้อนมักเกิดจากวัตถุดิบแป้งสาลี โดยส่วนใหญ่คือเชื้อราประเภท *Penicillium* ร้อยละ 90-100 แต่ก็มีเชื้อราประเภท *Cladosporium* และ *Aspergillus*

เกิดขึ้นด้วย โดยเฉพาะในพื้นที่เขตแบบร้อนชื้น ซึ่งประเทศไทยมีภูมิประเทศแบบร้อนชื้น ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดเชื้อราดังกล่าว (อภิษฐา, 2548; Suhr, 2004) สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทเค้กซึ่งมีส่วนประกอบของแป้งสาลี เชื้อราชนิด *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) เป็นหนึ่งในเชื้อราที่สำคัญ โดย *A. flavus* สามารถผลิตสารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ซึ่งเป็นสารที่อันตรายต่อสุขภาพ โดยสารชนิดนี้สามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 250 องศาเซลเซียส (อภิษฐา, 2548) ซึ่งทำให้วิธีพาสเจอร์ไรซ์ และสเตอริไรซ์ หรือการหุงต้มธรรมดาซึ่งใช้ความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทำลายอะฟลาทอกซินให้หมดไปได้ แต่อย่างไรก็ตามสารอะฟลาทอกซินเสื่อมสลายได้ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต แสงแดด และรังสีแกมมา และอะฟลาทอกซินจะคงตัวในสภาพที่เป็นกรด แต่จะสลายตัวในสภาพที่เป็นด่าง และสามารถถูกทำลายได้ด้วยคลอรีน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเชื้อรา *A. flavus* สามารถยับยั้งได้ยากกว่าเชื้อประเภทอื่น ดังนั้นปัจจุบันจึงพบว่าการใช้เชื้อรา *A. flavus* ในการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารเคมีจากธรรมชาติในการต่อต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Matan, 2006)

การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราจะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน เนื่องจากเกิดไม่ซีเลี่ยมขึ้นปกคลุมที่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะคล้ายๆ เส้นไหม อาจอยู่เป็นหย่อมๆ หรือแผ่เป็นวงกว้างก็ได้ แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีสีของเชื้อราที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อรา โดยปกติเชื้อราที่ปนเปื้อนมาจะถูกทำลายได้ในช่วงของการอบให้สุก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เกิดเชื้อราขึ้นจึงเกิดจากการปนเปื้อนภายหลังจากการอบให้สุกแล้ว เช่น การปนเปื้อนของสปอร์เชื้อราในอากาศ จากมิดหันขนมปัง การหั่นขนมปังทำให้มีอากาศแทรกเข้าไปในขนมปังมากขึ้น การห่อขนมในขณะที่ยังอุ่นอยู่ และการเก็บขนมไว้ในที่มีอากาศอบอุนและมีความชื้นสูง เป็นต้น (นิรนาม, ม.ป.ป.ค.)

Ehaval (2009) กล่าวว่าสิ่งสำคัญในการผลิตเบเกอรี่ คือการเก็บในที่เย็น ความสดใหม่ของส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิต เช่น ครีมสังเคราะห์ (Synthetic cream) คัสตาร์ดเย็น (Cold custard) น้ำตาลไอซิ่ง (Icing) เครื่องเทศ (Spices) ถั่ว (Nuts) และผลไม้แต่งหน้าอาหารต่างๆ (Fruit toppings หรือ Filling) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นภายหลังการอบได้ นอกจากนี้ การใช้สารกันเสีย (Preservative) เช่น Sorbic acid หรือ Sodium propionate การหมักโด (Dough) การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging; MAP) การบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum packaging) การใช้ไมโครเวฟหรือรังสีอินฟราเรด (Microwave and infrared radiation) สามารถควบคุมการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากจุลินทรีย์ได้

ทั้งนี้ Leistner and Gould (2002) สรุปสาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียไว้ 4 ประเภท ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สาเหตุต่างๆ ที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย

เคมี	กายภาพ	เอนไซม์	จุลินทรีย์
- การหืน (Oxidative rancidity)	- การถ่ายเทมวล	- การหืน (Lipolytic rancidity)	- การเจริญหรือปนเปื้อนของจุลินทรีย์
- การเปลี่ยนสี	- การเคลื่อนที่ของสารโมเลกุลขนาดเล็ก	- การหืนเนื่องจาก Lipooxygenase	- การเจริญของเชื้อโรค
- การเกิดสีน้ำตาลไหม้ที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์	- การสูญเสียความกรอบ	- การย่อยสลายโปรตีน	- การเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้
- การสูญเสียสารอาหาร	- การสูญเสียกลิ่นรส	- การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	อาหารเสื่อมเสีย
	- โครงสร้างของอาหารถูกทำลายจากการแช่เยือกแข็ง		

ที่มา: Leistner and Gould (2002)

11. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ชลิดา (2550) ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอร์และน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิพบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 3 วัน นอกจากนี้ ศิริวงศ์ (2548) ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดไขมันและคอกอสเตอร์ขนาด 1 ปอนด์ บรรจุกล่องกระดาษที่อุณหภูมิห้อง, 15 และ 5 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 3, 6 และ 9 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ในรูปแบบชิ้นขนาด 30 กรัม บรรจุในซอง PP ซิลปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง 15 และ 5 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 5 และ 12 วัน ตามลำดับ

11.1 การยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ในปัจจุบันการยืดอายุการเก็บอาหารประเภทขนมอบนิยมเติมสารกันเสียซึ่งเป็นสารเคมี ได้แก่ โพรพิโอเนต (Propionate) และกรดซอร์บิก (Sorbic acid) เป็นต้น ซึ่งนิยมใช้ในรูปแบบของเกลือ และเกลือโซเดียม เพื่อใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการนำสารเคมีมาใช้ในการผลิตอาหารอาจทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น การแพ้สารเคมีในผู้บริโภค (อุดมลักษณ์ และคณะ, 2548) ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการป้องกันการเสื่อมเสียโดยใช้สารจากธรรมชาติ จากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 80.8 เห็นด้วยในการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในอาหารกึ่งแห้งเพื่อป้องกันเชื้อรา โดยปลาเค็มเป็นอาหารกึ่งแห้งที่ผู้บริโภคอยากให้อาศัยสารสกัดจากธรรมชาติมากที่สุด และผู้บริโภคร้อยละ 69.8 จะซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีการป้องกันเชื้อราโดยใช้สารสกัดประเภทนี้ (นฤมล และหทัยรัตน์, 2546)

Matan (2006) สามารถยืดอายุการเก็บเค้กผลไม้รวม (Premix fruitcake) และเค้กผลไม้ข้าว (Rice fruitcake) จาก 3 วัน เป็น 14 วัน โดยการบรรจุแบบแอคทีฟ (ความเข้มข้นของ CO_2 40% และ $\text{O}_2 < 0.05\%$) นอกจากนี้ ยังสามารถยืดอายุได้มากถึง 21 วัน ถ้าใช้ร่วมกับน้ำมันซินนามอนและน้ำมันกานพลู ที่ความเข้มข้น 300 μl

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุคืบ

- 1.1 น้ำมันถั่วเหลือง ยี่ห้อมรกต บริษัท มรกต อินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน) (SBO)
- 1.2 น้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอริซานอล 2,000 ppm ยี่ห้อคิง บริษัท น้ำมันบริโกคไทย จำกัด (R₂₀₀₀)
- 1.3 น้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอริซานอล 5,000 ppm ยี่ห้อคิง บริษัท น้ำมันบริโกคไทย จำกัด (R₅₀₀₀)
- 1.4 น้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอริซานอล 8,000 ppm ยี่ห้อสุรินนี บริษัท น้ำมันรำข้าวสุรินทร์ จำกัด (R₈₀₀₀)
- 1.5 แป้งสาลีชนิดทำเค้ก ยี่ห้อพัคโบก บริษัทยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน)
- 1.6 น้ำตาลทราย ตราวังขนาย กลุ่มวังขนาย
- 1.7 นมข้นจืด ยี่ห้อคาร์เนชั่น บริษัท เนสต์เล่ จำกัด (ประเทศไทย)
- 1.8 สีผสมอาหาร สีเขียว Pea Green ยี่ห้อวินเนอร์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์
- 1.9 ผงฟู ยี่ห้ออิมพีเรียล ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิมจิ้วพาณิชย์
- 1.10 เกลือป่น ยี่ห้อปรุฑทิพย์ บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
- 1.11 ไข่ไก่ เบอร์ 2 ยี่ห้อซีพี
- 1.12 ครีมออฟทาร์ทาร์ ยี่ห้อเดอร์รี่
- 1.13 ใบเตยสด

2. สารเคมี

- 2.1 ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (99.7%, Merck, Germany)
- 2.2 แกมมาโอริซานอลบริสุทธิ์ (97%, Wako Pure Chemical Industries, Japan)

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.1 เครื่องผสม (Kenwood, England)
- 3.2 เตอบไฟฟ้า (Teba Model TFL 10-31)
- 3.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 3.4 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3.5 ถาดอะลูมิเนียมขอบตรงขนาด 8"x12"x1.5" (กว้างxยาวxสูง)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 4.1.1 เครื่องวัดสี (Minolta Model CM-3500d, Japan)
- 4.1.2 ชุดอุปกรณ์สำหรับหาปริมาตรจำเพาะ
- 4.1.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd Instruments Model TA500, UK)

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 4.2.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ได้แก่ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต
- 4.2.2 เครื่องวัดค่า Water Activity (AquaLab Model Series 3TE, USA)
- 4.2.3 ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีฟฟอนเค้ก ส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (FQA)

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- 4.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd.
- 4.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) บริษัท Merck
- 4.3.3 เชื้อรา *Aspergillus flavus*
- 4.3.4 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 4.3.5 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave)
- 4.3.6 ตู้สำหรับบ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Incubator)
- 4.3.7 เครื่อง Ultrasonic cleaner (Branson Model 2150, USA)

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.4.1 อุปกรณ์ทดสอบประเมินค่าทางประสาทสัมผัส

4.4.2 แบบสอบถาม

4.4.3 ห้องปฏิบัติการทางประสาทสัมผัส

4.4.4 เครื่องปิดผนึก

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอรีซานอล

4.5.1 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu Model UV-160A, Japan)

4.5.2 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) (Kokusan Model H-80R, Japan)

4.5.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

5. การศึกษาอายุการเก็บของซีฟฟอนเค้ก

5.1 กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐาน ทำจากวัสดุพลาสติกชนิด PS

6. การวิเคราะห์ในการข้อมูลและรายงานผล

6.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

6.2 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

วิธีการ

1. การพัฒนาและทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกเทลเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

1.1 การสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กในท้องตลาด

สำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กที่มีในท้องตลาด ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยสำรวจ ณ จุดขายเบเกอรี่ในห้างสรรพสินค้า ร้านสะดวกซื้อ และร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพ ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ข้อมูลที่สำรวจคือ สถานที่จำหน่าย/ชื่อร้าน, ยี่ห้อ, ผู้ผลิต, ผู้จำหน่าย, รสชาติ, ประเภทอาหาร, ชนิดน้ำมันพืช, ปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบ, ขนาดบรรจุ, ราคา, รูปแบบผลิตภัณฑ์, รูปแบบบรรจุภัณฑ์, อุณหภูมิการเก็บ และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

1.2 การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค โดยการอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion)

ศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กในท้องตลาด และซีฟฟอนเค้กคอกเทลเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง โดยวิธี Focus group discussion เพื่อนำข้อมูลใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กที่มีในท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกเทลเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

รวบรวมแนวความคิด ทักษะคติ และความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่รับประทานซีฟฟอนเค้ก โดยวิธีอภิปรายกลุ่มจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ประกอบด้วยนักศึกษาปริญญาโท พนักงานบริษัท และผู้ประกอบการธุรกิจส่วนตัว อายุ 25-38 ปี ที่เคยรับประทานผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้ก ณ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี วันที่ 29-30 เมษายน พ.ศ. 2554 ขั้นตอนในการร่วมอภิปรายกลุ่ม ตามวิธีการของ Resurreccion (1998) ในภาคผนวก ก โดยมีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกเทป และจดบันทึก

1.3 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม

ศึกษาพฤติกรรมและความต้องการต่อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนที่มีในท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอร์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ด้วยวิธีเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) โดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งตัวเลือของแบบสอบถามได้มาจากผลสรุปที่ได้จากการอภิปรายกลุ่ม ทดสอบกับผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1.3.1 การทดสอบแบบสอบถามเบื้องต้น โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการแก้ไขเบื้องต้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไปทดลองใช้ (Pre-test) กับกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และเคยรับประทานซีฟฟอน จำนวน 20 คน เพื่อทดสอบความเข้าใจในการตอบแบบสอบถามและปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.3.2 การหาสัดส่วนของประชากร (p) เพื่อกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการแก้ไขจากข้อ 1.3.1 แล้ว มาทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และเคยรับประทานซีฟฟอน จำนวน 30 คน โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มแบบวิจารณญาณของผู้วิจัย (Judgment Sampling) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบบนับความถี่ เพื่อหาค่าสัดส่วนของประชากร และกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณตามวิธีของ Cooper and Schindler (1978) ดังสมการที่ (7) จากจำนวนผู้ที่สนใจซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอร์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

วิธีคำนวณของ Cooper and Schindler (1998) ดังนี้

$$n = (z/e)^2(p)(1-p) \quad (7)$$

โดย n คือ จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

z คือ ค่าคะแนนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (1.96)

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (0.05)

p คือ สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอร์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

1.3.3 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และเคยรับประทานซีฟอนเค้ก แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนเท่าๆ กัน โดยแจกแบบสอบถาม ตามจำนวนที่คำนวณได้ในข้อ 1.3.2 สุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างของผู้วิจัย (Judgment sampling) ณ โรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก สำรวจในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 เก็บรวบรวมผล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยนับความถี่, วิเคราะห์ค่าไคว์สแควร์ (Chi-square) และ Crosstab เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับความสนใจซื้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และสรุปเป็นแนวคิดผลิตภัณฑ์ (Product concept)

1.4 การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง (Product concept testing) โดยนำแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 1.3.3 มาทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 50 คน ซึ่งทั้งหมดเคยรับประทานซีฟอนเค้ก โดยช่วงอายุของผู้ทดสอบจะถูกกำหนดขึ้นใหม่จากแนวโน้มความเป็นไปได้ในการขายสินค้าซึ่งได้จากข้อมูลความสนใจซื้อในข้อ 1.3.3 ประกอบกับการสืบค้นข้อมูลที่ผ่านมา เพื่อยืนยันว่าแนวคิดที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ในการทดสอบผู้บริโภคจะได้ดูลักษณะของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากรูปถ่ายที่แนบไปกับแบบสอบถาม แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก สำรวจในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยนับความถี่ของผู้บริโภคที่สนใจซื้อ

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงที่เหมาะสม

2.1 การศึกษาซีฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับซีฟอนเค้กจากท้องตลาด

ผลิตซีฟอนเค้ก ดังสูตรในตารางที่ 15 และกรรมวิธีการผลิตดังภาพที่ 13 ขนาดการผลิต 1 กิโลกรัม ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ตามสูตรและกรรมวิธีการผลิตของชลิดา (2550) โดยปรับเปลี่ยนสูตรจากแป้งข้าวหอมมะลิเป็นแป้งสาลีสำหรับทำเค้ก, น้ำมันดอกทานตะวันเป็นน้ำมันรำข้าวที่ระบุว่ามีปริมาณเกมมาโอรีซานอล 8,000 ppm (R_{8000}) และจากกลิ่นใบเตยและน้ำเป็นน้ำใบเตยกลิ่นสด อัตราส่วนใบเตยสดต่อน้ำ เท่ากับ 1:3 นำตัวอย่างมาวัดค่าทางกายภาพดังต่อไปนี้

เปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากท้องตลาดจำนวน 1 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ My Choice เนื่องจากการวัดค่าทางเนื้อสัมผัส ชิฟฟอนเค้กจำเป็นต้องมีความหนาที่สามารถตัดได้ขนาด 15x15x15 มิลลิเมตร เนื้อชิฟฟอนเค้กต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นจึงเหลือเพียง 2 ยี่ห้อเท่านั้นคือ My Choice และ จินี่ เบเกอรี่ แต่ทั้งสองยี่ห้อผลิตจากบริษัทเดียวกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิเคราะห์เพียง 1 ตัวอย่าง ประเมินผลด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 วัดค่าปริมาตรจำเพาะของชิฟฟอนเค้ก โดยดัดแปลงจากวิธีของ Park (1976) โดยใช้การแทนที่น้ำ เริ่มจากการนำงาเดิมลงในภาชนะที่มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์จนเต็ม หลังจากนั้น เทงาลงในกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตร (ปริมาตรงาเริ่มต้น) นำผลิตภัณฑ์ไปชั่งน้ำหนัก เทงาลงไปที่ก้นภาชนะส่วนหนึ่ง และวางผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะเดิมที่ใช้วัดปริมาตรงา เทงาลงในภาชนะจนล้นเล็กน้อย แล้วใช้พายปาดให้เสมอกัน 1 ครั้ง จากนั้นเทงาในกระบอกตวง อ่านปริมาตร (ปริมาตรงาหลังแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์) และคำนวณปริมาตรจำเพาะ โดยใช้สูตร

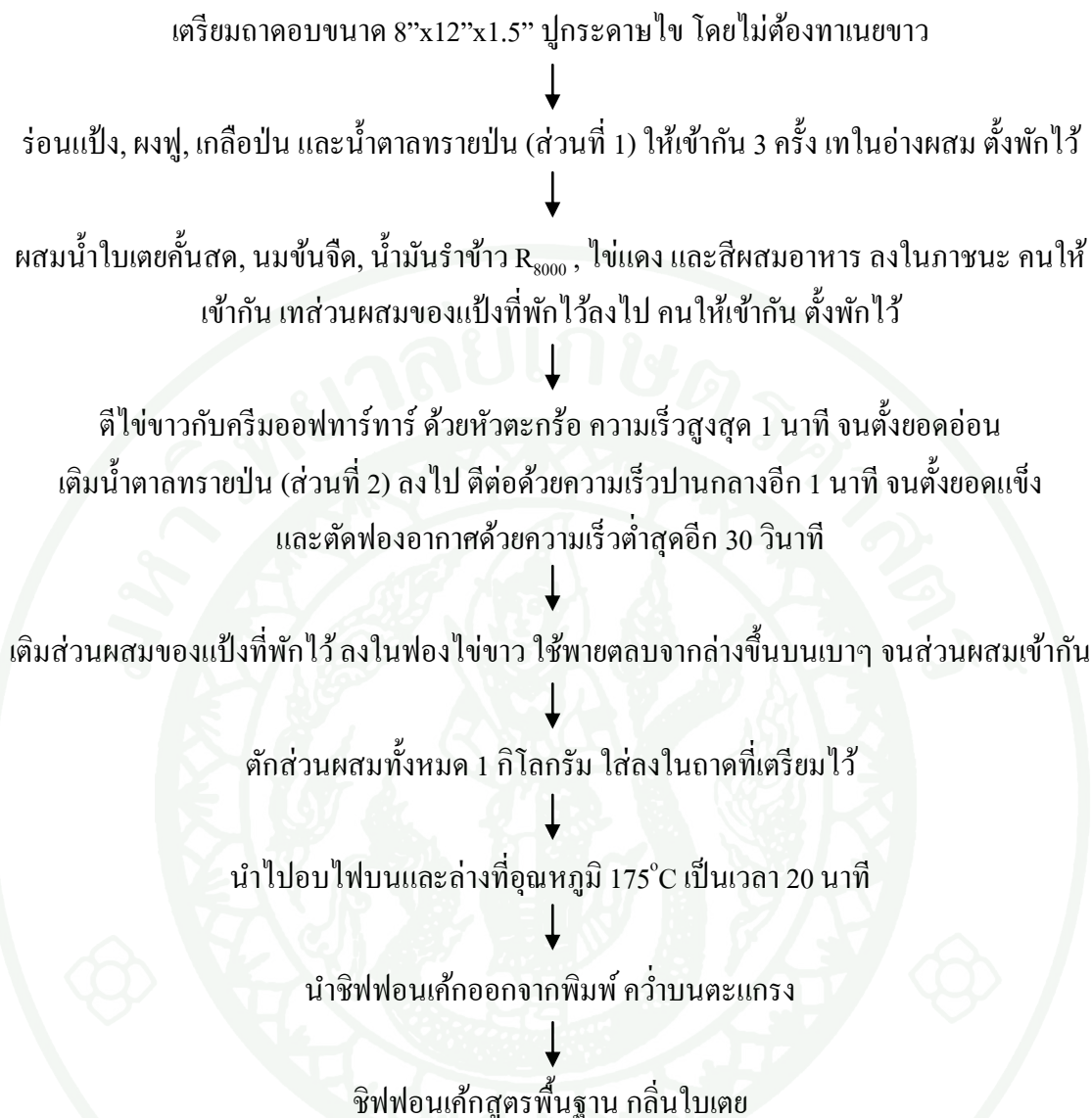
$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรงาเริ่มต้น} - \text{ปริมาตรงาหลังแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}} \quad (8)$$

2.1.2 วัดค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (Barrett *et al.*, 2000) โดยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (Lloyd Instrument) Model TA 500 ใช้หัว Cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทาง 9 มิลลิเมตร (60 % deformation) ขนาดตัวอย่าง 15x15x15 มิลลิเมตร วัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง (Hardness), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Chewiness)

ตารางที่ 15 สูตรพื้นฐานในการผลิตซีฟฟอนเค้กค็อคเคสเดอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว
ชนิดเกมมาโอรีชานอลสูง (ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000})

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
แป้งสาลี	23.00
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1)	12.50
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2)	5.50
ไข่ขาว	18.00
ไข่แดง	8.50
น้ำมันรำข้าว (R_{8000})	12.50
นมข้นจืด	9.50
ผงฟู	1.00
เกลือป่น	0.30
ครีมออฟฟาร์ทาร์	0.30
ไบเตยคั่นสด (อัตราส่วนไบเตยสดต่อน้ำ เท่ากับ 1:3)	8.88
สีผสมอาหารสีเขียว	0.02
รวม	100.00

ที่มา: คัดแปลงจาก ชลิดา (2550)



ภาพที่ 13 กรรมวิธีการผลิตชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิด
แกมมาโอรีซานอลสูงสุตรพื้นฐาน

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชลิดา (2550)

2.2 การศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้ก

วางแผนการทดลอง Mixture design 2 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำมันรำข้าว และปริมาณไข่แดง โดยปริมาณทั้งสองรวมเป็นร้อยละ 21 ของส่วนผสมทั้งหมด โดยสูตรที่ 5 คือ สูตรพื้นฐาน (น้ำมันรำข้าว 12.50% + ไข่แดง 8.50% หรือเท่ากับอัตราส่วน 60:40) จากตารางที่ 16 ตัวอย่างที่มีปริมาณไข่แดงมากกว่าร้อยละ 40 ของปริมาณทั้งสองรวมกันถูกตัดออก เนื่องจากการทดลองมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณไข่แดง ได้ตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง รายละเอียดส่วนผสมแต่ละสูตรแสดงในตารางที่ 17 ผลิตตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม และวัดค่าคุณภาพทางกายภาพของแต่ละตัวอย่าง ประเมินผลด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple's Range Test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 สังเกตลักษณะปรากฏของชีฟฟอนเค้ก ได้แก่ สีเนื้อในเค้ก หน้าขนม และกลิ่นและด้านข้างของชีฟฟอนเค้ก, ความสูงชีฟฟอนเค้ก, ลักษณะโพรงเนื้อขนม, ความชุ่มของเนื้อเค้ก, การแยกตัวของน้ำมันออกจากเค้ก, การเกาะตัวของเนื้อเค้กเมื่อตัด

2.2.2 ค่าปริมาตรจำเพาะของชีฟฟอนเค้ก เช่นเดียวกับข้อ 2.1.1

2.2.3 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis เช่นเดียวกับข้อ 2.1.2 บันทึกค่าความแข็ง (Hardness), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Chewiness) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load (N) ต่อเวลา (s) ของแต่ละสิ่งทดลองเปรียบเทียบกับสูตรชีฟฟอนเค้กพื้นฐาน เพื่อดูแนวโน้มความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดง

2.2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กแต่ละสูตร โดยการทดสอบความชอบและความพอดี (9-Pointed Hedonic scale and Just about right scale) (เพ็ญขวัญ, 2550) ศึกษาในปัจจัยด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, ความนุ่ม, ความชุ่มของเนื้อเค้ก, เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวม ในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กดังกล่าว โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก เก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ความชอบโดยหาค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบเปรียบเทียบกับชีฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน ส่วนความพอดี วิเคราะห์โดยการนับจำนวนความถี่และคำนวณร้อยละของจำนวนคำตอบ รวมทั้งวิเคราะห์ค่า Mean drop และ Total penalty (Schraidt, 2009) เพื่อใช้ปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 16 ค่าร้อยละของน้ำมันรำข้าวและไข่แดงในสูตรการทำซีฟฟอน จากการวางแผนการ
ทดลองแบบ Mixture design

Formulation	1	2	3	4	5
Rice bran oil (%)	60	70	80	90	100
Egg yolk (%)	40	30	20	10	0

หมายเหตุ ค่า 100% ใน Mixture design คือ 21% ของส่วนผสมทั้งหมดในการทำซีฟฟอน

ตารางที่ 17 ค่าร้อยละของส่วนประกอบแต่ละสูตรที่ใช้ในการทำซีฟฟอน จากการวางแผนการ
ทดลองแบบ Mixture design

ส่วนประกอบ	อัตราส่วนร้อยละของน้ำมันรำข้าว : ไข่แดง (ร้อยละ)				
	60:40	70:30	80:20	90:10	100:0
แป้งสาลี	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1)	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2)	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
ไข่ขาว	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
ไข่แดง	8.50	6.30	4.20	2.10	0.00
น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀	12.50	14.70	16.80	18.90	21.00
นมข้นจืด	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
ผงฟู	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือป่น	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ครีมออฟฟัททาร์	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ไบเตกซ์สันสด (อัตราส่วน ไบเตกซ์สดต่อน้ำเท่ากับ 1:3)	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88
สีผสมอาหารสีเขียว	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

2.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กกลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

ปรับปรุงคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่เลือกมาแล้วในข้อ 2.2 โดยเน้นเน้นการปรับปรุงได้จากค่าความถี่ของความพอใจที่ผู้บริโภคได้ทำการประเมินไว้ในข้อ 2.2.4 ผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม วัดค่าคุณภาพทางกายภาพ และค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแต่ละตัวอย่าง ประเมินผลด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

2.3.1 สังเกตลักษณะปรากฏของชีฟฟอนเค้ก เช่นเดียวกับข้อ 2.2.1

2.3.2 ค่าปริมาตรจำเพาะของชีฟฟอนเค้ก เช่นเดียวกับข้อ 2.1.1

2.3.3 ค่า Water activity (AOAC, 2006) โดยใช้เครื่องวัด Water Activity (AquaLab Model Series 3TE) เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด ใส่ในตลับวัดค่า ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของตลับซึ่งมีขีดบอกระดับการใส่ตัวอย่าง และปิดฝาพับไว้ ทำการปรับมาตรฐานของเครื่องทุกครั้งก่อนใช้งาน โดยใช้เกลืออิ่มตัวมาตรฐานให้ครอบคลุมช่วงที่ทำการวัด นำตัวอย่างที่ใส่ในตลับเปิดฝาดู และใส่ในตลับเปิดฝาดู และใส่ในช่องวัดค่า Water Activity ทำการวัดค่าและบันทึกข้อมูล

2.3.4 ค่าสี L^* a^* b^* ของเนื้อในชีฟฟอนเค้ก ด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer Model CM-3500d

2.3.5 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis เช่นเดียวกับข้อ 2.1.2 บันทึกค่าความแข็ง (Hardness), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยว (Chewiness) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของเนื้อสัมผัสก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

2.3.6 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กสูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภค (9-Pointed Hedonic scale) ศึกษาในปัจจัยด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, กลิ่นรส, รสชาติ, ความนุ่ม, ความชุ่มของเนื้อเค้ก,

ความหวาน, เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กดังกล่าว โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ความชอบโดยหาค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ เปรียบเทียบผลคะแนนความชอบระหว่างผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

3. การวิเคราะห์ค่าคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลμμαโอรีซานอลสูง

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแกลμμαโอรีซานอล

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารแกลμμαโอรีซานอลในผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลμμαโอรีซานอลสูงสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการตรวจวัด วิธีการคือสร้างกราฟมาตรฐานของสารแกลμμαโอรีซานอล และวิเคราะห์หาปริมาณแกลμμαโอรีซานอลของน้ำมันพืชที่ใช้ในการผลิตซีฟอนเค้ก และนำซีฟอนเค้กไปวัดปริมาณแกลμμαโอรีซานอลเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ขั้นตอนและรายละเอียดการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

3.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ของสารแกลμμαโอรีซานอล

สร้างกราฟมาตรฐานของสารแกลμμαโอรีซานอล เพื่อนำสมการที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแกลμμαโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และในผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก ทำโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานแกลμμαโอรีซานอลจากสารแกลμμαโอรีซานอลบริสุทธิ์ 10 ความเข้มข้นคือ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 ppm ใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแกลμμαโอรีซานอล ความเข้มข้น 50 ppm โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 230 ถึง 400 นาโนเมตร ใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เป็น Blank เลือกความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด เพื่อใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่าง แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงต่อค่าความเข้มข้นของสารแกลμμαโอรีซานอล

3.1.2 การวัดปริมาณสารแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง

วัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันรำข้าว เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอริซานอลที่อยู่ในน้ำมันรำข้าวชนิดต่างๆ และวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันถั่วเหลือง ในช่วงที่สารแกมมาโอริซานอลดูดกลืน เพื่อสังเกตการซ้อนทับของค่าการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบอื่นๆ ภายในน้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันพืชที่ใช้ในการทดลองคือ น้ำมันพืชทางการค้า 4 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าวที่ระบุว่าปริมาณแกมมาโอริซานอล 2,000 ppm (R_{2000}), 5,000 ppm (R_{5000}), 8,000 ppm (R_{8000}) แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ตัวอย่างน้ำมันพืชจากท้องตลาด 4 ชนิด จากซ้ายไปขวา คือ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าว (R_{2000}), น้ำมันรำข้าว (R_{5000}) และน้ำมันรำข้าว (R_{8000}) ตามลำดับ

ก. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

เตรียมสารละลาย 0.4% w/v ของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (การหา % w/v ของการเตรียมสารละลายตัวอย่างน้ำมันพืชแสดงในภาคผนวก ข) โดยชั่งน้ำมันพืช 0.1 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Bucci *et al.*, 2003) ชั่งน้ำหนักของสารละลายทั้งหมด

ข. การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง

วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำมันรำข้าว R_{2000} , R_{5000} และ R_{8000} โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นเดียวกับการสร้างกราฟมาตรฐาน นำค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างแทนลงในสมการของกราฟมาตรฐานได้เป็นความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 0.4% w/v ของน้ำมันพืชในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (C) วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวตามสมการที่ (9)

$$\text{Concentration of gamma - oryzanol in oil (ppm)} = \frac{C \times B}{A} \quad (9)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเฉลี่ยของน้ำมันพืชที่ชั่งได้จริง (กรัม)
 B คือ น้ำหนักเฉลี่ยของสารละลายทั้งหมดที่ชั่งได้จริง (กรัม)
 C คือ ความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 0.4% w/v ของน้ำมันพืชในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เมื่อเทียบจากสมการกราฟมาตรฐาน (ppm)

สำหรับตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลือง SBO วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร เพื่อคุณลักษณะการดูดกลืนแสงของน้ำมันพืชที่ไม่มีสารแกมมาโอริซานอลอยู่

3.1.3 การศึกษาผลของระยะเวลาในการสกัดสารแกมมาโอริซานอลออกจากชิฟอนเค้ก

ผลิตชิฟอนเค้กสูตรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ และวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าซ้ำ 3 ครั้ง เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแกมมาโอริซานอลออกจากตัวอย่างชิฟอนเค้ก

ก. การเตรียมชิฟฟอนเค้ก

ผลิตชิฟฟอนสูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว จากข้อ 2.3 (ปริมาณน้ำมันรำข้าว ร้อยละ 16.8 ของส่วนประกอบทั้งหมดในสูตร) ซึ่งตัวอย่างจะใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นองค์ประกอบ ผลิตตามวิธีการในภาพที่ 13 ซึ่งน้ำหนักแบ่งก่อนนำเข้าอบและหลังอบของแต่ละตัวอย่าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแอมมาโอรีซานอลต่อไป

ข. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

เตรียมสารละลาย 3.2% w/v ของตัวอย่างชิฟฟอนเค้กในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (การหา % w/v ของการเตรียมสารละลายตัวอย่างชิฟฟอนเค้กแสดงในภาคผนวก ข) โดยชั่งชิฟฟอนเค้กแต่ละตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอน 0.8 กรัม การตัดชิฟฟอนเค้กทำโดยใช้ใบมีดตัดเตอร์ตัดในแนวตั้งตั้งแต่ผิวหน้าจนถึงด้านล่างของชิฟฟอนเค้ก แخذตัวอย่างในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 0.5, 1, 2, 4, 6 และ 24 ชั่วโมง ใช้แท่งแก้วบดและคนจนตัวอย่างแตกละเอียด แล้วปรับเป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร แล้วเขย่าจนตัวอย่างเข้ากันดีเป็นเวลา 1 นาที ซึ่งน้ำหนักของสารละลายทั้งหมด หลังจากนั้นนำสารละลายไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยง ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที (Ramírez-Jiménez *et al.*, 2000) นำตะกอนของชิฟฟอนเค้กออก แล้วนำไปใส่เครื่องหมุนเหวี่ยงอีกครั้งด้วยความเร็วเท่าเดิม เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนที่เป็นสารละลายใสไว้ใช้ในวิเคราะห์ต่อไป

ค. การวิเคราะห์ปริมาณสารแอมมาโอรีซานอลในชิฟฟอนเค้ก

นำแต่ละตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นเดียวกับการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยตัวอย่างที่แช่ที่เวลาต่างกันจะมีการสุ่มตรวจวิเคราะห์กระจาย 3 ตำแหน่งของชิฟฟอนเค้ก (เนื่องจากสูตรที่ใช้มีการลดปริมาณไข่แดงซึ่งมีสารที่ช่วยทำให้น้ำและน้ำมันรวมตัวกันได้ดี (Emulsifier)) เพื่อเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง แล้วแทนค่าลงในสมการของกราฟมาตรฐาน จะได้ค่าความเข้มข้นของสารแอมมาโอรีซานอลในสารละลาย 3.2% w/v ของชิฟฟอนเค้กในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (C) วิเคราะห์หาปริมาณสารแอมมาโอรีซานอลในตัวอย่างชิฟฟอนเค้กตามสมการที่ (10) ได้เป็นค่าที่ได้

จากการทดลอง (Experiment) เปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณ (Calculated) ซึ่งคำนวณตามวิธีของ Khuwijitjaru *et al.* (2009)

$$\text{Quantity of gamma - oryzanol in chiffon cake (mg)} = \frac{\frac{C}{1000} \times B}{A} \times \text{Serving size} \quad (10)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กที่ชั่งได้จริง หรือที่ตัดมาวิเคราะห์ (กรัม)

B คือ น้ำหนักเฉลี่ยของสารละลายทั้งหมดที่ชั่งได้จริง หรือน้ำหนักเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้ก รวมกับสารละลาย (กรัม)

C คือ ความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 3.2% w/v ของชิฟฟอนเค้กใน ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เมื่อเทียบจากสมการกราฟมาตรฐาน (ppm)

Serving size คือ น้ำหนักชิฟฟอนเค้กในหนึ่งหน่วยบริโภค หรือชิฟฟอนเค้กทั้งก้อน (กรัม)

3.1.4 การวัดปริมาณสารแกมมาโอริซานอลในชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง

ผลิตชิฟฟอนเค้กจำนวน 3 สูตร คือสูตรพื้นฐานดังตารางที่ 15 และสูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วในข้อ 2.3 ซึ่งทั้งสองใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นองค์ประกอบ และสูตรปรับปรุงคุณภาพแต่ปรับเปลี่ยนจากน้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นน้ำมันถั่วเหลือง SBO การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.1.3x โดยใช้เวลาในการแช่ตัวอย่างที่ 0.5 ชั่วโมง

วัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร เพื่อสังเกตลักษณะการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่ใช้และไม่ได้ใช้น้ำมันรำข้าวเป็นองค์ประกอบ และสังเกตการซ้อนทับของค่าการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบอื่นๆ ภายในชิฟฟอนเค้ก หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างที่ความยาวคลื่นเดียวกับการสร้างกราฟมาตรฐาน วิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาโอริซานอลภายในชิฟฟอนเค้กตามวิธีในหัวข้อ 3.1.3ค

3.2 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

ผลิตซิฟฟอนสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 15) แต่เปลี่ยนจากใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และซิฟฟอนเค้กคอกเทลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R_{8000} สูตรที่ปรับปรุงคุณภาพ (ตารางที่ 34) และวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 ค่าคุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสี L^* a^* b^* ของเนื้อในซิฟฟอนเค้ก ด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer Model CM-3500d

ข. ค่า Water activity (AOAC, 2006) เช่นเดียวกับข้อ 2.3.3

ค. ค่าปริมาตรจำเพาะของซิฟฟอนเค้ก เช่นเดียวกับข้อ 2.1.1

ง. ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis เช่นเดียวกับข้อ 2.1.2

3.2.2 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมี

ก. องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC (2006) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าเส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต

ข. ปริมาณคอเลสเตอรอลในซิฟฟอนเค้ก โดยส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์ประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (FQA)

3.2.3 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์

ก. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2006)

ข. ยีสต์และรา (AOAC, 2006)

3.3 ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์

คำนวณต้นทุนวัตถุดิบรวมของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กค็อคเคสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมาโอรีซานอลสูง (R_{8000}) สูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว (สูตรหลังการปรับปรุง ตารางที่ 34) เปรียบเทียบกับซีฟอนเค้กสูตรพื้นฐานกรณีใช้น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) (ตารางที่ 17) เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขนาดบรรจุผลิตภัณฑ์และราคาในการจำหน่ายสินค้าในท้องตลาด

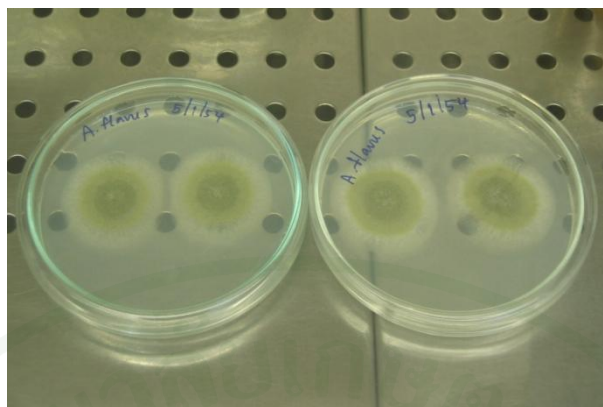
4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกลมาโอรีซานอลในการยับยั้งเชื้อราและการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกลมาโอรีซานอลในการยับยั้งเชื้อราชนิด *Aspergillus flavus*

ทดสอบประสิทธิภาพของสารแกลมาโอรีซานอลในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) โดยวิธี Contact assay (Alvarez-Castellanos *et al.*, 2001) วัดซ้ำ 5 ครั้ง และทำการทดลอง 2 ซ้ำ เพื่อศึกษาความสามารถของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมาโอรีซานอลสูงซึ่งจะถูกใส่ลงในผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กต่อการยับยั้งเชื้อรา *A. flavus*

4.1.1 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ทดสอบ

เพาะเลี้ยงเชื้อรา *A. flavus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บ่มเชื้อราที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3-4 วัน เพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนนำมาใช้ในการทดสอบ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เชื้อรา *A. flavus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส

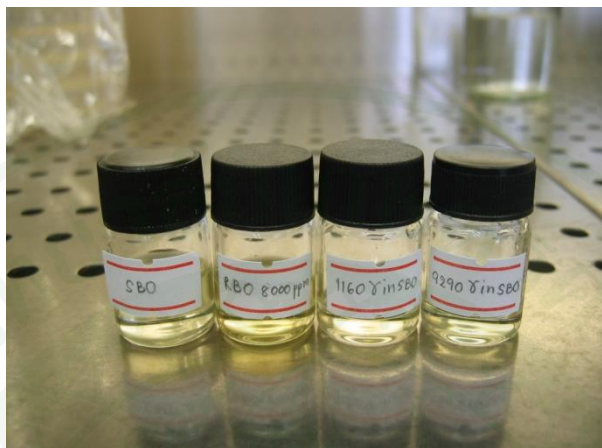
4.1.2 สารที่ใช้ในการทดสอบ

สารที่ใช้ในการทดสอบมี 4 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าว R_{8000} (จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ใช้มีปริมาณแกมมาโอริซานอล เท่ากับ 9,290 ppm) และน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมสารแกมมาโอริซานอลบริสุทธิ์ลงไปจนมีความเข้มข้น 1,160 ppm (SBO_{1160}) (คิดเทียบถ้าใช้น้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอริซานอล 9,290 ppm เป็นส่วนประกอบร้อยละ 12.5 (ซีฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน) ดังนั้นซีฟฟอนเค้กจะเหลือความเข้มข้นแกมมาโอริซานอล เท่ากับ $(9,290/100) \times 12.5 \approx 1,160$ ppm) และ 9,290 ppm (SBO_{9290}) (ปริมาณแกมมาโอริซานอลที่เติมลงในน้ำมันถั่วเหลืองเท่ากับปริมาณแกมมาโอริซานอลที่มีในน้ำมันรำข้าว R_{8000}) โดยตัวอย่างที่มีการเติมสารแกมมาโอริซานอลบริสุทธิ์ลงในน้ำมันถั่วเหลือง ให้ใช้เครื่อง Ultrasonic cleaner ในการช่วยให้สารแกมมาโอริซานอลละลายเข้ากันได้ดีในน้ำมัน เป็นเวลา 5 นาที ภาพที่ 16 เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา

4.1.3 วิธีการทดสอบ

ใช้ Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ตัดชิ้นวุ้นเชื้อราทดสอบที่มีอายุ 3-4 วัน โดยตัดที่ส่วนปลายสุดของเส้นใยที่ไม่มีสปอร์ และวางชิ้นวุ้นลงบนอาหาร PDA ที่ด้านข้างของขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ในทิศทางตรงกันข้าม (วางชิ้นวุ้นเชื้อรา 2 ชิ้นต่อจาน) จากนั้นใช้ Cork borer ขนาดเท่าเดิม เจาะชิ้นวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อที่บริเวณกลางจานเพาะเชื้อ หยอดสาร

ทดสอบปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในหลุมดังกล่าว ส่วนตัวอย่างควบคุม (Control) จะไม่มีการเติมสารใดๆ ลงไป นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 วัน



ภาพที่ 16 สารที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา จากซ้ายไปขวา คือ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO), น้ำมันรำข้าวที่ระบุว่ามีปริมาณแกมมาโอริซานอล 8,000 ppm (R_{8000}) และน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมสารแกมมาโอริซานอลบริสุทธิ์ลงไปจนมีความเข้มข้น 1,160 ppm (SBO_{1160}) และ 9,290 ppm (SBO_{9290}) ตามลำดับ

4.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

วัดผลโดยวัดระยะรัศมีของเชื้อราในชุดควบคุม (เชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 4-6 วัน) และระยะรัศมีของเชื้อราที่ทำการทดสอบ คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (Antifungal Index; AFI) ตามสมการ (11) (ประภัศสร และคณะ, 2553)

$$\text{Antifungal Index} = \left(1 - \left(\frac{Db}{Da} \right) \right) \times 100 \quad (11)$$

เมื่อ Db คือ ระยะรัศมีของเชื้อราที่ทำการทดสอบ
 Da คือ ระยะรัศมีของเชื้อราชุดควบคุม

4.2 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว

ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กโดยใช้สูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วในข้อ 2.3 แต่ใช้น้ำมันพืชในส่วนผสมแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ น้ำมันรำข้าวที่ระบุว่ามีปริมาณแกมมาโอริซานอล 8,000 ppm (R_{8000}) และน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วัดค่าซ้ำ 3 ครั้ง และทำการทดลอง 2 ซ้ำ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การเตรียมตัวอย่างทำโดยนำตัวอย่างใส่ในบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดจากการตอบแบบสอบถามในข้อ 1.3.3 (กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐาน ทำจากพลาสติกชนิด Polystyrene; PS) บรรจุภัณฑ์ละประมาณ 100-120 กรัม ดังภาพที่ 17 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 0 โดยกำหนดระยะเวลาหลังจากผลิตเสร็จไม่เกิน 2 ชั่วโมง เป็นวันที่ 0 เมื่อเวลาผ่านไป 24 ± 2 ชั่วโมง เป็นวันที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 48 ± 2 ชั่วโมง เป็นวันที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 72 ± 2 ชั่วโมง เป็นวันที่ 3 และดำเนินการต่อเนื่องไปจนกว่าผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียแล้ววัดค่าดังนี้



ภาพที่ 17 ตัวอย่างซีฟฟอนเค้กทั้งสองสูตรที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

4.2.1 สังเกตลักษณะปรากฏของชิฟฟอนเค้ก เช่น การแยกตัวของน้ำมันออกจากเนื้อเค้ก ความแข็ง สี และความมันเงาที่ผิวเค้ก

4.2.2 ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์

ก. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2006)

ข. ยีสต์และรา (AOAC, 2006)

4.2.3 ค่าคุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสี L^* a^* b^* ของเนื้อในชิฟฟอนเค้ก ด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer Model CM-3500d

ข. ค่า Water activity (AOAC, 2006) เช่นเดียวกับข้อ 2.3.3

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลิตชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมมาโอรีซานอลสูงที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วในข้อ 2.3 โดยแต่ละตัวอย่างจะถูกตัดแบ่งให้มีขนาดกว้างxยาวxสูงประมาณ 1.5"x2"x1.5" บรรจุในซองพลาสติกใสชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene; PP) ที่ซีลปิดสนิท และระบุวันผลิตและวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ไว้บนบรรจุภัณฑ์ ดังภาพที่ 18 ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธี Central Location Test (CLT) (เพ็ญขวัญ, 2550) กับผู้บริโภคที่มีอายุ 25-50 ปี และเคยรับประทานชิฟฟอนเค้ก จำนวน 200 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มอาชีพ ๆ ละ 50 คน ได้แก่ นักเรียน/นักศึกษา, ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ/พนักงานราชการ/พนักงานมหาวิทยาลัย, พนักงานบริษัทเอกชน และธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ทดสอบ ณ โรงอาหารกลางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 โดยใช้วิธีการทดสอบ 9-Pointed Hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2550) ศึกษาในคุณลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์, รูปแบบผลิตภัณฑ์, ลักษณะปรากฏ, กลิ่นรสใบเตย, รสชาติ, ความนุ่ม, เนื้อสัมผัสโดยรวม, ความชอบโดยรวม รวมทั้งการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคประเมินคุณลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์

และรูปแบบผลิตภัณฑ์จากรูปถ่ายของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่แนบไปกับแบบสอบถาม ดังภาพที่ 19 โดยผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 100 กรัม สามารถสไลด์เป็นชั้นได้ทั้งหมด 5 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีขนาด กว้างxยาวxสูง ประมาณ 2x6x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับการทดสอบความชอบโดยรวม, การยอมรับ และการซื้อผลิตภัณฑ์ จะแบ่งออกเป็น 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 คือผู้บริโภครประเมินผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กก่อนรับรู้ว่าคุณค่าคือชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิด แกมมาโอไรซานอลสูง และครั้งที่ 2 คือผู้บริโภครประเมินผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กหลังรับรู้ว่าคุณค่าคือชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก



ภาพที่ 18 ตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่บรรจุในซองพลาสติกใสชนิดโพลีโพรพิลีนที่ซีลปิดสนิท พร้อมทั้งระบุวันผลิตและวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ไว้บนบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 19 รูปแบบผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กสำเร็จรูป บรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมิฐาน

ประเมินผลด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการนับความถี่, วิเคราะห์ค่าไควสแควร์ (Chi-square) และ Crosstab เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับปัจจัยความชอบด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ และใช้ F-test และ t-test ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนใจในการให้คะแนนความชอบโดยรวม การยอมรับ และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคหลังจากทราบข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ฟอนเค้กคอกอเลสเตอร์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง โดยระดับความชอบของผลิตภัณฑ์ คะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

6. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึงสิ้นสุดเดือนพฤศจิกายน 2554

ผลและวิจารณ์

1. การพัฒนาและทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแถมมาโอรีซานอลสูง

1.1 การสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กในท้องตลาด

ผลของการสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 18 โดยจากการสำรวจในห้างสรรพสินค้า คือ เดอะมอลล์ และเซ็นทรัล (ท็อปส์) พบว่ามีผู้ผลิตเดียวกันคือ บริษัท ไทเกอร์ เวิร์ธ จำกัด แต่มีตรายี่ห้อที่แตกต่างกัน โดยท็อปส์ มียี่ห้อ My Choice ส่วนเดอะมอลล์มียี่ห้อจินี เบเกอร์ สำหรับการสำรวจในห้างค้าปลีกขนาดใหญ่ คือ โลตัส และคาร์ฟูร์ พบว่าที่โลตัสมีการจำหน่ายซีฟฟอนเค้กห่อเลาะแฉ่ง ซึ่งผลิตโดยบริษัท ซี.พี. ค้าปลีกและการตลาด จำกัด ส่วนคาร์ฟูร์จำหน่ายซีฟฟอนเค้กห่อคาร์ฟูร์ ผลิตโดยบริษัท เซ็นคาร์ จำกัด นอกจากนี้ การสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กในร้านเบเกอรี่ คือ ร้านวิคตอรีเบเกอรี่, ร้านปุ๊กกะเอ และร้านกาโตว์ เฮาส์ พบว่าชื่อยี่ห้อจะมีชื่อเดียวกับชื่อร้าน และไม่มีการระบุผู้ผลิตที่บรรจุภัณฑ์

จากผลการสำรวจพบว่าผู้ผลิตนิยมผลิตซีฟฟอนรสใบเตยมะพร้าวอ่อน และรสส้ม ส่วนรสอื่นๆ ที่ผลิต คือ รสสังขยามะพร้าวอ่อน, รสช็อกโกแลต, รสกาแฟ และรสเนย ปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้คือ 15 และ 7.5% ของส่วนผสมทั้งหมด โดยไม่ระบุชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้ ขนาดบรรจุมีตั้งแต่ขนาดเล็กสุดสำหรับรับประทานครั้งเดียว เป็นรูปแบบสามเหลี่ยมทาครีมประกบคู่ น้ำหนัก 60-70 กรัม, สี่เหลี่ยมผืนผ้า ทาครีมประกบคู่ น้ำหนัก 100 กรัม, ม้วนโรล มีครีมระหว่างกลาง ขนาดเล็ก น้ำหนัก 140 กรัม หรือขนาดใหญ่ น้ำหนัก 230 กรัม และเป็นแบบรับประทานได้หลายครั้งหรือสำหรับรับประทานหลายคนเป็นแบบวงกลม น้ำหนัก 400 กรัม ซีฟฟอนเค้กมีราคาตั้งแต่ 12 ถึง 75 บาท โดยแนวโน้มราคาของซีฟฟอนเค้กจะสูงขึ้นตามน้ำหนักของซีฟฟอนที่มากขึ้น

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้คือ ซองพลาสติกใสซีลและใส่กล่องกระดาษ, กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมิฐาน, กล่องพลาสติกใสพับมีแกน, ห่อกระดาษ และห่อพลาสติก โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาและอายุการเก็บที่ระบุในบรรจุภัณฑ์จะมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ หากระบุให้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-

30 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิห้อง จะสามารถเก็บรักษาได้นาน 2-3 วัน แต่หากระบุให้เก็บในที่เย็น อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาได้นาน 7-9 วัน

สำหรับการสำรวจผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กที่มีจำหน่ายในร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะ พบว่าไม่มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเพื่อสุขภาพ แต่มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์คุกกี้, แครกเกอร์, ขนมปัง และขนมเปียะ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เก็บได้รักษาได้นานมากกว่า 60 วัน ยกเว้นขนมปังโฮลวีทเก็บรักษาได้เพียง 1 สัปดาห์ รสชาติที่นิยมทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพคือ ไข่แดง, ฟักทอง, จิง, จมูกข้าวสาลี, งาดำ, งาขาว, เม็ดมะม่วงหิมพานต์, เมล็ดทานตะวัน, ธัญพืชต่างๆ, ทูเรียน ช็อกโกแลต และชาเขียว แสดงว่าผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพส่วนใหญ่จะเน้นการใช้วัตถุดิบที่มาจากรธรรมชาติ ไม่มีเจือสี และไม่ใช้วัตถุกันเสีย นอกจากผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ระบุว่าปราศจากคอเลสเตอรอล (Cholesterol free) และขนมปังโฮลวีทที่ระบุว่าปราศจากน้ำตาล (No sugar) นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีการซีล เพื่อเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้นาน โดยในผลิตภัณฑ์ขนมเปียะมีการใช้วัตถุดิบคั้นออกซิเจนด้วย รายละเอียดดังตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟอนเล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

สถานที่ จำหน่าย/ ชื่อร้าน	ยี่ห้อ	ผู้ผลิต	ผู้จำหน่าย	รสชาติ	ชนิด น้ำมัน พืช	ปริมาณ น้ำมัน พืช (%)	ขนาด บรรจุ (g)	ราคา (บาท)	รูปแบบ ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุ ภัณฑ์	อุณหภูมิการเก็บ	อายุการ เก็บ (วัน)
เซ็นทรัล (ท็อปส์)	My Choice	บจก. ไทเกอร์ เวอร์	บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด	รสใบเตยมะพร้าว อ่อน, รสส้ม	-	15	400	65	กลม	ซองพลาสติกใสซีล ใต้กล่องกระดาษ	25-30 °C	3
เดอะมอลล์	จีนี่ เบเกอร์รี่	บจก. ไทเกอร์ เวอร์	-	รสใบเตยมะพร้าว อ่อน	-	15	400	75	กลม	ซองพลาสติกใสซีล ใต้กล่องกระดาษ	เก็บไว้ในตู้เย็น	9
โลตัส	เลอแปง	บจก.ซี.พี.ค้าปลีก และการตลาด	-	สังขยามะพร้าว อ่อน	-	7.3	140	45	ม้วนโรล มีครีม ระหว่างกลาง	กล่องพลาสติกฝา เปิดใสมีฐาน	เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ ไม่เกิน 8 °C	7
คาร์ฟูร์	คาร์ฟูร์	บจก. เซ็นคาร์	-	รสใบเตยมะพร้าว อ่อน	-	-	210	25	สามเหลี่ยมทาคิริม ประกบคู่ (มี 3 ชั้น)	กล่องพลาสติกใส พับมีแกน	-	2
ร้านวิคตอรี เบเกอร์รี่	วิคตอรี เบเกอร์รี่	-	-	ส้ม	-	-	230	38	ม้วนโรล มีครีม ระหว่างกลาง	กล่องพลาสติกใส พับมีแกน	-	-
ร้านเบเกอร์รี่ ปุเกอะ	ปุเกอะ	-	-	มะพร้าว, ส้ม, ชีสโกแลต, กาแฟ	-	-	60	12	สามเหลี่ยมทาคิริม ประกบคู่	ห่อกระดาษ	เก็บไว้ในตู้เย็น	-
ร้านเบเกอร์รี่ กาโตว์เฮ้าส์	กาโตว์ กาโตว์เฮ้าส์	-	-	เชซมี บัตเตอร์	-	-	100	30	สี่เหลี่ยมผืนผ้า ทาคิริมประกบคู่	ห่อพลาสติก	-	2

หมายเหตุ สัญลักษณ์ – หมายถึงไม่มีข้อมูลบนฉลากอาหาร

ตารางที่ 19 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพที่มีจำหน่ายในร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ

สถานที่จำหน่าย/ ชื่อร้าน	ชนิด ผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	ผู้ผลิต	ผู้ จำหน่าย	รสชาติ	ประเภท อาหาร	ชนิด น้ำมัน พืช	ปริมาณ น้ำมัน พืช (%)	ขนาด บรรจุ (g)	ราคา (บาท)	รูปแบบ บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ การเก็บ	อายุการ เก็บ (วัน)
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	คุกกี้	บ้าน กระเจียบ	วิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้าน เกษตรพุแค	บ้าน กระเจียบ	ใบเตย, พักทอง, จิง, งาดำ, งาขาว, เม็ดมะม่วงหิม พานต์, เมล็ดทานตะวัน	ไม่เจือสีและไม่ ใช้วัตถุกันเสีย	-	17	150	45	ซองพลาสติกใส ซีล และใส่กล่อง กระดาษ	ที่เย็น และแห้ง	60
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	คุกกี้	ตะวันงา	-	-	จมูกข้าวสาลีและเมล็ดงา	ไม่เจือสีและไม่ ใช้วัตถุกันเสีย	-	-	-	75	กล่องพลาสติกใส	-	90
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	คุกกี้ ธัญพืช	สบายใจ	-	-	ไวท์ช็อกโกแลตชิพ, เม็ด มะม่วงหิมพานต์	-	-	-	-	15	ซองพลาสติกใส	-	-
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	คุกกี้โฮล วีท	คีนฟ้า เพ็ญ	-	-	ช็อกโกแลต, ใบเตย, ธัญพืชรวม	ไม่เจือสีและไม่ ใช้วัตถุกันเสีย	-	-	-	75	กล่องพลาสติก แข็งใส	-	90
ร้านเบเกอรี่ทั่วไป	แครกเกอร์	-	-	-	ทุเรียน	-	-	-	-	35	ซองพลาสติกใส ซีล	-	-
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	แครกเกอร์	เฮลท์ดี เมท	บจก. สาม พรานฟู้ดส์	บจก.สาม พราน ฟู้ดส์	ครีมงาช็อกโกแลตกับ แครกเกอร์	ปราศจาก คอเลส- เตอรอล	-	5	30	25	ถาดหลุมพลาสติก ซีล	-	365
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	ขนมปัง โฮลวีท	สบายใจ	-	-	เจ	ปราศจาก น้ำตาล	-	-	150	30	ซองพลาสติกใส ซีล	-	7

ตารางที่ 19 (ต่อ)

สถานที่จำหน่าย/ ชื่อร้าน	ชนิด ผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	ผู้ผลิต	ผู้ จำหน่าย	รสชาติ	ประเภท อาหาร	ชนิด น้ำมัน	ปริมาณ น้ำมัน	ขนาด บรรจุ	ราคา (บาท)	รูปแบบ บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ การเก็บ	อายุการ เก็บ (วัน)
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	ขนมปัง กรอบ	ปานฟ้า เพ็ญ	-	-	ข้าวโพด	ไม่เจือสีและไม่ ใช้วัตถุกันเสีย	-	-	-	27	ซองพลาสติกใส ซีล	-	90
ร้านสบายใจ สาขา แฟชั่นไอส์แลนด์	ขนมเปียะ	ขนมแม่ เอย	บจก. ขนมแม่ เอย-เปียะ แลนด์ พาย	-	ไส้ ถั่วเขียวไข่แดง, ถั่ว เขียวผสมซ็อกโกแลต, ถั่วเขียวผสมชาเขียว, ถั่ว เขียวกลั่นใบเตย, งา	-	-	12.5	200	70	ซองพลาสติกใส ซีลมีช่องวัดอุณหภูมิ และแท่ง ชั่งออกซิเจน และ ใส่กล่องกระดาษ	ที่เย็น และแห้ง	90
ร้าน KU food	ขนมผิง เกษตร	KU food	สถาบัน ค้นคว้าและ พัฒนาผลิต ภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์	-	ดั้งเดิม, เจ	-	-	-	120	30	ซองอลูมิเนียม ฟอยล์ซีล และใส่ กล่องกระดาษ	-	180

หมายเหตุ สัญลักษณ์ – หมายถึงไม่มีข้อมูลบนฉลากอาหาร

2.1 การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคโดยการอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion)

ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กในท้องตลาด และซีฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง โดยการอภิปรายกลุ่มกับกลุ่มผู้บริโภคที่เคยรับประทานซีฟอนเค้ก อายุ 25-38 ปี จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน สามารถสรุปรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 20 และ 21 ซึ่งพบว่าผู้บริโภคเคยรับประทานซีฟอนเค้กหลากหลายยี่ห้อ มีความถี่และช่วงเวลาในการบริโภคแตกต่างกัน โดยเคยรับประทานซีฟอนเค้กที่มีรูปร่างสามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม และวงกลม โดยบริโภคเนื่องจากชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ และร้านมีชื่อเสียง และจะซื้อผลิตภัณฑ์จากแหล่งที่สะดวก, สามารถหาซื้อได้ง่าย และสะอาด ซีฟอนที่เคยรับประทานจะมีลักษณะเบา นุ่มละเอียด และบางครั้งเนื้อผลิตภัณฑ์แน่น ผู้บริโภคมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไปบางคนเก็บที่อุณหภูมิห้อง บางคนเก็บในตู้เย็น โดยหากเก็บในตู้เย็นจะเก็บได้ 4-5 วัน ถึง 1 สัปดาห์ แต่หากเก็บที่อุณหภูมิห้องจะเก็บประมาณ 2-3 วัน

การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง โดยการอภิปรายแบบกลุ่มพบว่าผู้บริโภคเคยรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ แต่ไม่เคยรับประทานซีฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ โดยปัญหาที่พบในการรับประทานซีฟอนเค้ก คือ เก็บไว้ได้ไม่นาน, คอกเทลสเตอร์รอลสูง, แข็งไป, รสชาติเดิมๆ, เลี่ยน และคุณค่าทางโภชนาการน้อย และต้องการให้พัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กเกี่ยวกับให้มีความเป็นเพื่อสุขภาพมากขึ้น, เพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์, เก็บรักษาได้นานขึ้น, ไม่หวานมาก, มีคอกเทลสเตอร์รอลต่ำ, มีหลายรสชาติ และรสชาติที่ได้จากธรรมชาติ, การเปลี่ยนรูปร่างเค้กเป็นรูปต่างๆ ให้นำรับประทานมากขึ้น, มีการตกแต่งหน้าซีฟอน, ความนุ่มของเนื้อเค้ก และรูปลักษณะบรรจุภัณฑ์ ผู้ร่วมอภิปรายมีความต้องการด้านรสชาติ รูปร่างผลิตภัณฑ์ ขนาดบรรจุ แตกต่างกันไป และต้องการให้เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3-7 วัน และเก็บในตู้เย็นได้นาน 7-10 วัน มีราคาตั้งแต่ 25-70 บาท จำหน่ายในร้านเบเกอรี่, ร้านกาแฟ, ห้างสรรพสินค้า, ห้างค้าปลีกขนาดใหญ่, ร้านอาหารเพื่อสุขภาพ และร้านสะดวกซื้อหรือมินิมาร์ท

ตารางที่ 20 พฤติกรรมและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับข้อมูลการบริโภค
ผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้ก

คำถาม	ผลการอภิปราย
- ท่านเคยรับประทานซีฟฟอนเค้กยี่ห้อ หรือร้านใดบ้าง	ยามาซากิ, ปูกะเอ, S&P, เดอะมอลล์, ตลาดนัด, ร้านเบเกอรี่ทั่วไป
- ท่านรับประทานซีฟฟอนเค้กบ่อย เพียงใด (ความถี่ในการบริโภค)	เดือนละครั้ง, 2-3 เดือน/ครั้ง, นานกว่า 4 เดือน/ครั้ง
- ส่วนใหญ่ท่านนิยมรับประทานซีฟฟอน เค้กในช่วงเวลาใด	อาหารเช้า, อาหารว่างระหว่างมื้อ, หลังรับประทาน อาหาร, ทุกเวลา
- ซีฟฟอนเค้กที่ท่านรับประทานมีรูปร่าง อย่างไร	สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม, วงกลม
- น้ำหนักสุทธิรวม (กรัม) ที่ท่านรับ ประทานซีฟฟอนเค้กดังกล่าวต่อครั้ง	60 กรัม, 100 กรัม, 120 กรัม
- เหตุผลในการเลือกซื้อหรือบริโภคซีฟ ฟอนเค้กของท่านคืออะไร	เนื้อนุ่มละเอียด, มีกลิ่นหอม, รสชาติดี, ร้านมีชื่อเสียง, ความสดใหม่, ความน่ารับประทาน
- ท่านนิยมเลือกซื้อซีฟฟอนเค้กจาก สถานที่ใด และเพราะเหตุใด	ร้านเบเกอรี่ เพราะสะดวก น่าเชื่อถือ ร้านสะดวกซื้อ เพราะหาซื้อได้ง่าย ใกล้บ้าน ห้างสรรพสินค้า เพราะสะดวก ไม่ร้อน มีที่จอดรถ ร้านค้าทั่วไป เพราะหาซื้อได้ง่าย ซื้อเป็นประจำ ตลาดนัด เพราะหาซื้อได้ง่าย ใกล้บ้าน
- ซีฟฟอนเค้กที่ท่านรับประทานมีลักษ- ณะเนื้อสัมผัสเป็นอย่างไร	เบาและนุ่ม, เนื้อไม่รวน, เนื้อละเอียด, เนื้อนุ่ม, นุ่ม และแน่น
- โดยปกติท่านเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซีฟ ฟอนเค้กอย่างไร และเก็บเป็นเวลานาน เท่าไร	เก็บที่อุณหภูมิห้อง หรือเก็บในตู้เย็น เก็บได้ไม่เกิน 2-3 วัน, 4-5 วัน, 1 สัปดาห์

ตารางที่ 21 พฤติกรรมและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กคด
คอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

คำถาม	ผลการอภิปราย
- ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพหรือไม่ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใด	พายผักโขม, ขนมปังโฮลวีท, ลูกเก็ดหรือเค้กลูกพรุน, ชีสพายทำจากโยเกิร์ต
- ปัจจัยที่ท่านใช้ในการพิจารณาการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ	ราคา, รสชาติ, คุณค่าทางโภชนาการ, ปริมาณคอเลสเตอรอล, การส่งเสริมการตลาด, สถานที่จำหน่าย
- ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพหรือไม่	ไม่เคยรับประทาน
- ปัญหาที่ท่านพบจากการซื้อหรือบริโภคชีฟฟอนเค้กของท่านมีอะไรบ้าง	เก็บไว้ได้ไม่นาน, คอเลสเตอรอลสูง, แข็งไป, รสชาติเดิมๆ, เลี่ยน, คุณค่าทางโภชนาการน้อย
- ท่านต้องการให้พัฒนา/ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้ก อย่างไรบ้าง	เพื่อสุขภาพมากขึ้น, เพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์, เก็บรักษาได้นานขึ้น, ไม่หวานมาก, มีคอเลสเตอรอลต่ำ, มีหลายรสชาติ, รสชาติที่ได้จากธรรมชาติ, การเปลี่ยนรูปร่างเค้กเป็นรูปต่างๆ ให้นำรับประทานมากขึ้น เช่น รูปผลไม้ หรือสัตว์ต่างๆ, การตกแต่งหน้าชีฟฟอนโดยใส่แยม เยลลี่ ผลไม้สด หรือถั่ว, ความนุ่มของเนื้อเค้ก, รูปลักษณ์บรรจุภัณฑ์
- คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของชีฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ ที่ท่านต้องการเป็นอย่างไร	นุ่มเบา, นุ่มนวล, เนื้อแน่น, นุ่มละเอียด

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คำถาม	ผลการอภิปราย
- ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ในการที่จะพัฒนาชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ โดยใช้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอริซานอลสูงเป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยในการลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด แทนการใช้น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน	ส่วนใหญ่ให้ความสนใจ เพราะเห็นว่าดีต่อสุขภาพ มากกว่าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทั่วไป ซึ่งมีแคลอรีสูง เพราะทำมาจากครีมและไขมัน ส่วนที่ไม่สนใจ เพราะเห็นว่าอาจมีราคาแพงขึ้น ใช้รับประทานเป็นขนม ไม่ได้คาดหวังเรื่องสุขภาพ
- ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง เหมาะกับผู้บริโภคช่วงอายุ หรือวัยใดบ้าง	วัยรุ่น, วัยผู้ใหญ่, วัยกลางคนจนถึงผู้สูงอายุ, คนที่ควบคุมน้ำหนัก
- ท่านต้องการให้ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง มีกลิ่นรสใดบ้าง	รสช็อกโกแลต, ส้ม, ใบเตย, นม, สตอเบอรี่, วนิลา, มะพร้าว, กาแฟ, รสธรรมชาติ
- ท่านต้องการให้ชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพมีรูปร่างอย่างไร เช่น วงกลม สีเหลือง สามเหลี่ยม และใช้บรรจุภัณฑ์แบบใด	สามเหลี่ยม, สีเหลือง, วงกลม, สีเหลืองขึ้นสไลด์ บรรจุภัณฑ์เป็น ถ้วยฟอยล์มีฝาปิด, ห่อกระดาษ, ห่อพลาสติกใส
- ท่านคิดว่าปริมาณในการบริโภคชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ ในแต่ละครั้งควรเป็นเท่าใด	60-70 กรัม, 100-120 กรัม, 200-250 กรัม
- ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง ควรเก็บในสภาวะใด	เก็บในตู้เย็น ได้นาน 7-10 วัน เก็บที่อุณหภูมิห้อง ได้นาน 3-7 วัน

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คำถาม	ผลการอภิปราย
- ในความคิดเห็นของท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง ควรมีราคาต่อชิ้นเท่าไร	ราคาตั้งแต่ 25-70 บาท
- ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง ควรมีการจัดจำหน่ายที่ใด	ร้านเบเกอรี่, ร้านกาแฟ, ห้างสรรพสินค้า, ห้างค้าปลีกขนาดใหญ่, ร้านอาหารเพื่อสุขภาพ, ร้านสะดวกซื้อ หรือมินิมาร์ท

2.2 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม

1.3.1 การหาสัดส่วนของประชากร (p) เพื่อกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n)

เมื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และเคยรับประทานซีฟอน จำนวน 30 คน พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 30 คน มีคนสนใจซื้อซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูงอยู่ 27 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 90 ดังนั้นเมื่อคำนวณตามวิธีของ Cooper and Schindler (1978) จะได้ว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคควรมีจำนวนอย่างน้อย 138 คน ดังภาคผนวก ข จึงสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคจำนวน 140 คน

1.3.2 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม

การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีอายุ 15-65 ปี และเคยรับประทานซีฟอน จำนวน 140 คน มีข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ดังตารางที่ 22 ซึ่งแบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนเท่าๆ กัน โดยมีอายุ, ระดับการศึกษา, อาชีพ และรายได้ต่อเดือนแตกต่างกัน

กัน และจากการสำรวจพฤติกรรมการซื้อขายและการบริโภคผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้ก พบว่าผู้บริโภคเคยรับประทานชีฟฟอนเค้กหลายยี่ห้อ โดยยี่ห้อที่ผู้บริโภคเคยรับประทานมากที่สุดคือ ยี่ห้อปุเกอะ ร้อยละ 28 รองลงมาได้แก่ ยี่ห้อคาโรว์ เฮาส์, S&P และเลอแปง ตามลำดับ ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานชีฟฟอนเค้กนานกว่า 4 เดือน/ครั้ง และส่วนใหญ่รับประทานเป็นอาหารว่างระหว่างมื้อ รุปร่างชีฟฟอนเค้กที่เคยรับประทานส่วนใหญ่เป็นรูปสามเหลี่ยม โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่จะเก็บรักษาชีฟฟอนในตู้เย็น และเก็บไว้ไม่เกิน 2-3 วัน ดังข้อมูลในตารางที่ 23

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมมาโอรีซานอลสูง ในตารางที่ 24 พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 73.6 เคยรับประทานเบเกอรี่เพื่อสุขภาพ โดยผลิตภัณฑ์ที่เคยรับประทานมากที่สุดคือขนมปังโฮลวีทร้อยละ 52.5 แต่ผู้บริโภคเกือบทั้งหมดคือร้อยละ 97.1 ไม่เคยรับประทานชีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอล และจากการสำรวจพบว่าปัญหาจากการรับประทานชีฟฟอนเค้กมากที่สุดคือชีฟฟอนเค้กเสียง่าย/เก็บรักษาได้ไม่นาน รองลงมาคือ ปริมาณไขมัน/คอเลสเตอรอลสูง, เนื้อเค้กแห้งและแข็ง, รสชาติเดิมๆ, เลี่ยน, คุณค่าทางโภชนาการน้อย, ราคาแพง, รสชาติไม่อร่อย, เนื้อเค้กชุ่มเกินไป และความอร่อยน้อยลง ตามลำดับ ผู้บริโภคต้องการให้พัฒนา/ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มละเอียดมากที่สุด รองลงมาคือ ลดปริมาณคอเลสเตอรอล, เก็บรักษาได้นานขึ้น, ลดปริมาณไขมันอิ่มตัว, เพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์, รสชาติไม่หวานมาก มีกลิ่นหอม, ไม่เลี่ยน, รสชาติอร่อย และเพิ่มผลไม้สด ตามลำดับ

ผลการสำรวจพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมมาโอรีซานอลสูงร้อยละ 91.4 โดยกลิ่นรสที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือกลิ่นรสช็อกโกแลต รองลงมาคือกลิ่นรสใบเตย โดยผู้วิจัยเลือกทำชีฟฟอนกลิ่นรสใบเตยแทนกลิ่นรสช็อกโกแลต เนื่องจากกลิ่นรสใบเตยเป็นกลิ่นรสที่ผู้ผลิตนิยมจำหน่ายมากที่สุดจากการสำรวจตลาด เนื้อสัมผัสชีฟฟอนที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือนุ่มละเอียด ขนาดบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุดคือ 100-200 กรัม รูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ชิ้น รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุดคือกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมิฐาน โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่าควรมีราคา 25-35 บาท และควรเก็บรักษาในตู้เย็น โดยเก็บได้นาน 2-3 วัน สถานที่จัดจำหน่ายที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือในร้านสะดวกซื้อ รองลงมาได้แก่ ร้านเบเกอรี่, ซุปเปอร์มาร์เก็ต, ร้านอาหารเพื่อสุขภาพ และห้างสรรพสินค้า ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค

n = 140

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	70	50.0
ชาย	70	50.0
อายุ		
15-24 ปี	17	12.1
25-35 ปี	72	51.4
36-45 ปี	23	16.4
46-55 ปี	17	12.1
56-65 ปี	11	7.9
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	7	5.0
มัธยมศึกษา	14	10.0
อนุปริญญาตรี (ปวช./ปวส.)	7	5.0
ปริญญาตรี	78	55.7
สูงกว่าปริญญาตรี	34	24.3
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	31	22.1
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	26	18.6
พนักงานบริษัทเอกชน	48	34.3
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	24	17.1
แม่บ้าน	8	5.7
ถูกจ้างชั่วคราว	2	1.4
รับจ้าง	1	0.7

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	8	5.7
5,001-10,000 บาท	32	22.9
10,001-20,000 บาท	32	22.9
20,001-30,000 บาท	33	23.6
มากกว่า 30,000 บาท	35	25.0

ตารางที่ 23 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก

n = 140

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ยี่ห้อซีฟอนที่เคยรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ชื่อ)		
ร้านปุ๊กอะเอ	77	55.0
ร้านกาโตว์เฮาส์	49	35.0
ร้าน S&P	43	30.7
เลอแปง	38	27.1
ร้านยามาซากิ	22	15.7
ท็อปส์ / เดอะมอลล์	13	9.3
ร้าน วิกตอรี เบเกอร์รี่	13	9.3
คาร์ฟูร์	10	7.1
ซีฟอนเทเวศน์	3	2.1
ร้านค้าทั่วไป	2	1.4
ร้านเบเกอร์รี่	1	0.7
ร้านกาแฟ	1	0.7
ในปั๊มน้ำมัน	1	0.7
ร้านบ้านอู๋ม	1	0.7
House brands	1	0.7

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ความถี่การรับประทานซิฟฟอน		
นานกว่า 4 เดือน / ครั้ง	67	47.9
2-3 เดือน / ครั้ง	34	24.3
1 ครั้ง / เดือน	14	10.0
มากกว่า 1 ครั้ง / เดือน	12	8.6
ปีละครั้ง	11	7.9
1-2 ปีครั้ง	2	1.4
ช่วงเวลารับประทาน		
อาหารว่างระหว่างมื้อ	93	66.4
อาหารเช้า	23	16.4
ตอนประชุม	10	7.1
หลังรับประทานอาหาร	6	4.3
ตอนเย็น	6	4.3
แล้วแต่สถานการณ์	1	0.7
ตามอารมณ์	1	0.7
รูปร่างซิฟฟอนที่เคยรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สามเหลี่ยม	100	71.4
ม้วนโรล	55	39.3
สี่เหลี่ยม	39	27.9
วงกลม	22	15.7
การเก็บรักษา และระยะเวลาการเก็บ		
เก็บในตู้เย็น เก็บได้ไม่เกิน 2-3 วัน	67	47.9
เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้ไม่เกิน 2-3 วัน	38	27.1
เก็บในตู้เย็น เก็บได้ 1 สัปดาห์	31	22.1
เก็บในตู้เย็น 3-4 วัน	3	2.1
เก็บในตู้เย็น 4-5 วัน	1	0.7

ตารางที่ 24 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มี
ส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

n = 140		
ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เบเกอรี่เพื่อสุขภาพที่เคยรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไม่เคยรับประทาน	37	26.4
เคยรับประทาน		
ขนมปังโฮลวีท	85	60.7
คุกกี้หรือเค้กถั่วพุด	37	26.4
พายผักโขม	22	15.7
ชีสพายทำจากโยเกิร์ต	15	10.7
เค้กผลไม้	2	1.4
เค้กชาเขียว	1	0.7
การรับประทานซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อล		
ไม่เคยรับประทาน	136	97.1
เคยรับประทาน		
ไม่ระบุ	3	2.1
S&P	1	0.7
ปัญหาการบริโภคซีฟอน		
ไม่พบปัญหา	77	55.0
พบปัญหา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เสียบ่าย/เก็บรักษาได้ไม่นาน	38	27.1
ปริมาณไขมัน/คอเลสเตอร์อลสูง	26	18.6
เนื้อเค้กแห้งและแข็ง	19	13.6
รสชาติเดิมๆ	19	13.6
เลี่ยน	17	12.1
คุณค่าทางโภชนาการน้อย	15	10.7
ราคาแพง	14	10.0
รสชาติไม่อร่อย	8	5.7
เนื้อเค้กชุ่มเกินไป	6	4.3

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ความอร่อยน้อยลง	2	1.4
ความต้องการให้พัฒนา/ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียด	109	77.9
ลดปริมาณคอเลสเตอรอล	88	62.9
เก็บรักษาได้นานขึ้น	79	56.4
ลดปริมาณไขมันอิ่มตัว	75	53.6
เพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์	64	45.7
รสชาติไม่หวานมาก	51	36.4
มีกลิ่นหอม	5	3.6
ไม่เลี่ยน	2	1.4
เพิ่มผลไม้มัด	2	1.4
รสชาติอร่อย	1	0.7
ความสนใจซื้อ		
สนใจ	128	91.4
ไม่สนใจ	12	8.6
กลิ่นรสที่ต้องการ		
ช็อกโกแลต	40	28.6
ใบเตย	34	24.3
ส้ม	21	15.0
วนิลา	16	11.4
กาแฟ	13	9.3
ชาเขียว	4	2.9
นม	3	2.1
มะพร้าว	3	2.1
มะนาว	2	1.4
รสธรรมชาติ	2	1.4
สตอเบอรี่	1	0.7

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
บลูเบอร์รี่	1	0.7
ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการ		
นุ่มละเอียด	109	77.9
นุ่มเบา	24	17.1
แน่นเนื้อ	7	5.0
ขนาดบรรจุที่ต้องการ		
100-200 กรัม	70	50.0
200-250 กรัม	47	33.6
60-70 กรัม	20	14.3
400 กรัม	2	1.4
300 กรัม	1	0.7
รูปร่างผลิตภัณฑ์		
สี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้น	56	40.0
สามเหลี่ยม	33	23.6
ม้วนโรล	25	17.9
วงกลม	19	13.6
สี่เหลี่ยม	3	2.1
รูปหัวใจ	2	1.4
รูปดาว	1	0.7
รูปผลไม้	1	0.7
รูปแบบบรรจุภัณฑ์		
กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐาน	81	57.9
กล่องกระดาษ	27	19.3
กล่องพลาสติกใสพับมีแกน	10	7.1
ถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์มีฝาปิด	10	7.1
ห่อกระดาษ	7	5.0
ห่อพลาสติกใส	3	2.1

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
วัสดุย่อยสลายได้	2	1.4
ราคา		
25-35 บาท	69	49.3
36-45 บาท	45	32.1
46-55 บาท	14	10.0
ต่ำกว่า 25 บาท	9	6.4
56-70 บาท	2	1.4
ไม่เกิน 20 บาท	1	0.7
สถานะการเก็บ		
แช่เย็นในตู้เย็น	84	60.0
วางที่อุณหภูมิห้อง	56	40.0
อายุการเก็บ		
2-3 วัน	58	41.4
4-5 วัน	42	30.0
6-7 วัน	26	18.6
มากกว่า 1 สัปดาห์	13	9.3
1 วัน	1	0.7
สถานที่จำหน่าย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ	97	69.3
จำหน่ายในร้านเบเกอรี่	95	67.9
จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต	75	53.6
จำหน่ายในร้านอาหารเพื่อสุขภาพ	71	50.7
จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า	64	45.7
จำหน่ายในร้านกาแฟ	56	40.0
จำหน่ายในห้างค้าปลีกขนาดใหญ่	46	32.9
จำหน่ายในตลาดสด	17	12.1

ผลการสำรวจผู้บริโภคเป้าหมาย พบว่าในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรสชาติ, ความสดใหม่, เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ในระดับมากที่สุด และให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการ, ปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำและสถานที่จัดจำหน่าย, ลักษณะปรากฏ, ราคา, อายุการเก็บ, ชนิดบรรจุภัณฑ์ และการส่งเสริมการตลาด ในระดับมาก ดังตารางที่ 25 รายละเอียดการกำหนดช่วงคะแนนสำหรับวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยแสดงในภาคผนวก ข ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลต่ำที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ผู้วิจัยจึงเน้นการพัฒนาเรื่องค่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

ตารางที่ 25 ระดับความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ

n = 140

ปัจจัย	ความถี่แต่ละระดับคะแนน					ค่าคะแนนเฉลี่ย	ระดับความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
รสชาติ	0	0	1	36	103	4.73	มากที่สุด ***
ความสดใหม่	1	0	8	40	91	4.57	มากที่สุด ***
เนื้อสัมผัส	1	1	11	41	86	4.50	มากที่สุด ***
กลิ่นรส	0	0	13	53	74	4.44	มากที่สุด ***
คุณค่าทางโภชนาการ	1	4	36	46	53	4.04	มาก **
ปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำ	2	8	21	66	43	4.00	มาก **
สถานที่จัดจำหน่าย	1	5	24	73	37	4.00	มาก **
ลักษณะปรากฏ	4	6	31	68	31	3.83	มาก **
ราคา	2	6	39	66	27	3.79	มาก **
อายุการเก็บ	2	8	37	67	26	3.76	มาก **
ชนิดบรรจุภัณฑ์	0	7	53	63	17	3.64	มาก **
การส่งเสริมการตลาด	5	15	47	35	38	3.61	มาก **

หมายเหตุ ** หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41 – 4.20

*** หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21 – 5.00

ระดับคะแนน 1 หมายถึงสำคัญน้อยที่สุด ระดับคะแนน 5 หมายถึงสำคัญมากที่สุด

การวิเคราะห์ค่าไคว์สแควร์ และ Crosstab พบว่าเพศ, อายุ, ระดับการศึกษา, อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ($p>0.05$) ดังตารางที่ 26 ซึ่งตรงกับงานวิจัยของชลิดา (2550) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 15-65 ปี มีความสนใจซื้อ มากกว่ากว่าร้อยละ 80 ในทุกช่วงอายุ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของศูนย์วิจัยกสิกรไทยกล่าวว่า กลุ่มลูกค้าเป้าหมายของตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อายุระหว่าง 15-50 ปี มีกำลังซื้อมากถึง 50% ของมูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพทั้งหมด รองลงมาคือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 50 ปี หรือผู้สูงอายุ มีกำลังซื้อ 30% และกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี มีกำลังซื้อ 20% (กองบรรณาธิการ ฐานเศรษฐกิจ, 2553) รวมถึงข้อมูลจากร้านโอบองแปงซึ่งเป็นร้านกาแฟและเบเกอรี่ที่เน้นกลุ่มตลาดเบเกอรี่เพื่อสุขภาพ ได้ระบุว่าลูกค้าที่ขายให้จะมีอายุระหว่าง 25-45 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าที่ใส่ใจสุขภาพ มีความรู้ และวัยผู้ใหญ่ (ประชาชาติธุรกิจ, 2554) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่ช่วงอายุ 25-50 ปี ในการทำงานวิจัยต่อไป

ตารางที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

n = 140

ปัจจัย	ลักษณะของกลุ่มผู้บริโภค	ความสนใจซื้อ (ร้อยละ)	p-value
เพศ	หญิง	92.9	0.764
	ชาย	90.0	
อายุ	15-24 ปี	94.1	0.224
	25-35 ปี	95.8	
	36-45 ปี	87.0	
	46-55 ปี	82.4	
	56-65 ปี	81.8	
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	85.7	0.295
	มัธยมศึกษา	78.6	
	อนุปริญญาตรี (ปวส./ปวช.)	85.7	
	ปริญญาตรี	94.9	
	สูงกว่าปริญญาตรี	91.2	

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ปัจจัย	ลักษณะของกลุ่มผู้บริโภค	ความสนใจซื้อ (ร้อยละ)	p-value
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	96.8	0.286
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	92.3	
	พนักงานบริษัทเอกชน	43.9	
	ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	83.3	
	แม่บ้าน	87.5	
	ลูกจ้างชั่วคราว	100.0	
	รับจ้าง	0.0	
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	100.0	0.894
	5,001-10,000 บาท	90.6	
	10,001-20,000 บาท	93.8	
	20,001-30,000 บาท	90.9	
	มากกว่า 30,000 บาท	88.6	

ดังนั้น การสำรวจผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด การศึกษาแบบการอภิปรายกลุ่ม และการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเล็กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง จึงสรุปแนวคิดผลิตภัณฑ์ได้ว่า “ผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเล็กลดคอเลสเตอรอล กลิ่นรสไบเตย สดใหม่ มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียด ผลิตจากวัตถุดิบคุณภาพ และใช้น้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอริซานอลสูง ขนาดบรรจุ 100-120 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้น บรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐานราคา 35 บาท เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 25-50 ปี หรือผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ” ทั้งนี้กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐานดังกล่าวเป็นวัสดุประเภทโพลีสไตรีน (Polystyrene; PS)

1.4 การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

เมื่อนำข้อสรุปแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 1.3.2 มาทดสอบแนวคิดของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเล็กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง กับกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 25-50 ปี จำนวน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก

ก พบว่าผู้ทดสอบทุกคนมีความเข้าใจในแนวคิดผลิตภัณฑ์ โดยเห็นด้วยกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ร้อยละ 98 อีกร้อยละ 2 ไม่เห็นด้วยเนื่องจากเห็นว่าวัยเด็กก็สามารถรับประทานได้ สำหรับแนวคิดผลิตภัณฑ์พบว่าส่วนใหญ่คือร้อยละ 84 ไม่ต้องการให้ปรับปรุง อีกส่วนหนึ่งต้องการให้ปรับปรุงแนวคิดให้สั้นกระชับและศัพท์ไม่วิชาการไป, ปรับปรุงเรื่องราคาแพงไป, ต้องการให้มีรสชาติหลากหลายกว่านี้ เช่น ช็อกโกแลต และต้องการให้ระบุว่าใช้น้ำมันรำข้าวทั้งหมดหรือทดแทนบางส่วน จากการวิเคราะห์พบว่าร้อยละ 90 สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กค็อคเคสเดอโรลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกนมาโอริซานอลสูง ผู้ที่สนใจซื้อส่วนใหญ่จะมีความถี่ในการบริโภคประมาณ 1 ครั้ง/เดือน และซื้อรับประทานเองเป็นส่วนใหญ่ ผู้บริโภคต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ได้ที่ร้านสะดวกซื้อหรือร้านเบเกอรี่ โดยเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นได้เป็นเวลา 6-7 วัน แสดงว่าผู้บริโภคต้องการให้ซีฟอนเค้กมีอายุการเก็บนานกว่าซีฟอนเค้กที่เคยซื้อจากทั่วไป จากการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคส่วนหนึ่งเห็นว่าผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กน้ำหนัก 100-120 กรัม ราคา 35 บาท เป็นราคาที่สูงเกินไป ควรมีราคาประมาณ 20-30 บาท ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าราคาแพงเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกที่จะไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ รายละเอียดดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ข้อมูลทางจากการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

n = 50		
ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ความเข้าใจแนวคิดผลิตภัณฑ์		
เข้าใจ	50	100.0
ไม่เข้าใจ	0	0
ความเห็นด้วยกับแนวคิดผลิตภัณฑ์		
เห็นด้วย	49	98.0
ไม่เห็นด้วย	1	2.0
การปรับปรุงแนวคิดผลิตภัณฑ์		
ไม่ต้องการให้ปรับปรุง	42	84.0
ต้องการให้ปรับปรุง	8	16.0
การซื้อผลิตภัณฑ์		
ซื้อ	45	90.0
ไม่ซื้อ	5	10.0

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์		
1 ครั้ง / เดือน	19	42.2
มากกว่า 1 ครั้ง / เดือน	12	26.7
2-3 เดือน / ครั้ง	7	15.6
นานกว่า 4 เดือน / ครั้ง	7	15.6
ซื้อผลิตภัณฑ์เนื่องในโอกาส (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
รับประทานเอง	45	90.0
ของฝาก	23	46.0
ของขวัญในโอกาสต่างๆ	15	30.0
สำหรับเยี่ยมผู้ป่วย	7	14.0
จัดเลี้ยง	1	2.0
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ	35	70.0
จำหน่ายในร้านเบเกอรี่	35	70.0
จำหน่ายในร้านอาหารเพื่อสุขภาพ	18	36.0
จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า	16	32.0
จำหน่ายในร้านกาแฟ	16	32.0
จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต	12	24.0
จำหน่ายในห้างค้าปลีกขนาดใหญ่	10	20.0
จำหน่ายในตลาดสด	2	4.0
สภาวะการเก็บ		
เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 6-7 วัน	14	28
เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 6-7 วัน	12	24
เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 4-5 วัน	9	18
เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 4-5 วัน	8	16
เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 2-3 วัน	4	8
เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 2-3 วัน	3	6

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ราคาผลิตภัณฑ์		
เหมาะสม	35	70
ไม่เหมาะสม	15	30

การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้แนวคิดผลิตภัณฑ์ดังนี้คือ “ผลิตภัณฑ์ชิฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอล กลิ่นรสไบเบอเตย สดใหม่ มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียด มีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่าสูตรทั่วไป ใช้น้ำมันรำข้าวที่อุดมไปด้วยสารแกมมาโอไรซานอลในปริมาณสูง ขนาดบรรจุ 100 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้น บรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมิฐานที่มีรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ราคา 30 บาท เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 25-50 ปี หรือผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ”

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์ชิฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูงที่เหมาะสม

2.1 การศึกษาสูตรชิฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับชิฟอนเค้กจากท้องตลาด

เมื่อนำตัวอย่างชิฟอนเค้กสูตรพื้นฐานมาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ แล้วเปรียบเทียบกับชิฟอนเค้กจากท้องตลาด ยี่ห้อ My Choice พบว่าทั้งสองมีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ค่าปริมาตรจำเพาะ ค่าความแข็ง และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวของตัวอย่างชิฟอนเค้กสูตรพื้นฐานมีค่าน้อยกว่าชิฟอนเค้ก My Choice แต่ค่าความยืดหยุ่นชิฟอนเค้กสูตรพื้นฐานมีค่ามากกว่าชิฟอนเค้กยี่ห้อ My Choice ดังตารางที่ 28 จากภาพที่ 20 แสดงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับชิฟอนเค้กยี่ห้อ My Choice

ตารางที่ 28 ค่าคุณภาพทางกายภาพของชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน

ค่าคุณภาพทางกายภาพ	ชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน	ชิฟฟอนเค้กยี่ห้อ My Choice
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	3.53 ± 0.26^b	4.59 ± 0.11^a
ความแข็ง (N)	0.82 ± 0.03^b	1.29 ± 0.10^a
ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ^(ns)	0.56 ± 0.14	0.56 ± 0.04
ความยืดหยุ่น (mm)	8.12 ± 0.68^a	7.42 ± 0.63^b
ความทนทานต่อการบดเคี้ยว (mJ)	0.0038 ± 0.0009^b	0.0054 ± 0.0006^a

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)



ภาพที่ 20 ลักษณะเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน (A) เปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กยี่ห้อ My Choice (B)

2.2 การศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของตัวอย่างชิฟฟอนเค้กแต่ละสูตร พบว่าเนื้อในชิฟฟอนเค้กแต่ละสูตรมีสีเขียวน้อยมาก สีผิวหน้าชิฟฟอนเค้ก (Crust) เกิดจุดสีคล้ำเล็กน้อยใกล้เคียงกัน ส่วนด้านข้างและด้านล่างของชิฟฟอนเค้กมีสีเหลืองจากการติดขอบของถาดอบ ยกเว้นสูตร 100 : 0 เนื้อในชิฟฟอนเค้กมีสีเขียวกว่าตัวอย่างอื่น แต่สีผิวหน้าชิฟฟอนเค้กมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างอื่นๆ ด้านล่าง และด้านข้างเกิดสีเหลืองจากการติดขอบถาดน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนความสูงของ

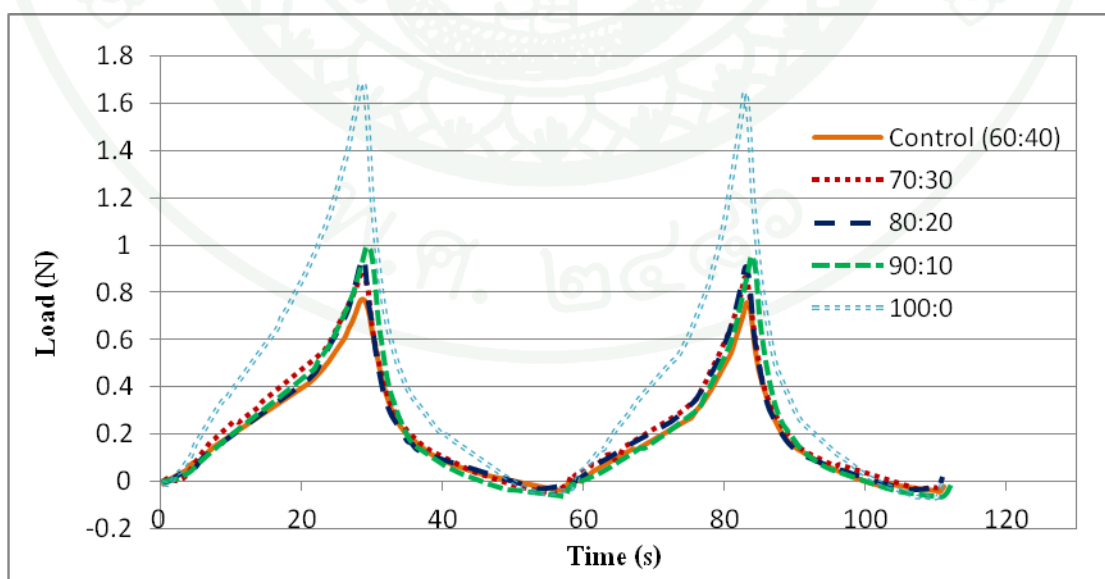
ชิฟฟอนเค้กมีค่าลดลงตามปริมาณของไข่แดงที่ลดลง กล่าวคือชิฟฟอนสูตร 60 : 40, 70 : 30, 80 : 20, 90 : 10 และ 100 : 0 มีความสูง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของชิฟฟอนเท่ากับ 6, 5.7, 5.7, 5.5 และ 4.9 ตามลำดับ ลักษณะโพรงเนื้อขนมมีลักษณะโปร่งและเบา ยกเว้นสูตร 100 : 0 จะมีเนื้อหนักและแน่น ความชุ่มของเนื้อเค้กและการแยกตัวของน้ำมันออกจากเค้กมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นสูตร 100 : 0 มีความชุ่มมากและเกิดการแยกตัวของน้ำมันจากเนื้อเค้กมาก การเกาะตัวของเนื้อเค้กเมื่อตัด พบว่าทุกตัวอย่างเมื่อใช้ใบมีดคัตเตอร์ตัดแล้วเค้กยุบตัวมากแต่คืนตัวไว ยกเว้นสูตร 100 : 0 เนื้อเค้กจะต่างไปคือมีลักษณะไม่ฟู ทำให้ตัดได้ง่าย เมื่อตัดเค้กยุบจะตัวน้อยเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ทั้งนี้การที่สูตรชิฟฟอนเค้ก 100 : 0 ที่การเกิดจุดสีคล้ำที่สีคล้ำที่ผิวหน้า ด้านข้าง และด้านล่างของชิฟฟอนเค้กน้อย เนื่องจากการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวซึ่งมีค่าจุดเกิดควันสูง และลดส่วนประกอบของไข่แดงซึ่งมีค่าจุดเกิดควันที่ต่ำกว่า ทำให้เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิการอบที่เท่ากันส่งผลให้สูตรที่ไม่มีองค์ประกอบของไข่แดงอยู่เลยมีสีคล้ำที่อ่อนกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนการลดปริมาณไข่แดงลงจะมีสาเหตุทำให้ขนมมีสีเขียวเข้มขึ้นและเค้กมีลักษณะเนื้อหนักและแน่นขึ้น เนื่องจากไข่แดงมีคุณสมบัติช่วยในการทำให้เค้กขึ้นฟู (จิตรนา และอรอนงค์, 2546) ดังนั้นหากลดปริมาณไข่แดงลง ส่งผลให้เค้กขึ้นฟูได้น้อยแต่น้ำหนักเค้กยังคงมีปริมาณเท่าเดิม เค้กจึงมีลักษณะที่แน่นขึ้น และมีสีเขียวที่เข้มขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบค่าคุณภาพทางกายภาพของแต่ละสูตร ดังตารางที่ 29 พบว่าทุกสูตรมีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันและค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ค่าปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออัตราส่วนของปริมาณน้ำมันรำข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นและปริมาณไข่แดงลดลง ในขณะที่ค่าความแข็งและความทนทานต่อการบดเคี้ยวแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสนับสนุนเหตุผลที่กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าไข่แดงมีผลช่วยให้ปริมาตรของชิฟฟอนเค้กขึ้นฟู ดังนั้นเมื่อชิฟฟอนเค้กมีปริมาณไข่แดงลดลงจึงทำให้ชิฟฟอนเค้กมีปริมาตรจำเพาะลดลงด้วย ส่งผลให้เนื้อชิฟฟอนมีลักษณะที่แข็งขึ้น และมีความทนทานต่อการบดเคี้ยวมากขึ้น

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรง (Force) ต่อเวลา (Time) ของแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐาน (Control) ดังภาพที่ 21 พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าแรงสูงสุดและพื้นที่ใต้กราฟของการกด (Compression) ชิฟฟอนเค้กครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าทุกตัวอย่างมีการคืนตัวหรือมีความยืดหยุ่นของเนื้อเค้กสูง ซึ่งตรงกับข้อมูลในตารางที่ 29 ที่ทุกตัวอย่างมีค่าความยืดหยุ่นสูง และมีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าความแข็งหรือค่าแรงสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำมันรำข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง

Control, สูตร 1, สูตร 2 และสูตร 3 มีค่าความแข็งเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน แต่สูตร 4 ซึ่งไม่มีองค์ประกอบของไข่แดงอยู่ มีค่าความแข็งสูงโดดเด่นออกจากกลุ่มตรงกับข้อมูลในตารางที่ 29

การทดสอบความชอบและความพอใจของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กแต่ละสูตร ผลปรากฏว่ามีคะแนนความชอบเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะดังตารางที่ 30 โดยพบว่าการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏพบว่า ผู้บริโภคริให้คะแนนสูตร 100:0 มากที่สุด ทั้งนี้เกิดจากชีฟฟอนเค้กที่ไม่มีองค์ประกอบของไข่แดงจะมีการขึ้นฟูของเค้กน้อยทำให้เค้กมีเนื้อแน่น ละเอียด และมีสีเขียวย่นชัดกว่าสูตรอื่นๆ ผู้บริโภคจึงให้คะแนนสูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามสูตร 100:0 มีค่าความแข็งโดดเด่นออกจากชีฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานและสูตรอื่นๆ ที่กล่าวไปแล้ว ผู้วิจัยจึงตัดสูตรนี้เป็นตัวเลือกที่จะพัฒนาต่อไป ในด้านกลิ่นรส ความนุ่ม ความชุ่มของเนื้อเค้ก และความชอบโดยรวมพบว่าชีฟฟอนเค้กสูตร 70:30 และ 80:20 มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างต่างจากสูตรพื้นฐานหรือสูตร 60:40 ($p>0.05$) สำหรับความชอบในด้านเนื้อสัมผัสโดยรวม พบว่าชีฟฟอนเค้กสูตร 70:30 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน แต่อย่างไรก็ตามชีฟฟอนเค้กสูตร 80:20 ก็มีความชอบในด้านเนื้อสัมผัสโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตร 70:30 ดังนั้นจากเป้าหมายของการผลิตชีฟฟอนเค้กให้มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกชีฟฟอนเค้กสูตร 80:20 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าใช้ในการปรับปรุงคุณภาพให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป



ภาพที่ 21 กราฟค่า Texture Profile Analysis ของชีฟฟอนเค้กแต่ละสูตร ความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ระดับการกด 60% ของตัวอย่างเริ่มต้น

ตารางที่ 29 ค่าคุณภาพทางกายภาพของแต่ละตัวอย่างจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design 2 ปัจจัย

ค่าคุณภาพทางกายภาพ	อัตราส่วนร้อยละของน้ำมันรำข้าว : ไข่แดง				
	60:40 (Control)	70:30	80:20	90:10	100:0
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	3.53 ± 0.26^a	3.36 ± 0.12^{ab}	3.32 ± 0.06^{ab}	3.24 ± 0.18^b	2.80 ± 0.06^c
ความแข็ง (N)	0.82 ± 0.03^d	0.95 ± 0.06^c	1.02 ± 0.06^{bc}	1.06 ± 0.04^b	1.80 ± 0.06^a
ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ^(ns)	0.56 ± 0.14	0.59 ± 0.08	0.66 ± 0.09	0.53 ± 0.13	0.64 ± 0.06
ความยืดหยุ่น(mm) ^(ns)	8.11 ± 0.67	8.39 ± 0.19	8.37 ± 0.78	7.98 ± 0.82	7.99 ± 0.34
ความทนทานต่อการบดเคี้ยว (mJ)	0.0038 ± 0.0009^c	0.0047 ± 0.0007^{bc}	0.0052 ± 0.0008^b	0.0045 ± 0.0013^{bc}	0.0093 ± 0.0010^a

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

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 30 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กแต่ละสูตรจากการทดสอบความชอบ (9-Pointed Hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนร้อยละของน้ำมันรำข้าว : ไข่แดง				
	60:40 (Control)	70:30	80:20	90:10	100:0
ลักษณะปรากฏ	6.5 ± 0.1^b	6.0 ± 1.1^c	6.5 ± 1.3^b	6.4 ± 1.1^{bc}	7.0 ± 0.8^a
กลิ่นรส (ใบเตย) ^(ns)	6.1 ± 1.3	6.4 ± 0.8	6.5 ± 0.9	6.1 ± 0.9	6.2 ± 1.3
ความนุ่ม	7.1 ± 0.8^a	7.1 ± 0.7^a	7.2 ± 1.1^a	6.7 ± 0.9^b	6.6 ± 1.4^b
ความชุ่มของเนื้อเค้ก	6.5 ± 1.2^{ab}	6.5 ± 1.1^{ab}	6.8 ± 1.0^a	6.2 ± 1.3^b	6.3 ± 1.3^b
เนื้อสัมผัสโดยรวม	6.9 ± 0.8^a	6.7 ± 1.0^{ab}	6.5 ± 1.1^{bc}	6.6 ± 0.8^{bc}	6.3 ± 1.3^c
ความชอบโดยรวม	6.5 ± 0.8^{ab}	6.5 ± 1.1^{abc}	6.6 ± 1.2^a	6.1 ± 1.1^c	6.2 ± 1.4^{bc}

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

การทดสอบความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้กสูตร 80:20 ในด้านกลิ่นรส (ใบเตย) และความชุ่มของเนื้อเค้ก มีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 6.5 และ 6.8 ตามลำดับ ส่วนด้านความนุ่มมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก มีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 คะแนนความชอบ และระดับความพอดีของชิฟฟอนเค้กสูตร 80:20 โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน

คุณลักษณะ	คะแนน ความชอบ	ระดับความพอดี (ร้อยละ)		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
กลิ่นรส (ใบเตย)	6.5 ± 0.9	42	38	20
ความนุ่ม	7.2 ± 1.1	0	88	12
ความชุ่มของเนื้อเค้ก	6.8 ± 1.0	4	74	22

การทดสอบความพอดี มีขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อทราบทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มี 2 วิธี ได้ผลดังนี้

การวิเคราะห์โดยการนับจำนวนความถี่และคำนวณร้อยละของจำนวน พบว่าผู้บริโภคให้คำตอบในคุณลักษณะด้านความนุ่มและความชุ่มของเนื้อเค้กที่ระดับพอดี มากกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 70 ดังนั้นทั้งสองคุณลักษณะนี้ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงคุณลักษณะแล้ว สำหรับคุณลักษณะด้านกลิ่นรส (ใบเตย) ซึ่งมีจำนวนคำตอบที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนคำตอบของระดับที่น้อยเกินไปและมากเกินไป (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข) พบว่าจำนวนคำตอบในระดับน้อยเกินไปของคุณลักษณะด้านกลิ่นรส (ใบเตย) มีจำนวนคำตอบมากกว่าระดับมากเกินไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงควรปรับเพิ่มระดับของคุณลักษณะด้านกลิ่นรส (ใบเตย) ดังตารางที่ 32

การวิเคราะห์ค่า Mean drop และ Total penalty (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข) แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส (ใบเตย) ในระดับที่มากเกินไป และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเนื้อเค้กในระดับที่มากเกินไป มีผลทำให้คะแนน

ความชอบลดลงมาก เท่ากับ 2.02 และ 1.6 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่า Total penalty พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส (ใบเตย) ในระดับที่น้อยเกินไป เป็นคุณลักษณะเดียวที่มี ค่า Total penalty มากกว่า 0.5 แสดงว่ามีผลมากต่อการลดลงของคะแนนความชอบ ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส (ใบเตย) ในระดับที่มากเกินไป และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเนื้อเค้กความชุ่มของเนื้อเค้ก เป็นเพียงค่าที่น่าสังเกตเท่านั้น (Noteworthy) เนื่องจากมีค่า Total penalty มากกว่า 0.25 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Cadot *et al.*, 2010) แสดงดังตารางที่ 33 และภาพที่ 22

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น แสดงว่าทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คือ การเพิ่มกลิ่นรสใบเตยให้มากขึ้น

ตารางที่ 32 ร้อยละของระดับความพอดีของจีฟฟอนเค้กสูตร 80:20 และทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน

คุณลักษณะ	น้อยเกินไป	มากเกินไป	ทิศทางการปรับปรุง
กลิ่นรส (ใบเตย)	42 ^a	20 ^b	เพิ่มขึ้น *
ความนุ่ม	0	12	-
ความชุ่มของเนื้อเค้ก	4	22	-

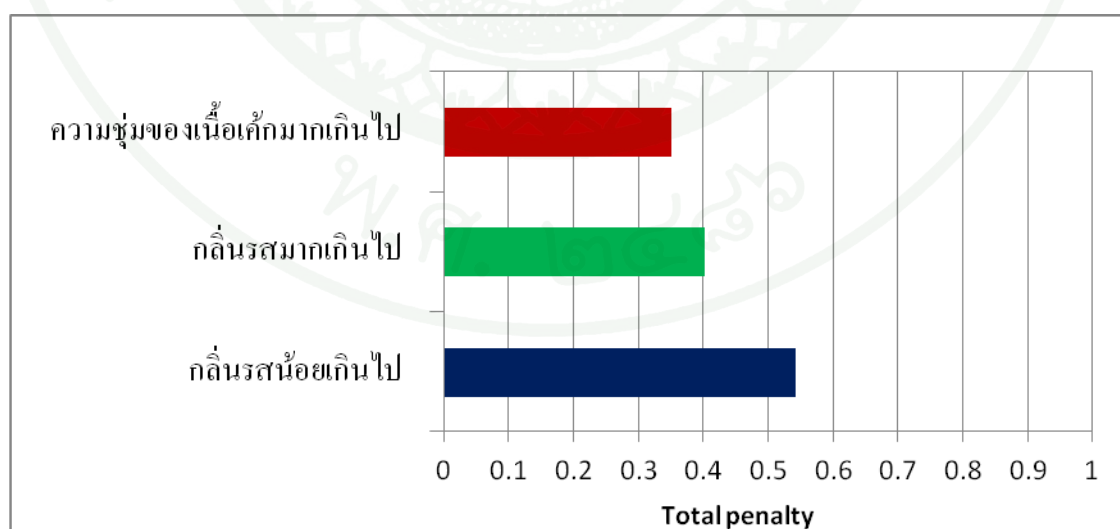
หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 33 คะแนนความชอบ ค่า Mean drop และค่า Total penalty ของระดับความพอดีต่างๆ ของแต่ละคุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี จำนวน 50 คน

คุณลักษณะ	ระดับความ พอดี	ร้อยละของ คำตอบ	คะแนน ความชอบ	Mean drop *	Total penalty *
กลิ่นรส	พอดี	38	7.42	-	-
	น้อยเกินไป	42	6.14	1.28	0.54
	มากเกินไป	20	5.40	2.02	0.40
ความนุ่ม	พอดี	88	7.52	-	-
	น้อยเกินไป	0	-	N/A	N/A
	มากเกินไป	12	5.00	N/A	N/A
ความชุ่มของเนื้อเค้ก	พอดี	74	7.24	-	-
	น้อยเกินไป	4	6.00	N/A	N/A
	มากเกินไป	22	6.64	1.6	0.35

หมายเหตุ N/A หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์ เนื่องจากร้อยละของคำตอบมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20
* การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข



ภาพที่ 22 ค่า Total penalty ของคุณลักษณะต่างๆ โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุ 25-50 ปี 50 คน

3.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

ผลิตซิฟฟอนเค้กสูตร 80 : 20 และสูตร 80 : 20 ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว โดยสูตรปรับปรุงคุณภาพมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของไบเตยสดต่อน้ำจาก 1:3 เป็น 1:1.5 และลดปริมาณน้ำไบเตยคั้นสดร้อยละ 0.25 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตรเพื่อแทนที่เป็นกลิ่นไบเตยสังเคราะห์ และลดปริมาณนมข้นจืดลงร้อยละ 0.5 ของส่วนประกอบทั้งหมดในสูตรเพื่อแทนที่เป็นผงวนิลา โดยผงวนิลาจะใส่ในขั้นตอนร่อนส่วนผสมของแป้ง (ของแห้ง) สามารถสรุปสูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพได้ ดังตารางที่ 34

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของซิฟฟอนเค้กก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพพบว่าซิฟฟอนเค้กสูตรก่อนการปรับปรุงจะมีความชุ่มของเนื้อซิฟฟอนมากกว่าสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ ทั้งนี้สูตรปรับปรุงมีความชุ่มน้อยกว่าเนื่องจากการลดปริมาณของนมข้นจืดลง โดยสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพจะมีสีเขียวมากกว่าสูตรก่อนการปรับปรุงคุณภาพเล็กน้อย และมีกลิ่นหอมไบเตยมากกว่าสูตรก่อนการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำไบเตยคั้นสดในสูตร

ตารางที่ 34 สรุปสูตรการปรับปรุงกลิ่นรสของชีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

ส่วนประกอบ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	ร้อยละ	ร้อยละ
แป้งสาลี	23.00	23.00
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1)	12.50	12.50
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2)	5.50	5.50
ไข่ขาว	18.00	18.00
ไข่แดง	4.20	4.20
น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀	16.80	16.80
นมข้นจืด	9.50	9.00 *
ผงฟู	1.00	1.00
เกลือป่น	0.30	0.30
ครีมออฟฟัททาร์	0.30	0.30
ไบเตยคั่นสด (อัตราส่วนไบเตยสดต่อน้ำ)	8.88 (1:3)	8.63 (1:1.5) **
กลิ่นไบเตยสังเคราะห์	-	0.25 ***
สีผสมอาหารสีเขียว	0.02	0.02
ผงวนิลา	-	0.50 ****
รวม	100.00	100.00

- หมายเหตุ * คือ ลดปริมาณนมข้นจืดลงร้อยละ 0.5 ของส่วนประกอบทั้งหมดในสูตร
- ** คือ ปรับอัตราส่วนของไบเตยสดต่อน้ำจาก 1:3 เป็น 1:1.5
- *** คือ แทนที่น้ำไบเตยคั่นสดร้อยละ 0.25 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตรเป็นกลิ่นไบเตยสังเคราะห์
- **** คือ เพิ่มผงวนิลาร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร

การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test พบว่าชีฟฟอนเค้กก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพมีค่าปริมาตรจำเพาะ, ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ค่าความแข็ง, ค่าสี L*, a* และ b* ของชีฟฟอน

เค็กหลังการปรับปรุงคุณภาพ พบว่ามีสีเขียวมากกว่าก่อนการปรับปรุงคุณภาพ ในขณะที่ค่า a_w มีค่าน้อยกว่าอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รายละเอียดดังตารางที่ 35 ทั้งนี้เกิดจากสูตรปรับปรุงมีการลดปริมาณของนมข้นจืด ทำให้ซีฟฟอนเค็กมีค่า a_w ลดลง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่สีเขียวของเนื้อในซีฟฟอนเค็กสูตรปรับปรุงคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของอัตราส่วนไบเตยสดต่อน้ำ

ตารางที่ 35 ค่าคุณภาพทางกายภาพของซีฟฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงสูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

ค่าคุณภาพทางกายภาพ	สูตรซีฟฟอนเค็ก	
	80 : 20 ก่อนการปรับปรุง	80 : 20 หลังการปรับปรุง
L*	74.40 ± 0.30 ^a	71.57 ± 0.44 ^b
a*	-6.42 ± 0.04 ^a	-6.63 ± 0.26 ^b
b*	33.86 ± 0.23 ^b	35.55 ± 0.46 ^a
ค่า a_w	0.942 ± 0.003 ^a	0.935 ± 0.002 ^b
ปริมาตรจำเพาะ (cm ³ /g) ^(ns)	3.32 ± 0.06	3.19 ± 0.12
ความแข็ง (N)	1.02 ± 0.06 ^b	1.32 ± 0.07 ^a
ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ^(ns)	0.67 ± 0.09	0.68 ± 0.05
ความยืดหยุ่น(mm) ^(ns)	8.37 ± 0.78	8.14 ± 0.49
ความทนทานต่อการบดเคี้ยว (mJ) ^(ns)	0.0052 ± 0.0008	0.0057 ± 0.0005

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

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อนำชิฟฟอนเค้ก 2 สูตรดังกล่าวมาทดสอบความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชุดเดียวกัน พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่น, กลิ่นรส, รสชาติ, ความนุ่ม, เนื้อสัมผัส โดยรวม และความชอบโดยรวมของตัวอย่างหลังการปรับปรุงคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ, สี, ความชุ่มของเนื้อเค้ก และความหวม มีค่าความชอบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แสดงว่าการปรับปรุงคุณภาพส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์มากขึ้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 คะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R₈₀₀₀ สูตรก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ (9-Pointed Hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน

คุณลักษณะ	สูตรชิฟฟอนเค้ก	
	80 : 20 ก่อนการปรับปรุง	80 : 20 หลังการปรับปรุง
ลักษณะปรากฏ ^(ns)	6.8 ± 1.1	6.9 ± 0.9
สี ^(ns)	7.4 ± 1.1	7.4 ± 1.1
กลิ่น (ใบเตย)	5.9 ± 1.3 ^b	7.6 ± 0.7 ^a
กลิ่นรส (ใบเตย)	6.2 ± 1.3 ^b	6.9 ± 1.4 ^a
รสชาติ	6.3 ± 1.2 ^b	7.2 ± 1.2 ^a
ความนุ่ม	6.4 ± 1.7 ^b	7.1 ± 1.3 ^a
ความชุ่มของเนื้อเค้ก ^(ns)	6.5 ± 1.5	6.8 ± 1.5
ความหวาน ^(ns)	7.1 ± 1.2	7.5 ± 1.1
เนื้อสัมผัสโดยรวม	6.3 ± 1.4 ^b	7.1 ± 1.1 ^a
ความชอบโดยรวม	6.3 ± 1.3 ^b	7.3 ± 0.8 ^a

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

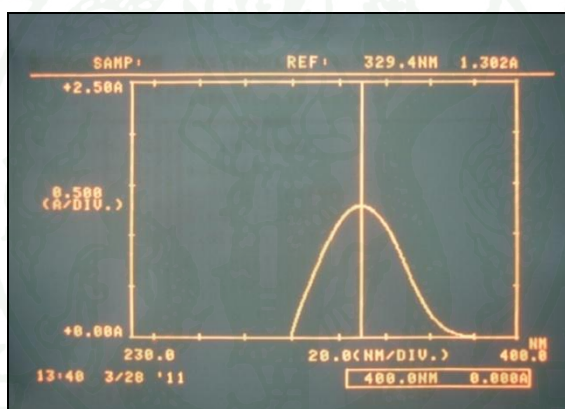
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

5. การวิเคราะห์ค่าคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอรีซานอลสูง

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอรีซานอล

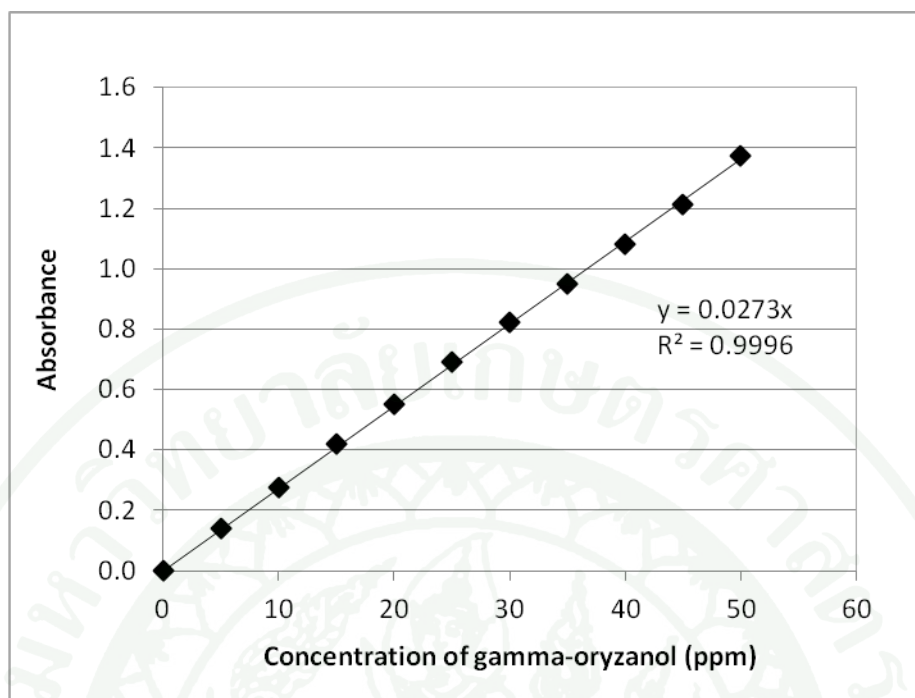
3.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ของสารแกมมาโอรีซานอล

จากผลการทดลองพบว่าสารละลายมาตรฐานแกมมาโอรีซานอล ความเข้มข้น 50 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร ดังภาพที่ 23 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของ Bucci *et al.* (2003) ที่พบการดูดกลืนสูงสุดที่ 327 นาโนเมตร



ภาพที่ 23 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอรีซานอล ความเข้มข้น 50 ppm ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอรีซานอล 10 ความเข้มข้น ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร พบความสัมพันธ์ในแนวเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารแกมมาโอรีซานอล (x) และค่าการดูดกลืนแสง (y) ตามสมการ $y = 0.0273x$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2) เท่ากับ 0.9996 ดังภาพที่ 24 โดยสมการที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับ Kaewkool (2010) ซึ่งได้สมการ $y = 0.0246x$



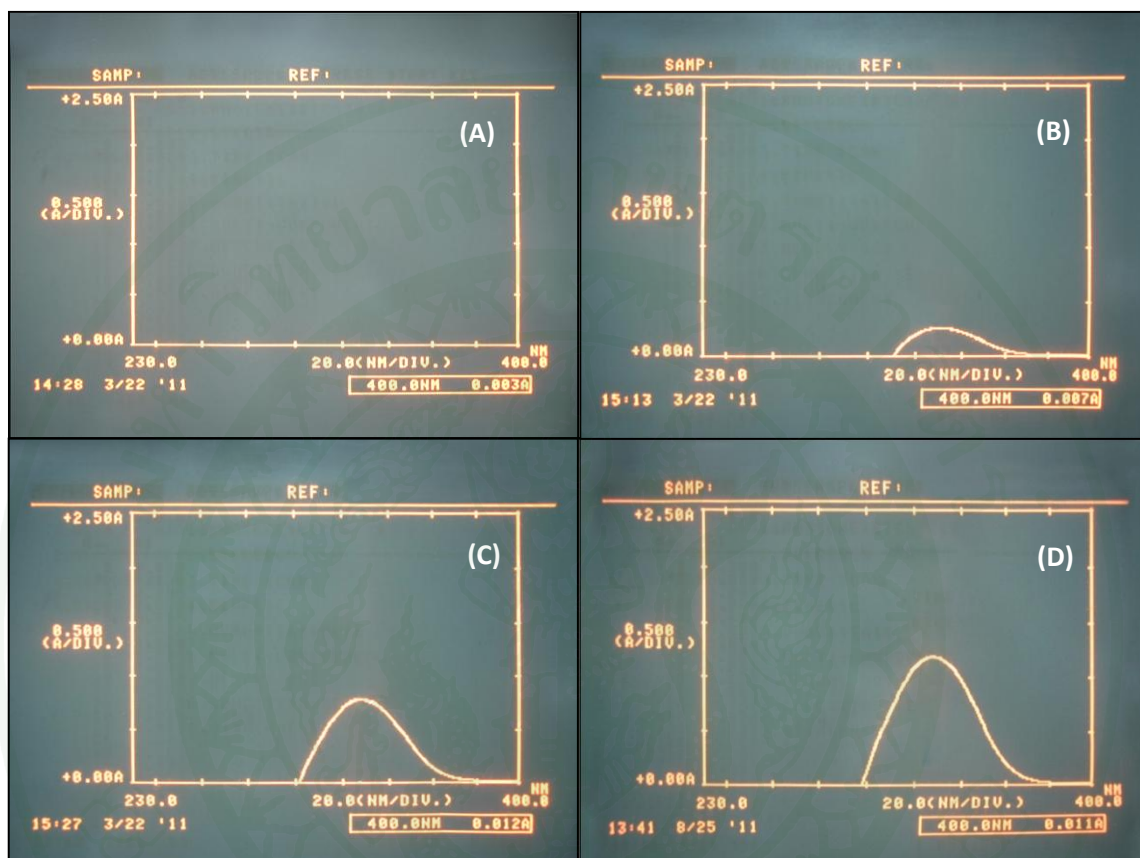
ภาพที่ 24 กราฟมาตรฐานของสารละลายแกมมาโอริซานอล ความเข้มข้น 0 ถึง 50 ppm ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)

3.1.2 การวัดปริมาณสารแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันถั่วเหลือง SBO ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร พบว่าไม่มีการดูดกลืนแสงใดๆ ในช่วงความยาวคลื่นนี้ ดังภาพที่ 25 (A) แสดงว่าในน้ำมันถั่วเหลือง SBO ไม่มีสารแกมมาโอริซานอลอยู่เลย ซึ่งตรงกับข้อมูลของ Juliano *et al.* (2005) นอกจากนี้ยังแสดงว่าองค์ประกอบอื่นๆ ภายในน้ำมันถั่วเหลืองไม่มีช่วงการดูดกลืนซ้อนทับกับการดูดกลืนของสารแกมมาโอริซานอลเช่นเดียวกัน

เมื่อนำตัวอย่างสารละลาย 0.4% w/v ของน้ำมันรำข้าวชนิดต่างๆ ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ มาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารแกมมาโอริซานอลที่ระบุบนฉลากทางการค้า ดังภาพที่ 25 (B), (C) และ (D) เมื่อนำแต่ละตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร แล้วแทนค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่วัดได้ดังกล่าวลงในสมการ $y = 0.0273x$ และสมการ (9) พบว่าน้ำมันรำข้าวทางการค้า R_{2000} , R_{5000} และ R_{8000} มีความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลจากการวัด

และวิเคราะห์เท่ากับ 2,187, 5,504 และ 9,114 ppm ตามลำดับ ดังตารางที่ 37 รายละเอียดการคำนวณ
แสดงในภาคผนวก ข



ภาพที่ 25 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 0.4% w/v ของ
น้ำมันถั่วเหลือง SBO (A) และน้ำมันรำข้าวทางการค้า R_{2000} (B), R_{5000} (C) และ R_{8000} (D)
ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร (อุณหภูมิห้อง
เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 37 ความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวชนิดต่างๆ เมื่อเทียบจากกราฟมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร

ชนิดน้ำมันพืช	น้ำหนัก (กรัม)		ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง	SD	ความเข้มข้นแกมมาโอริซานอล (ppm) *
	น้ำมันพืช	สารละลายทั้งหมด			
R ₂₀₀₀	0.1019	19.4460	0.313	0.001	2,187
R ₅₀₀₀	0.1064	19.4155	0.823	0.001	5,504
R ₈₀₀₀	0.1024	19.4264	1.312	0.007	9,114

หมายเหตุ * การคำนวณความเข้มข้นของแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าวแสดงในภาคผนวก ข

3.1.3 การศึกษาผลของระยะเวลาในการสกัดสารแกมมาโอริซานอลออกจากชิฟฟอนเค้ก

จากการทดลองพบว่าเมื่อแช่ตัวอย่างเป็นเวลา 0.5 ถึง 6 ชั่วโมง ปริมาณแกมมาโอริซานอลที่คำนวณได้มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่เมื่อแช่ตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณแกมมาโอริซานอลที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่าที่เวลาในการแช่ 0.5 ถึง 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 38 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณแกมมาโอริซานอลในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก (ค่าจากการทดลอง) แสดงในภาคผนวก ข ทั้งนี้สาเหตุที่ตัวอย่างที่แช่ไว้ในสารละลายนาน 24 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ได้ปริมาณแกมมาโอริซานอลน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากการสารแกมมาโอริซานอลจะถูกทำลายได้ หากแช่ตัวอย่างในตัวอย่างละลายนานๆ ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวอย่างจึงควรทำอย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยจึงเลือกเวลาในการแช่หรือการสกัดสารแกมมาโอริซานอลออกจากตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่เวลา 0.5 ชั่วโมง ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

เมื่อคำนวณปริมาณแกมมาโอริซานอล พบว่าถ้าชิฟฟอนเค้กมีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R₈₀₀₀ (น้ำมันรำข้าว 1,000 กรัม มีแกมมาโอริซานอล 9,114 มิลลิกรัม) ร้อยละ 16.8 หากไม่มีการสูญเสียไปเมื่อความร้อนในระหว่างการอบควรมีปริมาณแกมมาโอริซานอลเท่ากับ 170.38 มิลลิกรัมต่อชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม แต่อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยของของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) ซึ่งพบว่าปริมาณแกมมาโอริซานอลจะมีการลดลงเป็นไปตามสมการจลนพลศาสตร์อันดับ

หนึ่งเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้น หากคำนวณตามวิธีของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) (คำนวณแบบสารเกมมาโอรีซานอลมีการสลายตัวระหว่างการอบ) พบว่าชิฟฟอนเค้กที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ควรมีปริมาณเกมมาโอรีซานอลคงเหลือ 169.07 มิลลิกรัม (ปริมาณเกมมาโอรีซานอลเริ่มต้นเท่ากับ 170.38 มิลลิกรัมต่อชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม) หรือปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.31 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก (การคำนวณปริมาณเกมมาโอรีซานอลในชิฟฟอนเค้กแสดงในภาคผนวก ข)

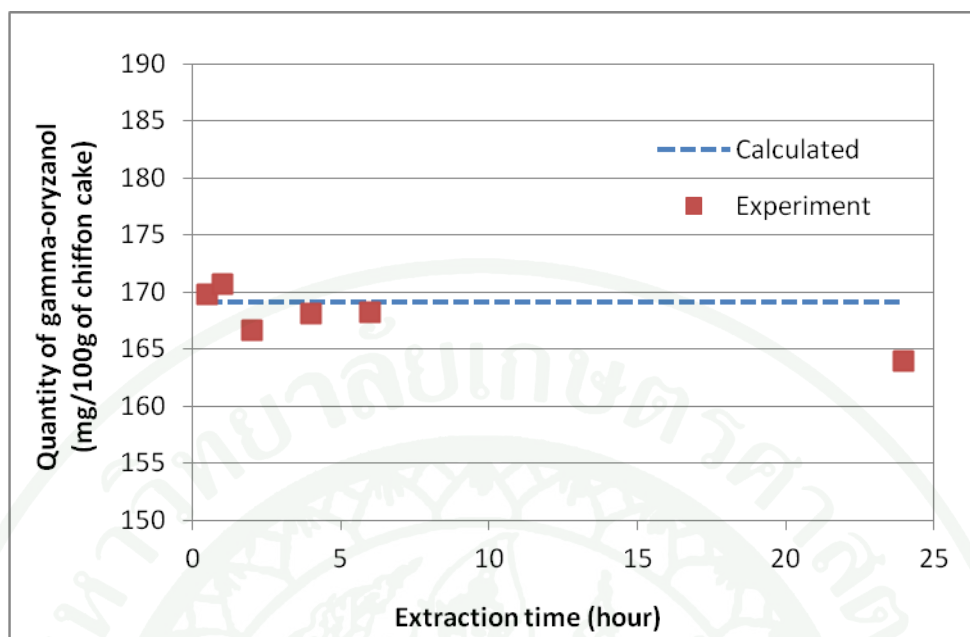
จากการทดลองพบว่าปริมาณเกมมาโอรีซานอลที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง และค่าจากการคำนวณตามวิธีของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังภาพที่ 26 แสดงว่าสารเกมมาโอรีซานอลมีจลนพลศาสตร์การสลายตัวเป็นไปตามงานวิจัยของของ Khuwijitjaru *et al.* (2009) ที่มีการอ้างอิงไว้

ตารางที่ 38 ปริมาณเกมมาโอรีซานอลของตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง เมื่อใช้เวลาในการสักรัดหรือเวลาในการแช่ตัวอย่างแตกต่างกัน และค่าตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์

เวลาในการสักรัด (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)			ค่าเฉลี่ยการ ดูดกลืนแสง	ปริมาณเกมมา โอรีซานอล (มิลลิกรัม/ ชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม)*
	ชิฟฟอนเค้กหลัง อบ (ทั้งถาด)	ชิฟฟอนที่ตัด มาวิเคราะห์	สารละลาย ทั้งหมด		
0.5	882.04	0.8038	19.7242	1.889	169.82 ^a
1	882.04	0.8021	19.7219	1.895	170.63 ^a
2	882.04	0.8038	19.7068	1.855	166.63 ^a
4	882.04	0.8049	19.7957	1.866	168.11 ^a
6	882.04	0.8034	19.7380	1.869	168.22 ^a
24	882.04	0.8051	19.8633	1.814	163.96 ^b

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

* การคำนวณปริมาณเกมมาโอรีซานอลในชิฟฟอนเค้กแสดงในภาคผนวก ข



ภาพที่ 26 ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในชิฟฟอนเค้กที่เวลาในการสกัดแตกต่างกัน ในกราฟจุดสี่เหลี่ยมคือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง เส้นปะคือ ค่าจากการคำนวณตามวิธีของ Khuwijitjaru *et al.* (2009)

3.1.4 การวัดปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลในชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายชิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลือง SBO ในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร พบว่าไม่มีสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้ แสดงว่าในน้ำมันถั่วเหลือง SBO ไม่มีสารแกมมาโอไรซานอล และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิตชิฟฟอนเค้กไม่มีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้ ดังภาพที่ 27 (A)

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร ของตัวอย่างสารละลายชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน (ปริมาณน้ำมันรำข้าว 12.50% ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร) และสูตรที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว (ปริมาณน้ำมันรำข้าว 16.80% ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร) ซึ่งทั้งสองใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นองค์ประกอบ พบว่าชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน (ภาพที่ 27 (B)) มีพื้นที่ใต้กราฟน้อยกว่าชิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ภาพที่ 27 (C)) โดยสเปกตรัมการดูดกลืน

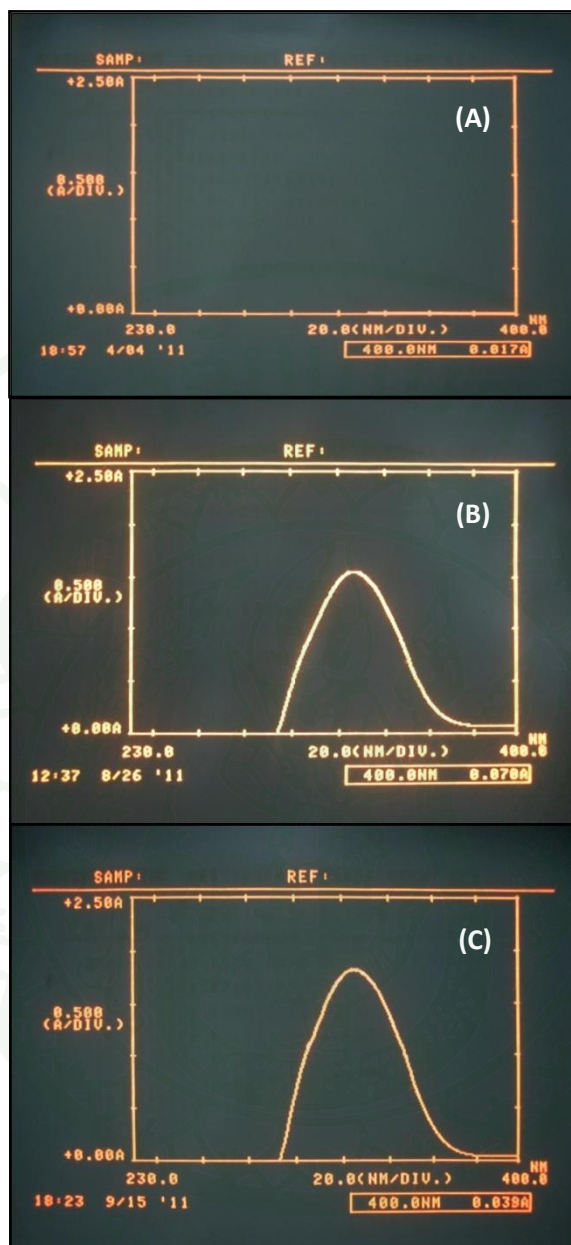
แสงทั้งสองมีลักษณะเป็นโค้งยอดเดียว แสดงว่าองค์ประกอบอื่นๆ ภายในซีฟฟอนแก้วไม่มีผลต่อการวัดปริมาณสารแอมมาโอรีซานอล เนื่องจากไม่มีช่วงการดูดกลืนแสงที่ซ้อนทับกับการดูดกลืนแสงของสารแอมมาโอรีซานอล และเมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร พบว่าซีฟฟอนแก้วสูตรปรับปรุงคุณภาพมีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่าสูตรพื้นฐาน โดยจากค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่วัดได้ สามารถหาปริมาณแอมมาโอรีซานอลในซีฟฟอนแก้วสูตรพื้นฐานและสูตรปรับปรุงซึ่งทั้งสองใช้น้ำมันรำข้าวชนิด R₈₀₀₀ เป็นองค์ประกอบได้เท่ากับ 134.81 และ 169.82 มิลลิกรัมต่อซีฟฟอนแก้ว 100 กรัม แสดงว่าจากงานวิจัยสูตรปรับปรุงคุณภาพมีปริมาณแอมมาโอรีซานอลเพิ่มขึ้นจากซีฟฟอนแก้วสูตรพื้นฐานร้อยละ 26 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 39

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารแอมมาโอรีซานอลในซีฟฟอนแก้วสามารถทนต่อกระบวนการอบด้วยความร้อนของการทำซีฟฟอนแก้วได้ และสามารถวัดปริมาณสารแอมมาโอรีซานอลในซีฟฟอนแก้วได้จากเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่งมีความรวดเร็ว และไม่ซับซ้อน จากรายงานการวิจัยของ Bucci *et al.* (2003) พบว่าการใช้เทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่มีความเข้มข้นของสารแอมมาโอรีซานอลไม่ต่ำมาก จะมีความแม่นยำใกล้เคียงกับการใช้เทคนิค HPLC ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์นี้จึงเหมาะแก่การนำไปใช้เพื่อตรวจวิเคราะห์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ดี

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง และปริมาณแอมมาโอรีซานอลในซีฟฟอนแก้ว 100 กรัม ที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร

ตัวอย่าง ซีฟฟอน	น้ำหนัก (กรัม)		ค่าเฉลี่ยการ ดูดกลืนแสง	SD	ปริมาณ แอมมาโอรีซานอล (มิลลิกรัม/ซีฟฟอนแก้ว 100 กรัม) *
	ซีฟฟอนแก้ว	สารละลาย ทั้งหมด			
สูตรพื้นฐาน **	0.8045	19.3512	1.530	0.083	134.81
สูตรปรับปรุง ***	0.8038	19.7242	1.889	0.032	169.82

หมายเหตุ * การคำนวณปริมาณแอมมาโอรีซานอลในซีฟฟอนแก้วแสดงในภาคผนวก ข
 ** ซีฟฟอนแก้วสูตรพื้นฐาน ตามตารางที่ 15
 *** ซีฟฟอนแก้วสูตรหลังปรับปรุง ตามตารางที่ 34



ภาพที่ 27 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 230 ถึง 400 นาโนเมตร ของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 3.2% w/v ของซิฟฟอนเค็กสูตรต่างๆ ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เมื่อ (A) คือซิฟฟอนเค็กสูตรปรับปรุงคุณภาพที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO ส่วน (B) และ (C) คือซิฟฟอนเค็กสูตรพื้นฐานและสูตรปรับปรุงคุณภาพ ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นส่วนประกอบ (อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)

3.2 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

การศึกษาค่าคุณภาพ พบว่าชิฟฟอนเค้กหลังการปรับปรุงคุณภาพมีสีเขียวอ่อน ค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 71.57, -6.63, 35.55 ตามลำดับ มีการขึ้นฟูของเนื้อชิฟฟอนดี (3.19 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อกรัม) เนื้อสัมผัสนุ่ม (1.32 นิวตัน) การเกาะรวมตัวกันของตัวอย่างดี (0.68) เนื้อชิฟฟอนมีความยืดหยุ่นดี (8.14 มิลลิเมตร) และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวเท่ากับ 0.0057 มิลลิจูล สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลลงได้ร้อยละ 39 จากชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน มีค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) โดยชิฟฟอนเค้ก 1 ชิ้น น้ำหนัก 100 กรัม จะให้พลังงาน 393.95 กิโลแคลอรี ปริมาณคอเลสเตอรอล 23.89 มิลลิกรัม และปริมาณแอมมาโอไรซานอลสูงเท่ากับ 169.82 มิลลิกรัม ดังตารางที่ 40

จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Ishihara *et al.*, 1982) พบว่าปริมาณแอมมาโอไรซานอลที่แนะนำต่อวันคือ 300 มิลลิกรัมต่อวัน แต่อย่างไรก็ตาม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2541) แนะนำว่าชิฟฟอนเค้กควรมี 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 55 กรัม ดังนั้นชิฟฟอนเค้ก 1 กล่อง ขนาด 100 กรัม ควรกำหนดขนาดการบริโภคเท่ากับ 2 กล่าวคือหนึ่งหน่วยบริโภค 50 กรัม ผู้บริโภคจะได้รับปริมาณไขมัน 12.95 กรัม และปริมาณแอมมาโอไรซานอล 84.91 มิลลิกรัม

ตารางที่ 40 ค่าคุณภาพของซีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมา
โอริซานอลสูงสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ) และสูตรหลังการ
ปรับปรุงคุณภาพ (ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} เป็นส่วนประกอบ)

ค่าคุณภาพ	สูตรซีฟฟอนเค้ก	
	สูตรพื้นฐาน (SBO)	สูตรปรับปรุงคุณภาพ (R_{8000})
คุณภาพทางกายภาพ		
L*	N/A	71.57
a*	N/A	-6.63
b*	N/A	35.55
ค่า a_w	N/A	0.935
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	3.53	3.19
ความแข็ง (N)	0.82	1.32
ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน	0.56	0.68
ความยืดหยุ่น(mm)	8.12	8.14
ความทนทานต่อการบดเคี้ยว (mJ)	0.0038	0.0057
คุณภาพทางเคมี		
ความชื้น (ร้อยละ)	34.64	31.33
ไขมัน (ร้อยละ)	11.89	25.89
โปรตีน (ร้อยละ)	6.05	5.43
เถ้า (ร้อยละ)	1.36	1.26
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	0.91	1.28
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	45.15	34.81
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	311.83	393.95
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/100 กรัม)	39.43	23.89
แกมมาโอริซานอล (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.00	169.82
คุณภาพทางจุลินทรีย์		
จุลินทรีย์รวมทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	<10 (est.)	3.5x10 (est.)
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	<10 (est.)	<10 (est.)

หมายเหตุ N/A หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์ค่าคุณภาพตัวอย่าง

3.4 ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์

เนื่องจากส่วนประกอบการผลิตชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม สามารถตัดเป็นชิฟฟอนเค้กขนาด 100 กรัม ได้ 8 ก้อน ดังภาพที่ 28 ดังนั้นชิฟฟอนเค้กขนาด 100 กรัม ต้องใช้ส่วนผสมของแป้ง 125 กรัม จากการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำมันถั่วเหลือง) และสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000}) น้ำหนัก 100 กรัม มีราคาต้นทุนวัตถุดิบรวมเท่ากับ 10.04 และ 15.61 บาท ตามลำดับ (รายละเอียดการคำนวณอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ข1) แสดงว่าชิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพมีราคาต้นทุนรวมสูงขึ้น 5.57 บาท ซึ่งเกิดจากน้ำมันรำข้าว R_{8000} มีราคาสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง SBO มาก โดยจากราคาต้นทุนรวมของชิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพ แสดงว่าหากขายสินค้าในราคา 30 บาทต่อก้อน (ขนาดบรรจุ 100 กรัม) ผู้ผลิตจะได้กำไร 14.39 บาทต่อก้อน

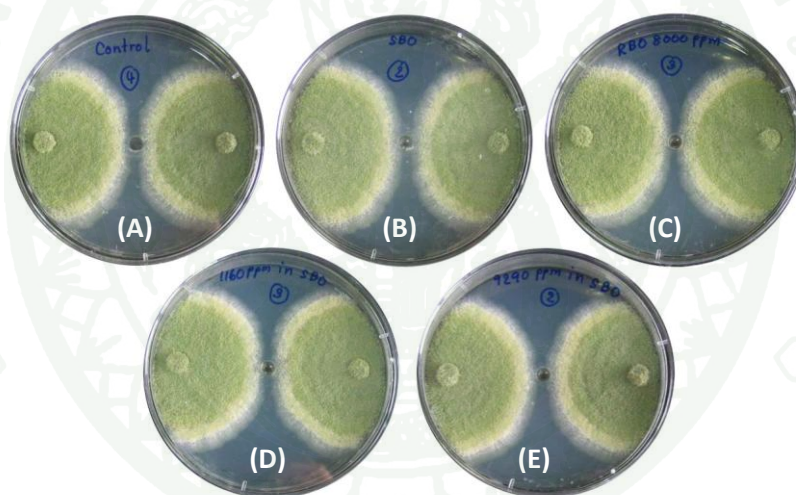


ภาพที่ 28 ตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่ตัดได้ 8 ชิ้น จากส่วนผสมการผลิตชิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 1,000 กรัม

8. การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกมมาโอริซานอลในการยับยั้งเชื้อราและการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกมมาโอริซานอลในการยับยั้งเชื้อราชนิด *Aspergillus flavus*

การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกมมาโอริซานอลในการยับยั้งเชื้อรา ด้วยวิธี Contact assay พบว่าตัวอย่าง SBO, R₈₀₀₀, SBO₁₁₆₀ และ SBO₉₂₉₀ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ จากภาพที่ 29 แสดงให้เห็นว่ารัศมีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* บนตัวอย่าง (B) ถึง (E) มีค่าไม่แตกต่างจากรัศมีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* บนตัวอย่างควบคุม (A)



ภาพที่ 29 ลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* บนตัวอย่าง Control (A), SBO (B), R₈₀₀₀ (C), SBO₁₁₆₀ (D) และ SBO₉₂₉₀ (E) ในวันที่ 6 ของการทดสอบ

เมื่อวัดระยะรัศมีของแต่ละตัวอย่างเทียบกับตัวอย่างควบคุม แล้วคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI) ตามสมการ (11) ได้ผลดังตารางที่ 41 ซึ่งพบว่าตัวอย่าง SBO และ R₈₀₀₀ มีแนวโน้มไม่ยับยั้งเชื้อรา เนื่องจากมีค่า AFI เข้าใกล้ 0 แต่ตัวอย่าง SBO₁₁₆₀ และ SBO₉₂₉₀ เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากมีค่า AFI ติดลบ แสดงว่าตัวอย่างมีแนวโน้มช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* จึงสรุปได้ว่าสารแกมมาโอริซานอลที่ประมาณ 8,000 ppm ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราชนิด *A. flavus* ได้

ตารางที่ 41 ประสิทธิภาพของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ในการยับยั้งเชื้อรา *A. flavus*

ตัวอย่าง	ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI) *		
	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
น้ำมันถั่วเหลือง (SBO)	1.76 ^a	2.18 ^a	3.00 ^a
น้ำมันรำข้าว (R ₈₀₀₀)	-1.76 ^{ab}	-0.73 ^{ab}	0.17 ^{ab}
1,160 ppm pure gamma-oryzanol in SBO (SBO ₁₁₆₀)	-9.45 ^c	-7.45 ^c	-6.33 ^c
9,290 ppm pure gamma-oryzanol in SBO (SBO ₉₂₉₀)	-7.25 ^{bc}	-6.00 ^{ab}	-5.67 ^c

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* วิธีการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI) อยู่ในภาคผนวก ข

6.2 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว

การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันพืชต่างกันสองชนิด และเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กล่องพลาสติกฝาเปิดใต้อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติกชนิด PS ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าหลังผลิตเสร็จไม่เกิน 2 ชั่วโมง ชิฟฟอนเค้กทั้งสองตัวอย่างมีลักษณะนุ่มฟู ไม่มีน้ำมันแยกตัวออกจากเนื้อเค้ก มีสีเหลืองอ่อนใกล้เคียงกันทั้งสองตัวอย่าง ผิวของเนื้อชิฟฟอนเค้กมีความมันเงาเล็กน้อย ในวันที่ 1 ชิฟฟอนเค้กทั้งสองยังคงคุณลักษณะเช่นเดียวกับหลังการผลิตเสร็จ ในวันที่ 2 ชิฟฟอนเค้กทั้งสองมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับหลังการผลิตเสร็จ แต่มีความมันเงาที่ผิวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเนื้อชิฟฟอนเค้กแข็งขึ้นเล็กน้อย วันที่ 3 หลังการผลิตเสร็จชิฟฟอนเค้กทั้งสองเริ่มมีน้ำมันแยกออกจากเนื้อเค้กแต่ไม่มาก เนื้อชิฟฟอนเค้กเริ่มมีความแข็งและยุ่ง่าย และมีความมันเงาที่ผิวมากขึ้น วันที่ 4 หลังการผลิตเสร็จเนื้อชิฟฟอนเค้กทั้งสองมีความแข็งขึ้น ผิวหน้าเค้กเริ่มเปื่อยมากขึ้น เมื่อจับจะติดมือ เค้กยุ่ง่ายเมื่อตัด ไม่เกาะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน สาเหตุที่เมื่อระยะเวลาหลังการผลิตนานขึ้น ทำให้ชิฟฟอนเค้กมีลักษณะร่วนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) ทำให้เมื่อเวลาเก็บนานขึ้น จึงเกิดเป็นผลึกแข็ง ทำให้อาหารมีลักษณะแข็งและร่วนขึ้น

สำหรับค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าในระยะเวลา 4 วัน ชิฟฟอนเค้กทั้งสองชนิดเกิดเชื้อราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม ดังตารางที่ 42 สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) พบว่าชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO มีแนวโน้มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} โดยพบว่าชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองสามารถเก็บรักษาได้ 3 วัน แต่ชิฟฟอนเค้กที่ใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000} สามารถเก็บรักษาได้ไม่ถึง 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 30 ซึ่งจากผลการทดลองนี้ช่วยสนับสนุนผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 ว่าสารแกมมาโอไรซานอลมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นชิฟฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูงควรระบุว่าจะบริโภคภายใน 2 วันนับจากวันผลิต เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

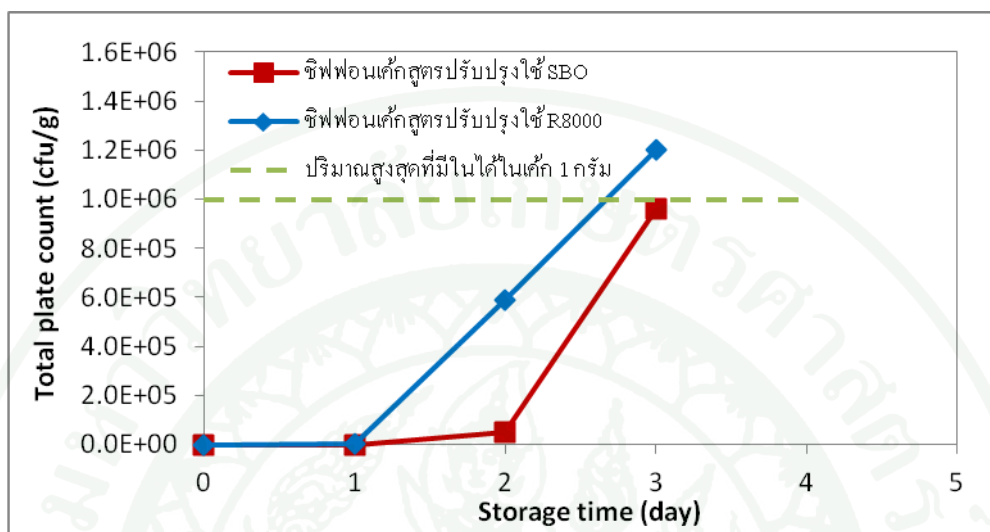
ตารางที่ 42 ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูงสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO และน้ำมันรำข้าว R_{8000} แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วันที่	ชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันถั่วเหลือง SBO		ชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันรำข้าว R_{8000}	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)
0	<10 (est.)	<10 (est.)	3.5×10 (est.)	<10 (est.)
1	9.5×10 (est.)	<10 (est.)	3.3×10^3	<10 (est.)
2	5.0×10^4	<10 (est.)	5.9×10^5	<10 (est.)
3	9.6×10^5	<10 (est.)	1.2×10^6	<10 (est.)
4	2.7×10^7	<10 (est.)	8.7×10^7	<10 (est.)

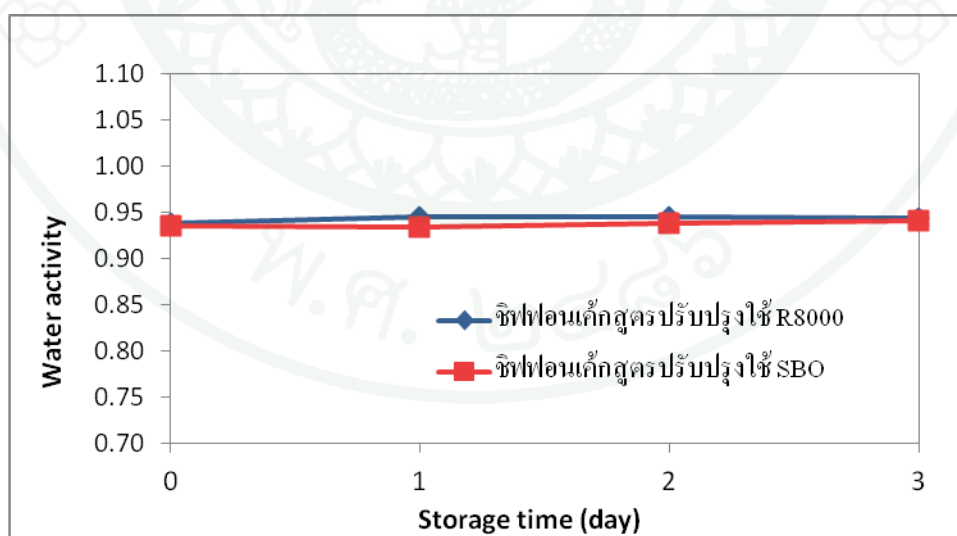
หมายเหตุ est. หมายถึง ค่าโดยประมาณ (estimated)

การวัดค่าคุณภาพ L^* , a^* , b^* และค่า Water activity ของตัวอย่างชิฟฟอนเค้กสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันพืชต่างกัน 2 ชนิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าชิฟฟอนเค้กทั้งสองตัวอย่างมีค่า L^* , a^* , b^* และค่า Water activity ของแต่ละวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน แต่ละตัวอย่างมีค่า

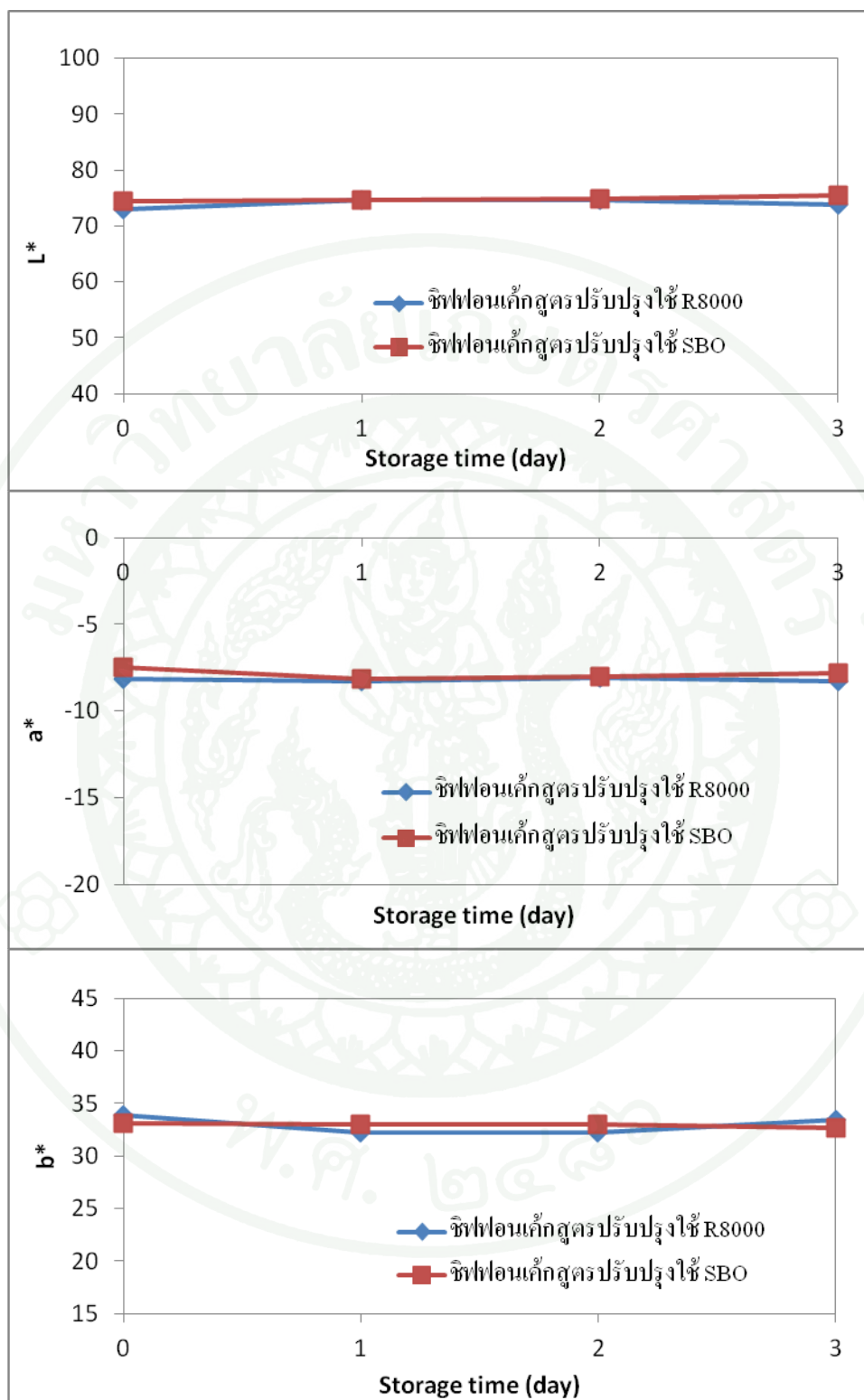
L^* , a^* , b^* และค่า Water activity ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกของการผลิต แสดงดังภาพที่ 31 และภาพที่ 32



ภาพที่ 30 ค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างชิฟฟอนสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เส้นประในรูปคือปริมาณสูงสุดที่มีในเค้กได้ 1 กรัม



ภาพที่ 31 ค่า Water activity ของตัวอย่างชิฟฟอนเค็กสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกฝาเปิดโพลีมีฐาน (Polystyrene) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 32 ค่า L^* , a^* และ b^* ของตัวอย่างซีฟไอน์แก้สูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบ และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกฝาเปิดโสมิฐาน (Polystyrene) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธี CLT กับผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 200 คน ณ โรงอาหารกลางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มอาชีพจำนวนเท่าๆ กัน พบว่ามีเพศหญิงร้อยละ 68.5 และเพศชายร้อยละ 31.5 โดยส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 25-30 ปี และมีรายได้อยู่ระหว่าง 10,001-20,000 บาทต่อเดือน ดังตารางที่ 43

เมื่อผู้บริโภคได้ดูรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จขั้นสุดท้าย ผู้บริโภคให้คะแนนรูปร่างบรรจุภัณฑ์ และรูปร่างผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 6.7 และ 6.8 คะแนน ตามลำดับ หรือมีความชอบอยู่ในระดับชอบน้อย-ชอบปานกลาง และเมื่อได้ชิมตัวอย่างซีฟอนเค้ก พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น รสไบเตย รสชาติ ความนุ่ม และเนื้อสัมผัสโดยรวมเท่ากับ 6.9, 7.4, 7.4, 7.5 และ 7.4 คะแนน ตามลำดับ หรือมีความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในระดับชอบน้อย-ชอบปานกลาง ความชอบด้าน กลิ่น รสไบเตย รสชาติ ความนุ่ม และเนื้อสัมผัสโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก สำหรับความชอบโดยรวมพบว่าผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก โดยให้คะแนนเพิ่มขึ้นจาก 7.4 คะแนน เป็น 7.5 คะแนน เมื่อทราบคุณสมบัติประโยชน์ของสารแกมมาโอไรซานอลที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 44

สำหรับการทดสอบการยอมรับและการซื้อของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูงดังตารางที่ 45 พบว่าก่อนทราบคุณสมบัติประโยชน์ของแกมมาโอไรซานอลผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 95.5 และการซื้อร้อยละ 60 แต่เมื่อผู้บริโภคทราบคุณสมบัติประโยชน์ของแกมมาโอไรซานอล ผู้บริโภคให้การยอมรับและการซื้อเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 96 และ 76.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 43 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

n = 200

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	137	68.5
ชาย	63	31.5
อายุ		
25-30 ปี	101	50.5
31-35 ปี	52	26.0
36-40 ปี	17	8.5
41-45 ปี	11	5.5
46-50 ปี	19	9.5
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	2	1.0
มัธยมศึกษา	9	4.5
อนุปริญญาตรี (ปวช./ปวส.)	8	4.0
ปริญญาตรี	109	54.5
สูงกว่าปริญญาตรี	72	36.0
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	50	25.0
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	50	25.0
พนักงานบริษัทเอกชน	50	25.0
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	50	25.0
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	15	7.5
5,001-10,000 บาท	40	20.0
10,001-20,000 บาท	77	38.5
20,001-30,000 บาท	40	20.0
มากกว่า 30,000 บาท	28	14.0

ตารางที่ 44 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กกัดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง (9-Pointed Hedonic scale) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
บรรจุภัณฑ์	6.7 ± 1.2
รูปแบบผลิตภัณฑ์	6.8 ± 1.1
ลักษณะปรากฏ	6.9 ± 1.1
กลิ่นรส (ในเค)	7.4 ± 1.0
รสชาติ	7.4 ± 1.0
ความนุ่ม	7.5 ± 1.2
เนื้อสัมผัสโดยรวม	7.4 ± 1.2
ความชอบโดยรวม (ก่อนทราบคุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอล)	7.4 ± 0.9
ความชอบโดยรวม (หลังทราบคุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอล)	7.5 ± 1.0

ตารางที่ 45 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กกัดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ก่อนและหลังทราบคุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอลของผู้บริโภคจำนวน 200 คน

หัวข้อการประเมิน	ร้อยละ	
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
ก่อนทราบคุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอล		
การยอมรับผลิตภัณฑ์	95.5	4.5
การซื้อผลิตภัณฑ์	60.0	40.0
หลังทราบคุณประโยชน์ของเกมมาโอรีซานอล		
การยอมรับผลิตภัณฑ์	96.0	4.0
การซื้อผลิตภัณฑ์	76.5	23.5

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของการทดสอบความชอบโดยรวม การยอมรับ และการซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่าก่อนและหลังการทราบข้อมูลคุณประโยชน์ของแกมมาโอรีซานอลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าข้อมูลคุณประโยชน์ของแกมมาโอรีซานอลไม่ส่งผลต่อความชอบโดยรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อการซื้อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการบอกข้อมูลคุณประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับเมื่อรับประทานให้ชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตไม่ควรมองข้าม รายละเอียดแสดงในตารางผนวกที่ ค1

จากการวิเคราะห์ค่าไคส์แควร์ และ Crosstab พบว่าลักษณะของกลุ่มตัวอย่างแบ่งตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านความชอบโดยรวม การยอมรับ และการซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอรีซานอลสูง ($p > 0.05$) รายละเอียดแสดงในตารางผนวกที่ ค2

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมาโอรีซานอลสูง เริ่มจากการสำรวจตลาด การอภิปรายกลุ่ม การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค และการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ จากนั้นศึกษาชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากท้องตลาด ศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก ทำการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมาโอรีซานอลสูงให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค แล้ววิเคราะห์ค่าคุณภาพคือ ปริมาณแกลมาโอรีซานอล ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ และต้นทุนของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกลมาโอรีซานอลสูง จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพของสารแกลมาโอรีซานอลในการยับยั้งเชื้อราชนิด *Aspergillus flavus* ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การสำรวจตลาดพบว่าในตลาดทั่วไปมักจำหน่ายชิฟฟอนเค้กรสใบเตย รูปร่างหลากหลายแต่ส่วนใหญ่เป็นแบบสามเหลี่ยมทาคิริมประกบคู่ โดยบรรจุภัณฑ์จะไม่บอกชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบ สำหรับในร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพพบว่าไม่มีการจำหน่ายชิฟฟอนเค้ก โดยส่วนใหญ่มักจำหน่ายเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาได้นานมากกว่า 60 วัน หลังจากการอภิปรายกลุ่ม การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค และการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ พบว่าได้แนวคิดผลิตภัณฑ์คือ ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กคอกเทลเตอรอล กลิ่นรสใบเตย สดใหม่ มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียด มีปริมาณคอกเทลเตอรอลน้อยกว่าสูตรทั่วไป ใช้ น้ำมันรำข้าวที่อุดมไปด้วยสารแกลมาโอรีซานอลในปริมาณสูง ขนาดบรรจุ 100 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้น บรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐานที่มีรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ราคา 30 บาท เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 25-50 ปี หรือผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ

2. การศึกษาชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กจากท้องตลาด พบว่ามีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันไม่แตกต่างกัน แต่ค่าปริมาตรจำเพาะ, ค่าความแข็ง และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวของชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานมีค่าน้อยกว่าชิฟฟอนเค้กจากท้องตลาด แต่ค่า

ความยืดหยุ่นชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานมีค่ามากกว่าชิฟฟอนเค้กจากห้องตลาด การศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาต่อไปคือสูตรที่มีปริมาณน้ำมันรำข้าวต่อปริมาณไข่แดงเท่ากับ 80 : 20 เมื่ออัตราส่วนทั้งสองรวมกันเท่ากับร้อยละ 21 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร เนื่องจากมีค่าความแข็งเกาะกลุ่มใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน

เมื่อนำสูตร 80:20 มาปรับปรุงคุณภาพ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่น, กลิ่นรส, รสชาติ, ความนุ่ม, เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวมของตัวอย่างหลังการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรดังกล่าวมีส่วนประกอบของแป้งเค้กร้อยละ 23, น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1) ร้อยละ 12.5, น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2) ร้อยละ 5.5, ไข่ขาวร้อยละ 18, ไข่แดงร้อยละ 4.2, น้ำมันรำข้าว R_{8000} ร้อยละ 16.8, นมสตรอเบอรี่ร้อยละ 9, ผงฟูร้อยละ 1, เกลือป่นร้อยละ 0.3, ครีมออฟฟัทธาร์ร้อยละ 0.3, ไข่แดงสด (อัตราส่วนไข่แดงสดต่อน้ำเท่ากับ 1:1.5) ร้อยละ 8.63, กลิ่นไข่แดงสังเคราะห์ร้อยละ 0.25, สีผสมอาหารสีเขียวร้อยละ 0.02 และผงวนิลาร้อยละ 0.5 จากการทดลองแสดงว่าสามารถทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันรำข้าว R_{8000} ในสูตรได้ทั้งหมด สามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวจากร้อยละ 12.5 เป็น 16.8 และลดปริมาณไข่แดงจากร้อยละ 8.4 เป็น 4.2 ได้โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับชอบเล็กน้อย-ชอบมาก

3. การวิเคราะห์ปริมาณแอมมาโอรีซานอลโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พบว่าสารแอมมาโอรีซานอลในตัวทำละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์มีค่าการดูดกลืนสูงสุดที่ความยาวคลื่น 329.4 นาโนเมตร สมการกราฟมาตรฐานของสารแอมมาโอรีซานอลคือ $y = 0.0273x$ จากการวิเคราะห์น้ำมันรำข้าว R_{2000} , R_{5000} และ R_{8000} พบว่ามีปริมาณสารแอมมาโอรีซานอลเท่ากับ 2,187, 5,504 และ 9,114 ppm ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันรำข้าว R_{8000} ผลิตเป็นชิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐานและสูตรปรับปรุงคุณภาพซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำมันรำข้าว R_{8000} ร้อยละ 12.5 และ 16.80 ตามลำดับ ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร พบว่าชิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 100 กรัม ปริมาณแอมมาโอรีซานอล 134.81 และ 169.82 มิลลิกรัม ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่าคุณภาพของเนื้อในชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแอมมาโอรีซานอลสูงสูตรหลังการปรับปรุงคุณภาพ พบว่ามีสีเขียอ่อน ค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 71.57, -6.63, 35.55 ตามลำดับ ปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 3.19 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ค่าความแข็งเท่ากับ 1.32 นิวตัน ค่าการเกาะรวมตัวกันของตัวอย่างเท่ากับ 0.68 ค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 8.14 มิลลิเมตร และค่าความทนทานต่อการบดเคี้ยวเท่ากับ 0.0057 มิลลิจูล โดย

สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลลงได้ร้อยละ 39 และเพิ่มปริมาณแกมมาโอริซานอลได้ร้อยละ 26 จากซีฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน มีค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) โดยซีฟฟอนเค้ก 1 ชิ้น น้ำหนัก 100 กรัม (1 กล่อง) จะให้พลังงาน 393.95 กิโลแคลอรี ปริมาณคอเลสเตอรอล 23.89 มิลลิกรัม ปริมาณแกมมาโอริซานอล 169.82 มิลลิกรัม และมีต้นทุนวัตถุดิบรวม 15.61 บาท แสดงว่าหากขายสินค้าในราคา 30 บาท/กล่อง ผู้ผลิตจะได้กำไร 14.39 บาทต่อกล่อง

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารแกมมาโอริซานอลในการยับยั้งเชื้อราชนิด *A. flavus* โดยวิธี Contact assay พบว่าสารแกมมาโอริซานอลเข้มข้น 8,000 ppm ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราชนิด *A. flavus* ได้ และยังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อราอีกด้วย เมื่อศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง (R_{8000}) พบว่าเมื่อเก็บซีฟฟอนเค้กในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐานวัสดุประเภทโฟลิสไตรีน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 วัน ซึ่งน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบในการผลิต แสดงว่าแกมมาโอริซานอลมีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองโดยวิธี Contact assay

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test กับผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคมีความชอบด้านบรรจุภัณฑ์, รูปแบบบรรจุภัณฑ์ และลักษณะปรากฏที่ระดับชอบน้อย-ชอบปานกลาง และมีความชอบด้านกลิ่นรสไบเตย รสชาติ ความนุ่ม และเนื้อสัมผัสโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก โดยก่อนทราบข้อมูลประโยชน์ของสารแกมมาโอริซานอลผู้บริโภคให้ความชอบเฉลี่ย 7.4 คะแนน (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) และยอมรับและจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 95.5 และ 60 ตามลำดับ แต่หลังทราบข้อมูลผู้บริโภคให้ความชอบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 7.5 คะแนน (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) และยอมรับและจะซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 96 และ 76.5 ตามลำดับ โดยจะซื้อซีฟฟอนขนาด 100 กรัม ในราคา 30 บาท

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กพบว่าชีฟฟอนเค้กสูตร 100 : 0 มีค่าความแข็งโคตออกจากสูตรอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามจากการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ค่อนข้างมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป อาจทดลองศึกษาการเพิ่มสารบางอย่าง เช่น สารอิมัลซิฟายเออร์ (Emulsifier) ลงไปในสูตรเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะด้านความแข็งให้ดีขึ้น เนื่องจากสูตร 100 : 0 จะเป็นสูตรที่ปราศจากคอเลสเตอรอล
2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอริซานอลในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลซึ่งพบว่าองค์ประกอบอื่นๆ ภายในชีฟฟอนเค้กไม่มีค่าการดูดกลืนซ้อนทับกับช่วงการดูดกลืนของสารแกมมาโอริซานอล ดังนั้นวิธีการนี้น่าจะสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร และผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ อีก เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว เป็นต้น
3. ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธีที่มีปริมาณแกมมาโอริซานอลสูง 8,000 ppm (R_{8000}) ในการผลิต แต่ถ้าปรับเปลี่ยนเป็นน้ำมันรำข้าวที่ใช้ขบวนการหีบเย็นซึ่งมีปริมาณแกมมาโอริซานอลสูงอย่างน้อย 20,000 ppm จะทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณแกมมาโอริซานอลต่อหน่วยการบริโภคเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสินค้าจะมีราคาสูงขึ้นเช่นกัน
4. การศึกษาอายุการเก็บพบว่าชีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูงมีอายุการเก็บเพียง 2 วัน ดังนั้นอาจมีการปรับปรุงสูตรโดยการนำสารธรรมชาติบางอย่างที่มีคุณสมบัติในการยืดอายุการเก็บมาเป็นส่วนประกอบ เช่น น้ำมันหอมระเหย หรืออบเชย เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ใช้ตัวดูดซับออกซิเจน หรือปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มีอายุการเก็บนานขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลาก
โภชนาการ. 20 มีนาคม 2541.

กองบรรณาธิการ. 2550. คิง น้ำมันรำข้าวไทย โอรีซานอลสูง ผลผลิตข้าวไทย ก้าวไกลใน
ตลาดโลก. เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 9-12.

กองบรรณาธิการ ฐานเศรษฐกิจ. 2553. เมนูคนรักสุขภาพแรง. หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ.
ฉบับที่ 2,552. กรุงเทพฯ: 27 กรกฎาคม 2010. แหล่งที่มา:
http://www.thannews.th.com/index.php?option=com_content&view=article&id=37004,
7 สิงหาคม 2554.

คมสัน หุตะแพทย์. 2550. น้ำมันรำข้าวคุณค่าดังทอง. เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 28-36.

จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. เบเกอร์เทคโนโลยีเบื้องต้น. ภาควิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. 2549. มหัตถรรพ์ของความเป้นข้าว. ภาควิชาเภสัชเวชฯ. เภสัชศาสตร์.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. แหล่งที่มา:
<http://pcog.pharmacy.psu.ac.th/thi/Article/2549/06-2549/rice.doc>, 10 มิถุนายน 2553.

ชญานิ์ ขุนสวัสดิ์. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขัณฑ์จากลำไย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชลิดา ยอดกันสี. 2550. การพัฒนาชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลจากแป้งข้าวหอมมะลิ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูขวัญ ทรัพย์มณี. 2550ก. การพัฒนาน้ำมันรำข้าวครบวงจร คณะการแพทย์แผนตะวันออก
มหาวิทยาลัยรังสิต. เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 40-46.

ชูขวัญ ทรัพย์มณี. 2550ข. น้ำมันรำข้าวในแนวทางธรรมชาติบำบัด ศูนย์ธรรมชาติบำบัดบ๊ววี.

เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 18-21.

ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2550ก. ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากน้ำมันรำข้าว บริษัท บ้านไผ่ดิน จำกัด. เกษตรกรรม

ธรรมชาติ 4(10): 62-65.

_____. 2550ข. น้ำมันรำข้าวสกัดเย็น ไร้สารพิษจากนาอินทรีย์ เครื่องสำอางผลิตภัณฑ์ ไร้สารพิษ จ.

ลพบุรี. เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 52-57.

_____. 2550ค. รำข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ สารต้านอนุมูลอิสระสูง แปรรูปน้ำมันรำข้าว และลูกกลอน
รำข้าว ใช้รักษาโรค ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เกษตรกรรมธรรมชาติ 4(10): 13-17.

ทิพวรรณ ยืนยงค์. 2551. ความคงตัวของแกมมา-โอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิสูง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธีรพร กงบังเกิด. 2547. เทคโนโลยีเออร์เคิล. เอกสารคำสอน. แหล่งที่มา:

http://conf.agi.nu.ac.th/agmis/download/publication/120_file.pdf, 27 มิถุนายน 2553.

นพมาศ มั่นสวรากุล. 2545. การสำรวจปริมาณแกมมา-โอไรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยสาย

พันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นริศ เจนวนิธิยะ. 2545. ไตรกลีเซอไรด์สูง. ใกล้เคียง 26(11): 68-69.

นฤมล นิติมงคลชัย และ หทัยรัตน์ ริมศิริ. 2546. การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคในประเทศ
ไทยต่อการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อป้องกัน เชื้อราในผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง, น. 92-
99. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขา
อุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทยา จงใจเทศ. 2549. **กรดไขมันทรานส์**. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

แหล่งที่มา: <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=125>, 2

กรกฎาคม 2553.

นิรนาม. ม.ป.ป.ก. **น้ำมันรำข้าวกับการประกอบอาหาร**. บริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด.

แหล่งที่มา: http://www.thaiedibleoil.com/thai/product_m2.php, 6 กรกฎาคม 2553.

_____. ม.ป.ป.ช. **ไขมันในเลือด**. Siamhealth. แหล่งที่มา:

http://www.siamhealth.net/public_html/Health/good_health_living/diet/fat.htm, 29

มิถุนายน 2553.

_____. ม.ป.ป.ค. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ขนมอบ**. แหล่งที่มา:

<http://courseware.rmutl.ac.th/courses/109/unit1501.html>, 16 พฤศจิกายน 2554.

_____. 2547. **ไขมัน Tranfatty acid**. อาหารสุขภาพ. แหล่งที่มา:

http://www.siamhealth.net/public_html/Health/good_health_living/diet/trans.htm, 29

มิถุนายน 2553.

ประกิจ รอดประเสริฐ. 2521. **อันตรายที่เกิดจากไขมันในเลือดสูง**. อัมรินทร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ประชาชาติธุรกิจ. 2554. **"โอบองแปง"ตอกย้ำเบเกอร์สุขภาพ เปิดเกมรุกอาหารเช้า-เพิ่มความถี่ถึง**

ลูกค้าประจำ. กรุงเทพฯ: 7 มีนาคม 2554. หน้า 25. แหล่งที่มา:

http://www.prachachat.net/view_news.php?newsid=02mar13070354, 7 สิงหาคม 2554.

ประภัศร รักถาวร, อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์ และอุดมลักษณ์ สุขอิตตะ. 2553. การศึกษาฤทธิ์
ของสารสกัด และน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในหอยน้ำ
สาธารณะ. วารสารสำนักการแพทย์ทางเลือก 3: 23-32.

ประวิทย์ สันติวัฒนา. ม.ป.ป. **น้ำมันรำข้าว คุณค่าจากข้าว**. แหล่งที่มา:

<http://www.kingricebranoil.com/uploads/download/1249486194.pdf>, 8 กรกฎาคม 2553.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค.
พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยาริ. 2539. อาหารกึ่งแห้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะ
อุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มงคล กริชติหาษา. ม.ป.ป.ก. **มาทำความเข้าใจกับคอเลสเตอรอลกันหน่อย: ตอนที่ 2.** สารชมรม
ศาสนาและการกุศล. แหล่งที่มา:
http://www.mongkoldham.com/text%5CsanRMC_468.pdf, 22 พฤษภาคม 2553.

_____. ม.ป.ป.ก. **มาทำความเข้าใจกับคอเลสเตอรอลกันหน่อย: ตอนที่ 4.** สารชมรมศาสนาและ
การกุศล. แหล่งที่มา: http://www.mongkoldham.com/text%5CsanRMC_470.pdf, 7
กรกฎาคม 2553.

_____. ม.ป.ป.ก. **มาทำความเข้าใจกับคอเลสเตอรอลกันหน่อย: ตอนที่ 5.** สารชมรมศาสนาและ
การกุศล. แหล่งที่มา: http://www.mongkoldham.com/text%5CsanRMC_471.pdf, 7
กรกฎาคม 2553.

_____. ม.ป.ป.ก. **มาทำความเข้าใจกับคอเลสเตอรอลกันหน่อย: ตอนที่ 1.** สารชมรมศาสนาและ
การกุศล. แหล่งที่มา: http://www.mongkoldham.com/text%5CsanRMC_467.pdf, 1
กรกฎาคม 2553.

รพีพร สุทาธรรม. 2549. แนวโน้มผลิตภัณฑ์เบเกอรี่. วารสารสถาบันอาหาร 8(49): 54-59.

วรวิจิ เจริญศิริ. ม.ป.ป. **เมื่อไขมันในเลือดสูง.** ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกรุงเทพ. แหล่งที่มา:
<http://www.bangkokhealth.com/index.php/Heart/1035-เมื่อไขมันในเลือดสูง.html>, 28
กรกฎาคม 2553.

วัลลภ พรเรืองวงศ์. 2549. **สุดยอดไขมันตัวร้าย.** บ้านสุขภาพ. แหล่งที่มา:
<http://gotoknow.org/blog/health2you/29904>, 2 กรกฎาคม 2553.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ม.ป.ป.ก. ไขมันทรานส์. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/ไขมันทรานส์>, 2 กรกฎาคม 2553.

_____. ม.ป.ป.ช. คอเลสเตอรอล. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/คอเลสเตอรอล>, 1 กรกฎาคม 2553.

วินัย คะห์ลัน. 2542. โภชนาการเพื่อชีวิตที่ดีกว่า ฉบับผู้บริโภค. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. 2548. สารต้านอนุมูลอิสระ จำเป็นต่อร่างกายอย่างไร. นิตยสารหมอชาวบ้าน 316.

ศิรินทิพย์ แสงสว่าง. 2547. การยืดอายุการเก็บพาสไล้เผือกโดยใช้สารคงความชื้นและการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริวงศ์ เสน่ห์ลักษณ์. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยลดไขมันและคอเลสเตอรอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2549. ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ปี'50: เติบโตต่อเนื่อง มูลค่าตลาด 7,200 ล้านบาท. มองเศรษฐกิจ. แหล่งที่มา: <http://library.dip.go.th/multim6/edoc/16694.pdf>, 11 มิถุนายน 2553.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เค้ก. มผช. 459/2547.

สุรัตน์ โคมินทร์ และ ฌนัท กรุฑกุล. 2548. ไขมันดีคืออะไร ไขมันเลวได้อย่างไร เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโภชนาการ 48 เรื่อง การเผชิญความท้าทายด้านอาหารและโภชนาการเพื่อสุขภาพที่ดี. แหล่งที่มา http://www.chiromedbangkok.com/th/article2/article_id.php?article_id=18-fat-cholesterol, 2 กรกฎาคม 2553.

สุรินทร์ อัสวาทิทธิพิทย์. ม.ป.ป. **ภาวะไขมันในเลือดสูง**. แหล่งที่มา:

http://www.chulalongkornhospital.go.th/unit/ipdchula/ipdchula/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=55, 21 กรกฎาคม 2553.

หทัยรัตน์ ริมศิริ, เพ็ญขวัญ ชมปริดา และอนวัตร แจ่มชัด. 2546. ทักษะคิดและพฤติกรรมของผู้บริโภคในการพิจารณา 'วันหมดอายุ' ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร, น. 571-575. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์. 2551. **"ไขมันทรานส์" อันตรายใกล้ตัว**. แหล่งที่มา:

<http://www.thaihealth.or.th/node/4946>, 26 มิถุนายน 2553.

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ. 2553. **เลย์ ห่วงใยสุขภาพผู้บริโภค**. ไทยรัฐออนไลน์. แหล่งที่มา:

<http://www.thairath.co.th/content/life/100456>, 11 สิงหาคม 2553.

อภิษฐา ช่างสุวรรณ. 2548. **อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร**. แหล่งที่มา:

http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_1_2548_aflatoxin.pdf, 16 พฤศจิกายน 2554.

อรุณศรี ปรีเปรม, ผดุงขวัญ จิตโรภาส และ บังอร ศรีพานิชกุลชัย. 2548. **รำข้าวที่มีคุณภาพ: คุณค่าต่อสุขภาพ**. วารสารศูนย์บริการวิชาการ 13(3): 4-9.

อุดมลักษณ์ สุขอัครตะ, วิชัย หฤทัยธนาสันต์ และ อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์. 2548. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ, น. 634-640. ใน **รายงานประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 (สาขาสัตว สาขาอุตสาหกรรมเกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alvarez-Castellanos, P. P., C. D. Bishop and M. J. Pascual-Villalobos. 2001. Antifungal activity of the essential oil of flowerheads of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium*) against agricultural pathogens. **Phytochemistry** 57(1): 99-102.

Anonymous. n.d.a. **Compare the health benefits of Rice Bran Oil to other cooking oils.**

Compare oils. Available Source: <http://www.californiariceoil.com/nutrition.htm>, 6 July, 2010.

_____. n.d.b. **Phytosterols.** Technology and Products. Available Source:

<http://www.forbesmedi.com/s/Phytosterols.asp>, 8 July, 2010.

AOAC. 2006. **Official Methods of Analysis**, 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Maryland, U.S.A.

Barrett, A.H., A.V. Cardello, L. mair, P. Maguire, L.L. Leshner, 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.

Bucci, R., A.D. Magri, A.L. Magri and F. Marini. 2003. Comparison of three spectrophotometric methods for the determination of γ -oryzanol in rice bran oil. **Anal Bioanal Chem.** 375(8): 1254–1259.

Cadot, Y., S. Caillé, A. Samson, G. Barbeau and V. Cheynier. 2010. Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment. **Analytica Chimica Acta** 660: 53–62.

Cooper, D.R. and P.S. Schindler. 1998. **Business Research Methods**. 6th ed. Irwin McGraw-Hill, Singapore.

- Ehaval, H. 2009. **Food safety risk management in bakeries**. Available Source: <http://newananas.vtt.fi/virtual/safoodnet/tallinn/15ehaval.pdf>, 20 July, 2010.
- Graf, E. 1992. Antioxidant potential of ferulic acid. **Free Radic Biol Med** 13(4): 435-448.
- Ho, C. T. and T. G. Hartman. 1994. **Lipids in Food Flavors**. An American Chemical Society Publication, Washington D.C.
- Hutchinson, J. 2008. **Reaction Half-life**. General Chemistry. Available Source: http://www.vias.org/genchem/reaction_rates_12728_04.html, 24 June, 2010.
- Ishihara, M., Y. Ito, T. Nakakita, T. Maehama, S. Hieda, K. Yamamoto and N. Ueno. 1982. Clinical effect of gamma-oryzanol on climacteric disturbance -on serum lipid peroxides. **Nippon Sanka Fujinka Gakkai Zasshi** 34(2): 243-251.
- Juliano, C., M. Cossu, M.C. Alamanni and L. Piu. 2005. Antioxidant activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. **International Journal of Pharmaceutics** 299(1-2): 146-154.
- Kaewkool, P. 2010. Characterization of cold pressed organic Jasmine rice bran oil. **Food Innovation Asia Conference 2010**: 676-681.
- Khuwijitjaru, P., T. Yuenyong, R. Pongsawatmanit and S. Adachi. 2009. Degradation kinetics of gamma-oryzanol in antioxidant-stripped rice bran oil during thermal oxidation. **J. Oleo Sci.** 58(10): 491-497.
- Leistner, L. and G. W. Gould. 2002. **Hurdle Technologies: Combination Treatment for Food Stability, Safety and Quality**. Kluwer Academic, New York.

- Matan, N. 2006. **Utilization of cinnamon oil and clove oil as antifungal agents in active packaging for intermediate moisture food products.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University.
- Park, KH. 1976. **Elucidation of Extrusion Puffing Process.** Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Qureshi, A.A., D.M. Peterson, J.O. Hasler-Rapacz and J. Rapacz. 2001. Novel Tocotrienols of Rice Bran Suppress Cholesterogenesis in Hereditary Hypercholesterolemic Swine. **J. Nutr.** 131: 223-230.
- Ramírez-Jiménez, A., B. García-Villanova and E. Guerra-Hernández. 2000. Hydroxymethylfurfural and methylfurfural content of selected bakery products. **Food Research International** 33: 833-838.
- Resurreccion, V.A. 1998. **Consumer Sensory Survey for Product Development.** The University of Georgia, USA.
- Rozner, S. and N. Garti. 2006. The activity and absorption relationship of cholesterol and phytosterols. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects** 282–283: 435–456.
- Schraidt, M. 2009. Appendix L: Penalty Analysis or Mean Drop Analysis. **ASTM Manuals MNL63**, ASTM International, Chicago.
- Sciencelab. 2010. **Gamma-Oryzanol MSDS.** Material Safety Data Sheet. Available Source: <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9926341>, 1 November, 2011.
- Seetharamaiah, G.S. and N. Chandrasekhara. 1989. Studies on hypocholesterolemic activity of rice bran oil. **Atherosclerosis** 78(2): 219-223.

Smith, J. P., D. P. Daifas, W. El-Khoury, J. Koukoutsis and A. El-Khoury. 2004. Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products—A Review. **Food Science and Nutrition** 44(1): 19-55.

Suhr, K. I. and P.V. Nielsen. 2004. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. **International Journal of Food Microbiology** 95: 67–78.

Suputtha Jitkasemsuk and Kasem Soyong. 2002. Testing of rice bran oil for the control of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* causing fusarium wilt of tomato, pp. 696. In Extended abstracts. **Congress on Science and Technology of Thailand 28th**. Bangkok (Thailand), Bangkok.

Xu, Z. and J.S. Godber. 1999. Purification and Identification of Components of γ -Oryzanol in Rice Bran Oil. **J. Agric. Food Chem.** 47: 2724-2728.



ภาคผนวก



การอภิปรายแบบกลุ่มของผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว ชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

1. การแนะนำ (10 นาที)

1.1 Moderator's introduction

Moderator กล่าวถึงเป้าหมาย และรายละเอียดในการทำ Focus group รวมทั้งอธิบายให้ผู้ร่วมกลุ่มเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ที่ต้องทำ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวมแนวความคิดของผู้บริโภคเกี่ยวกับด้านพฤติกรรมการบริโภค, การซื้อ และทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กกลดคอเลสเทอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสอบถามสำหรับทดสอบผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อไป

1.3 แจกจ่ายรายละเอียด

- แจกแก่ผู้ร่วมกลุ่มว่า มีการบันทึกเทป และขอให้พูดเสียงดังฟังชัด
- ขอให้บอกชื่อในแต่ละครั้งในการพูด
- กรุณาย้ำพูดแทรกขณะที่ผู้อื่นกำลังแสดงให้ความคิดเห็น
- หลีกเลี่ยงการพูดคุยกันเองระหว่างผู้ร่วมกลุ่ม

1.4 การแนะนำตัว

- ชื่อ- นามสกุล และชื่อเล่น
- สถานที่ทำงาน และตำแหน่ง
- งานอดิเรก

2. การสอบถามเบื้องต้น (10 นาที)

ขั้นตอนนี้เป็นกรอกรายเกี่ยวกับเรื่องทั่วไป โดยเนื้อหาควรครอบคลุมหัวข้อของคำถาม เช่น พฤติกรรมในการบริโภค และการปฏิบัติในการบริโภค

3. สอบถามอย่างละเอียด (In – depth Investigation) (50 นาที)

เป็นการสอบถามอย่างละเอียด ซึ่งจะเจาะลึกถึงหัวข้อที่ต้องการศึกษา

4. สรุป (Closure) (5 นาที)

- กล่าวปิดการทำ focus group
- กล่าวขอบคุณผู้ร่วมกลุ่ม
- แจกของที่ระลึก

ขั้นตอนการดำเนินงาน Focus group

กล่าวนำ

สวัสดีค่ะ ดิฉัน นางสาวพัชรี กิตติไมตรี จะเป็นผู้นำการอภิปรายแบบ Focus group discussion โดยขั้นแรกจะขออธิบายเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ก่อนค่ะ

รายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาแบบ Focus group discussion

ในการอภิปรายแบบ focus group discussion มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับพฤติกรรม ทักษะคิด ความคิดเห็น และความต้องการเกี่ยวกับหัวข้อที่เราสนใจ โดยในการอภิปรายในวันนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก และผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กกลดคอเลสเตอรอล ที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสอบถามสำหรับทดสอบผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อไป

โดยดิฉันจะเป็นผู้ถามคำถามให้ทุกท่านตอบ ซึ่งแต่ละคนสามารถตอบได้ตามความคิดของคุณ จะไม่มีการตอบผิดหรือถูกใดๆ ทั้งสิ้น คุณสามารถพูดอะไรก็ได้ ที่เป็นมุมมองของคุณ และถ้ามีความคิดเห็นอย่างไรสามารถออกความคิดเห็นทั้งเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการอภิปรายในครั้งนี้

ชี้แจงเกณฑ์การทำ Focus group discussion

1. ในการอภิปรายจะมีการบันทึกข้อมูลระหว่างการอภิปราย เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินงาน ซึ่งเทปนี้จะใช้ในการเตรียมรายงาน และจะไม่มีการอ้างชื่อของคุณในรายงาน
2. กรุณาพูดเสียงดังเพื่อให้ทุกคนได้ยินเสียงอย่างชัดเจน
 - เมื่อคุณต้องการพูด หรือแสดงความคิดเห็น กรุณายกมือขึ้น กรุณาอย่าพูดแทรกขึ้นมาขณะคนอื่นกำลังแสดงความคิดเห็น
 - เมื่อต้องการพูด หรือแสดงความคิดเห็น หรือถามคำถามใดๆ กรุณาบอกชื่อของคุณก่อนทุกครั้ง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. แนะนำตัว

“พวกเราจะทำความรู้จักกัน โดยการแนะนำตัว เพื่อสร้างความสัมพันธ์และคุ้นเคยกัน ช่วยบอกชื่อของแต่ละท่านแก่ผู้เข้าร่วมอภิปรายด้วยค่ะ ได้แก่ ชื่อ นามสกุล ชื่อเล่น

คำอธิบาย

ชิฟฟอนเค้ก เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่ เนื่องจากมีโครงสร้างที่ละเอียด คล้ายเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาคล้ายเค้กเนย แต่ชิฟฟอนเค้กจะต่างจากเค้กเนยตรงที่ชิฟฟอนเค้ก จะใช้น้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบ แต่เค้กเนยจะใช้เนยหรือมาการีนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งการใช้ น้ำมันพืชจะส่งผลให้ปริมาณไขมันอิ่มตัวลดน้อยลงกว่าการใช้เนยหรือมาการีน ทำให้ลดความเสี่ยง ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดตีบ และ โรคอื่นๆ ที่จะตามมาได้ แต่อย่างไรก็ตามในน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคมากที่สุดในปัจจุบัน ยังคงมีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงเทียบเท่ากับไขมันสัตว์ ในขณะที่หากใช้น้ำมันรำข้าวซึ่งสามารถผลิตได้เองในประเทศไทย จะมีปริมาณ ไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า และยังได้คุณค่าของสารแกมมาโอริซานอล ซึ่งเป็นสารที่มีเฉพาะในน้ำมันรำข้าว มีคุณสมบัติช่วยในการต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับวิตามินอี ที่อยู่ในน้ำมันพืชชนิดอื่น แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า 6 เท่า นอกจากนี้ ยังช่วยลดคอเลสเตอรอลที่ร่างกายไม่ต้องการ และชะลอ ความเสื่อมของเซลล์อันเป็นสาเหตุของมะเร็งอีกด้วย ดังนั้น การศึกษาเรื่องผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก ลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอริซานอลสูง จึงเป็นแนวทางในการ เพิ่มการใช้ประโยชน์จากน้ำมันรำข้าว และนำคุณค่าจากสารแกมมาโอริซานอลมาใช้ให้เกิด ประโยชน์มากที่สุด

2. การสอบถามเบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชิฟฟอน

คำถามเกี่ยวกับข้อมูลการบริโภคผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก

- 2.1 ท่านเคยรับประทานชิฟฟอนเค้กยี่ห้อ หรือร้านใดบ้าง
- 2.2 ท่านรับประทานชิฟฟอนเค้กบ่อยเพียงใด (ความถี่ในการบริโภค)
- 2.3 ส่วนใหญ่ท่านนิยมรับประทานชิฟฟอนเค้กในช่วงเวลาใด
- 2.4 ชิฟฟอนเค้กที่ท่านรับประทานมีรูปร่างอย่างไร

2.5 น้ำหนักสุทธรวม (กรัม) ที่ท่านรับประทานชิฟฟอนเค้กดังกล่าวต่อครั้ง ประมาณเท่าไร (มีตัวอย่างชิฟฟอนให้ดู โดยชิฟฟอนเค้กสามเหลี่ยมประกบคู่ 1 ชิ้นหนักประมาณ 60 กรัม, ชิฟฟอนเค้ก ½ ปอนด์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วหนักประมาณ 200 กรัม)

2.6 เหตุผลในการเลือกซื้อหรือบริโภคชิฟฟอนเค้กของท่านคืออะไร

2.7 ท่านนิยมเลือกซื้อชิฟฟอนเค้กจากสถานที่ใด และเพราะเหตุใด

2.8 ชิฟฟอนเค้กที่ท่านรับประทานมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นอย่างไร

2.9 โดยปกติท่านเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กอย่างไร และเก็บเป็นเวลานานเท่าไร

3. In-depth Investigation (50 นาที)

คำถามเกี่ยวกับข้อมูลความต้องการผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

3.1 ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพหรือไม่ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใด เช่น เค้ก, พาย, ขนมปัง (กรุณาระบุยี่ห้อ และร้านค้าที่ซื้อ)

3.2 ปัจจัยใดบ้างที่ท่านใช้ในการพิจารณาการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ

3.3 ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพหรือไม่ (กรุณาระบุยี่ห้อ และร้านค้าที่ซื้อ)

3.4 ปัญหาที่ท่านพบจากการซื้อหรือบริโภคชิฟฟอนเค้กของท่านมีอะไรบ้าง

3.5 ท่านต้องการให้พัฒนา/ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก อย่างไรบ้าง

3.6 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ ที่ท่านต้องการเป็นอย่างไร (ความเบา ความนุ่ม ความร่วน ความแน่นเนื้อ)

3.7 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ในการที่จะพัฒนาชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ โดยการใช้น้ำมันรำข้าวที่มีเกมมาโอรีซานอลสูงเป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยในการลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด แทนการใช้น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

3.8 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง เหมาะกับผู้บริโภคช่วงอายุ หรือวัยใดบ้าง

3.9 ท่านต้องการให้ชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง มีกลิ่นรสใดบ้าง

3.10 ท่านต้องการให้ซิฟโฟนเล็กเพื่อสุขภาพมีรูปร่างอย่างไร เช่น วงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม และใช้บรรจุภัณฑ์แบบใด (รูปร่างกล่อง และวัสดุที่ทำบรรจุภัณฑ์ เช่น กระดาษ, พลาสติก, กระดาษฟอยล์ เป็นต้น)

3.11 ท่านคิดว่าปริมาณในการบริโภคซิฟโฟนเล็กเพื่อสุขภาพ ในแต่ละครั้งควรเป็นเท่าใด (โปรตีนหรือน้ำหนักสุทธิ (กรัม))

3.12 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซิฟโฟนเล็กกลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ควรเก็บในสภาวะใด เช่น วางที่อุณหภูมิห้อง หรือเก็บในตู้เย็น และคาดหวังว่าควรเก็บได้นานเท่าไร

3.13 หากมีการแตงหน้าซิฟโฟนเล็กกลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง เพื่อให้ผู้มีสิทธิและนำรับประทานมากขึ้น ท่านคิดว่าควรใช้สิ่งใดในการตกแต่งบ้าง และตกแต่งในลักษณะใด เช่น ด้านบน, ระหว่างกลาง, ด้านข้าง ของซิฟโฟน เป็นต้น

3.14 ในความคิดเห็นของท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซิฟโฟนเล็กกลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ควรมีราคาต่อชิ้นเท่าไร

3.15 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซิฟโฟนเล็กกลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ควรมีการจัดจำหน่ายที่ใด

4. Closure (5 นาที)

- ก่อนที่จะจบการอภิปรายในครั้งนี้ท่านใดมีข้อเสนอแนะ หรือข้อสงสัยอื่นๆ เพิ่มเติมหรือไม่
- สุดท้ายนี้ ดิฉันขอขอบคุณทุกท่านที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการอภิปรายครั้งนี้ เป็นอย่างดี
- กรุณารับของที่ระลึกเพื่อเป็นการตอบแทน

แบบสอบถาม

การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อ

ผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอรีซานอลสูง

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือตอบแบบสอบถามเพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอรีซานอลสูง

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอรีซานอลสูง เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวพัชร กิตติไมตรี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมา จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

คำอธิบาย

- ชีฟฟอนเค้ก (Chiffon-Type Cakes) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่ เนื่องจากมีโครงสร้างที่ละเอียดคล้ายเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาคล้ายเค้กเนย แต่ชีฟฟอนเค้กจะต่างจากเค้กเนยตรงที่ชีฟฟอนเค้กจะใช้น้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบแต่เค้กเนยจะใช้เนยหรือ มาการีนเป็นส่วนประกอบ
- แกมมาโอรีซานอล (gamma-oryzanol) เป็นสารธรรมชาติที่พบได้ในรำข้าวทุกชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดคอเลสเตอรอล และช่วยลดความเสี่ยงของเซลล์อันเป็นสาเหตุของมะเร็ง

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยม ☐ หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ หญิง

☐ ชาย

2. อายุ

☐ 15-24 ปี

☐ 25-35 ปี

☐ 36-45 ปี

☐ 46-55 ปี

☐ 56-65 ปี

3. การศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

☐ มัธยมศึกษา

☐ อนุปริญญาตรี (ปวช./ปวส.)

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา

☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

☐ พนักงานบริษัทเอกชน

☐ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

☐ แม่บ้าน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

5. รายได้ต่อเดือนของท่าน

☐ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท

☐ 5,001-10,000 บาท

☐ 10,001-20,000 บาท

☐ 20,001-30,000 บาท

☐ มากกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการซื้อขายและการบริโภคผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้ก

6. ท่านเคยรับประทานซีฟฟอนเค้กยี่ห้อ หรือร้านใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | | |
|---|---|--|
| ☐ ร้านยามาซากิ | ☐ ร้านกาโตว์เฮาส์ | ☐ ร้านปุ๊กอะเอะ |
| ☐ ร้าน S&P | ☐ ท็อปส์ / เดอะมอลล์ | ☐ ร้านวิกตอรีเบเกอรี่ |
| ☐ คาร์ฟูร์ | ☐ เลอแปง | |
| ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) | | |

7. ท่านรับประทานซีฟฟอนเค้กบ่อยเพียงใด (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

- | | |
|--|--|
| ☐ มากกว่า 1 ครั้ง / เดือน | ☐ 1 ครั้ง / เดือน |
| ☐ 2-3 เดือน / ครั้ง | ☐ นานกว่า 4 เดือน / ครั้ง |
| ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) | |

8. ส่วนใหญ่ท่านนิยมนับรับประทานซีฟฟอนเค้กในช่วงเวลาใด (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

- | | |
|---|---|
| ☐ อาหารเช้า | ☐ อาหารว่างระหว่างมื้อ |
| ☐ หลังรับประทานอาหาร | ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) |

9. ซีฟฟอนเค้กที่ท่านรับประทานมีรูปร่างอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|
| ☐ สามเหลี่ยม | ☐ สี่เหลี่ยม | ☐ วงกลม |
| ☐ ม้วนโรล | ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) | |

10. โดยปกติท่านเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กอย่างไร และเก็บเป็นเวลานานเท่าไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

- | |
|---|
| ☐ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้ไม่เกิน 2-3 วัน |
| ☐ เก็บในตู้เย็น เก็บได้ไม่เกิน 2-3 วัน |
| ☐ เก็บในตู้เย็น เก็บได้ 1 สัปดาห์ |
| ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) |

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

11. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ พายผักโขม ☐ ขนมปังโฮลวีท ☐ ลูกเกี้ยวหรือเค้กลูกพ룬
☐ ชีสพายทำจากโยเกิร์ต ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

12. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กคอกเทลเตอรอลหรือไม่

- ☐ ไม่เคย ☐ เคย (โปรดระบุ ยี่ห้อ / สถานที่ซื้อ)

13. ท่านให้ความสำคัญกับปัจจัยดังต่อไปนี้อย่างไรบ้าง ในการพิจารณาการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ

ปัจจัย	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ลักษณะปรากฏ (เช่น โพรงอากาศ, สี)					
กลิ่นรส (เช่น ใบดีด วนิดา ส้ม)					
รสชาติ (ความอร่อย)					
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)					
ความสดใหม่					
คุณค่าทางโภชนาการ					
ปริมาณคอเลสเตอรอล (คอเลสเตอรอลต่ำ)					
ราคา					
ชนิดบรรจุภัณฑ์ (เช่น ซองพลาสติก, กล่องพลาสติก, กล่องกระดาษ เป็นต้น)					
อายุการเก็บ (เก็บไว้รับประทานได้หลายวัน)					
สถานที่จัดจำหน่าย (เช่น ห้างสรรพ-สินค้า, ซูเปอร์มาร์เก็ต, ร้านสะดวกซื้อ)					
การส่งเสริมการตลาด (เช่น ลด, แลก, แจก, แคม, การโฆษณา)					

14. ท่านพบปัญหาจากการบริโภคชิฟฟอนเค้กหรือไม่ อย่างไร

☐ ไม่พบปัญหา

☐ พบปัญหา ได้แก่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ราคาแพง

☐ เนื้อเค้กแห้งและแข็ง

☐ รสชาติเดิมๆ

☐ เนื้อเค้กชุ่มเกินไป

☐ เลี่ยน

☐ ปริมาณไขมัน/คอเลสเตอรอลสูง

☐ เสียหาย / เก็บรักษาได้ไม่นาน

☐ คุณค่าทางโภชนาการน้อย

☐ อื่นๆ.....

15. ท่านต้องการให้พัฒนา/ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้ก อย่างไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียด

☐ รสชาติไม่หวานมาก

☐ ลดปริมาณไขมันอิ่มตัว

☐ ลดปริมาณคอเลสเตอรอล

☐ เก็บรักษาได้นานขึ้น

☐ เพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์

☐ อื่นๆ.....

16. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรในการที่จะพัฒนาชิฟฟอนเค้กเพื่อสุขภาพ โดยการใช้ไขมันรำข้าวซึ่งมีสารธรรมชาติ เรียกว่า แกมมาโอริซานอล มีคุณสมบัติช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ ลดคอเลสเตอรอล ชะลอความเสื่อมของเซลล์อันเป็นสาเหตุของมะเร็ง และมีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์อื่นๆ เช่น วิตามินอี วิตามินบี เบต้าแคโรทีน เลซิติน เป็นต้น เป็นส่วนประกอบ แทนการใช้ไขมันปาล์ม หรือน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นพิษในปัจุบัน

☐ สนใจ

☐ ไม่สนใจ เพราะ.....

17. ท่านต้องการให้กลิ่นรสของชิฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิด แกมมาโอริซานอลสูงมีกลิ่นรสใด (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ วานิลลา

☐ ใบเตย

☐ กาแฟ

☐ ช็อกโกแลต

☐ นม

☐ ส้ม

☐ สตรอเบอร์รี่

☐ มะพร้าว

☐ รสธรรมชาติ

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

18. ท่านต้องการให้ซีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอริชานอลสูงมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นอย่างไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ เนื้อแน่น

☐ นุ่มเบา

☐ นุ่มละเอียด

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

19. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอริชานอลสูง มีขนาดบรรจุเท่าไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ 60-70 กรัม

☐ 100-120 กรัม

☐ 200-250 กรัม

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

20. จากคำตอบที่ท่านเลือกในข้อ 19 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอริชานอลสูงควรมีรูปร่างอย่างไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ สี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้น

☐ สี่เหลี่ยม

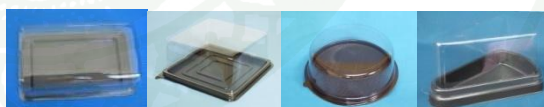
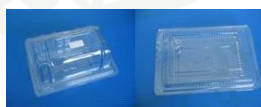
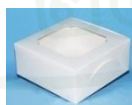
☐ สามเหลี่ยม

☐ ม้วนโรต

☐ วงกลม

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

21. จากคำตอบที่ท่านเลือกในข้อ 20 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอริชานอลสูงควรมีลักษณะบรรจุภัณฑ์แบบใด (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ กล่องพลาสติกฝาเปิดใสมีฐาน

☐ กล่องพลาสติกใสพับมีแกน

☐ กล่องกระดาษ

☐ ถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์มีฝาปิด

☐ ห่อกระดาษ

☐ ห่อพลาสติกใส

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

22. จากคำตอบที่ท่านเลือกในข้อ 19 ถึง 21 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ควรมีราคาประมาณเท่าไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ 25-35 บาท

☐ 36-45 บาท

☐ 46-55 บาท

☐ 56-70 บาท

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

23. ท่านคิดว่าซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ควรมีสถานะการเก็บแบบใด (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ วางที่อุณหภูมิห้อง

☐ แช่เย็นในตู้เย็น

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

24. จากสถานะการเก็บที่ท่านเลือกในข้อ 23 ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงมีอายุการเก็บรักษานานเท่าไร (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

☐ 2-3 วัน

☐ 4-5 วัน

☐ 6-7 วัน

☐ > 1 สัปดาห์

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

25. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอคอเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง ท่านคิดว่าควรมีการจัดจำหน่ายที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ร้านเบเกอรี่

☐ ร้านอาหารเพื่อสุขภาพ

☐ ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์

☐ ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-11

☐ ห้างค้าปลีกขนาดใหญ่ เช่น โลตัส บิ๊กซี

☐ ตลาดสด

☐ ห้างสรรพสินค้า เช่น เดอะมอลล์ เซ็นทรัล

☐ ร้านกาแฟ

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้

แบบสอบถามการทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง แบบทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ซีฟอนแก้ลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของ น.ส. พัชรี กิตติไมตรี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมา จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ หญิง

☐ ชาย

2. อายุ

☐ 25-30 ปี

☐ 31-35 ปี

☐ 36-40 ปี

☐ 41-45 ปี

☐ 46-50 ปี

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

3. การศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

☐ มัธยมศึกษา

☐ อนุปริญญาตรี (ปวช./ปวส.)

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา

☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

☐ พนักงานบริษัทเอกชน

☐ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

☐ แม่บ้าน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ

5. รายได้ต่อเดือนของท่าน

☐ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท

☐ 5,001-10,000 บาท

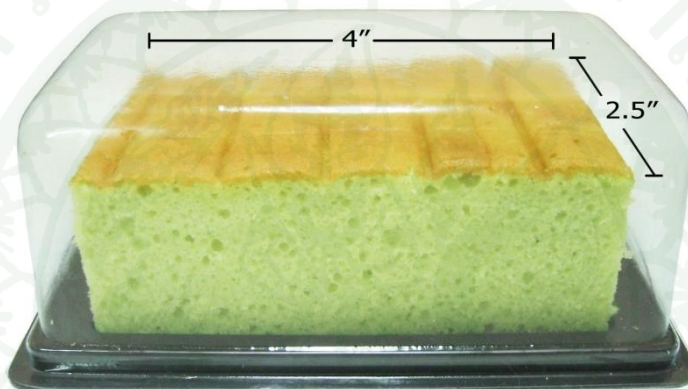
☐ 10,001-20,000 บาท

☐ 20,001-30,000 บาท

☐ มากกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยม ☐ หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

“ผลิตภัณฑ์ฟองเค้กคอกเทลเตอรอล กลิ่นรสใบเตย สดใหม่ มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสนุ่มละเอียดผลิตจากวัตถุดิบคุณภาพ และใช้น้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอริซานอลสูงซึ่งมีส่วนช่วยในการลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือดได้ ขนาดบรรจุ 100-120 กรัม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าสไลด์ขึ้นบรรจุในกล่องพลาสติกฝาเปิดใสมิฐาน ราคา 35 บาท เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 25-50 ปี หรือผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ ”



- เมื่อท่านอ่านแนวความคิดผลิตภัณฑ์นี้แล้ว ท่านเข้าใจหรือไม่
☐ เข้าใจ ☐ ไม่เข้าใจ
 เพราะ.....
- ท่านเห็นด้วยหรือไม่กับแนวความคิดผลิตภัณฑ์นี้
☐ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วยเพราะ.....
- ท่านต้องการให้ปรับปรุงแนวความคิดผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่ อย่างไร
☐ ไม่ต้องปรับปรุง ☐ ปรับปรุง โปรดระบุ.....
- ถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้วางจำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่
☐ ซื้อ ☐ ไม่ซื้อ โปรดระบุเหตุผล.....

5. กรณีถ้าท่านซื้อผลิตภัณฑ์นี้ ท่านคิดว่าจะซื้อบ่อยแค่ไหน (กรณีตอบไม่ซื้อในข้อ 4 กรุณาข้ามข้อนี้ไป)

- ☐ มากกว่า 1 ครั้ง / เดือน ☐ 1 ครั้ง / เดือน ☐ 2-3 เดือน / ครั้ง
☐ นานกว่า 4 เดือน / ครั้ง ☐ อื่นๆ โปรดระบุ

6. กรณีถ้าท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้ ท่านคิดว่าจะบริโภค / ซื้อเนื่องในโอกาสใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) (กรณีตอบไม่ซื้อในข้อ 4 กรุณาข้ามข้อนี้ไป)

- ☐ รับประทานเอง ☐ ของขวัญในโอกาสต่างๆ ☐ ของฝาก
☐ สำหรับเยี่ยมผู้ป่วย ☐ อื่นๆ โปรดระบุ

7. หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ท่านต้องการให้สามารถซื้อได้ที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) (กรณีตอบไม่ซื้อในข้อ 4 กรุณาข้ามข้อนี้ไป)

- ☐ ร้านเบเกอรี่ ☐ ร้านอาหารเพื่อสุขภาพ
☐ ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์ ☐ ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-11
☐ ห้างค้าปลีกขนาดใหญ่ เช่น โลตัส บิ๊กซี ☐ ตลาดสด
☐ ห้างสรรพสินค้า เช่น เดอะมอลล์ เซ็นทรัล ☐ ร้านกาแฟ
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

8. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ควรมีสถานะการเก็บแบบใด และเก็บได้กี่วัน

- ☐ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 2-3 วัน ☐ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 4-5 วัน
☐ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เก็บได้นาน 6-7 วัน ☐ เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 2-3 วัน
☐ เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 4-5 วัน ☐ เก็บในตู้เย็น เก็บได้นาน 6-7 วัน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ

9. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์นี้มีราคาเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

- ☐ เหมาะสม
☐ ไม่เหมาะสม (โปรดระบุเหตุผลและราคาที่ท่านคิดว่าเหมาะสม)

ข้อเสนอแนะ.....

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบและความพอดี
ในการศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำมันรำข้าวและลดปริมาณไข่แดงในผลิตภัณฑ์ฟอนเค้ก

ชื่อผู้ทดสอบ : _____

วันที่: _____

ผลิตภัณฑ์ : ซิฟฟอนเค้ก รสใบเตย

รหัสตัวอย่าง :

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ให้ตรงกับความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1. ท่านมีความชอบต่อ “ลักษณะปรากฏ” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

[illegible]

2. ท่านมีความชอบต่อ “กลิ่นรสบทแยง” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

[illegible]

ความพอดีของ “กลินรสบเตย” ผลลัพธ์เป็นอย่างไร น้อยเกินไป พอดี มากเกินไป

3. ท่านมีความชอบต่อ “ความนุ่ม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

[illegible]

ความพอดีของ “ความนุ่ม” ผลักดันให้เป็นอย่างไร

4. ท่านมีความชอบต่อ “ความชุ่มของเนื้อเค็ก” อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ความพอดีของ “ความชุ่มของเนื้อเค็ก” เป็นอย่างไร น้อยเกินไป พอดี มากเกินไป

☐ ☐ ☐

5. ท่านมีความชอบต่อ “เนื้อสัมผัสโดยรวม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. ท่านมีความชอบต่อ “ความชอบโดยรวม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบ
ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กคอกเทลเตอร์รอลที่มีส่วนผสมของ
น้ำมันรำข้าวชนิดแกลมมาโอรีซานอลสูง

ชื่อผู้ทดสอบ : _____

วันที่ : _____

ผลิตภัณฑ์ : ซีฟฟอนเค้ก รสใบเตย

รหัสตัวอย่าง : _____

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ให้ตรงกับความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1. ท่านมีความชอบต่อ “ลักษณะปรากฏ” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2. ท่านมีความชอบต่อ “สี” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. ท่านมีความชอบต่อ “กลิ่นใบเตย” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. ท่านมีความชอบต่อ “กลิ่นรสใบเตย” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. ท่านมีความชอบต่อ “รสชาติ” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. ท่านมีความชอบต่อ “ความนุ่ม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. ท่านมีความชอบต่อ “ความชุ่มของเนื้อเค้ก” อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

8. ท่านมีความชอบต่อ “ความหวาน” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

9. ท่านมีความชอบต่อ “เนื้อสัมผัสโดยรวม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

10. ท่านมีความชอบต่อ “ความชอบโดยรวม” ของผลิตภัณฑ์อย่างไร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ข้อเสนอแนะ.....
.....

**แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อ
ผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอกเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง**

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือตอบแบบสอบถามเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอกเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค็กคอกเลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวพัชรี กิตติไมตรี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมา จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ
พัชรี กิตติไมตรี
ผู้วิจัย

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยม ☐ หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ หญิง

☐ ชาย

2. อายุ

☐ 25-30 ปี

☐ 31-35 ปี

☐ 36-40 ปี

☐ 41-45 ปี

☐ 46-50 ปี

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ

3. การศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

☐ มัธยมศึกษา

☐ อนุปริญญาตรี (ปวช./ปวส.)

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษาปริญญาตรี/โท/เอก (โปรดระบุ

☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ/พนักงานราชการ/พนักงานมหาวิทยาลัย

☐ พนักงานบริษัทเอกชน

☐ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

☐ แม่บ้าน/พ่อบ้าน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ

5. รายได้ต่อเดือนของท่าน

☐ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท

☐ 5,001-10,000 บาท

☐ 10,001-20,000 บาท

☐ 20,001-30,000 บาท

☐ มากกว่า 30,000 บาท

มีต่อส่วนที่ 2

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้ก

6. กรุณาทดสอบตัวอย่าง โดยดูรูปแบบบรรจุภัณฑ์และรูปแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งแนบไปกับแบบสอบถาม แล้วให้คะแนนความชอบลงในช่องตามความรู้สึก โดยทำเครื่องหมาย ✓ จากนั้นชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในปัจจัยด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นใบเตย, รสชาติ, ความนุ่ม, เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ (โปรดดูรูปที่แนบมา)									
รูปแบบผลิตภัณฑ์ (โปรดดูรูปที่แนบมา)									
ลักษณะปรากฏ									
กลิ่นใบเตย									
รสชาติ									
ความนุ่ม									
เนื้อสัมผัสโดยรวม									
<u>ความชอบโดยรวม</u>									

7. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ ซีฟอนเค้กนี้หรือไม่

- ☐ ยอมรับ เพราะ.....
- ☐ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

8. ถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายในท้องตลาด ราคา 30 บาท ขนาด 100 กรัม (ขนาดเท่ากับรูปภาพที่ท่านเห็น) ท่านจะซื้อหรือไม่

- ☐ ซื้อ เพราะ.....
- ☐ ไม่ซื้อ เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ.....

มีต่อส่วนที่ 3

ส่วนที่ 3 กรุณาอ่านคำอธิบายดังต่อไปนี้

“ผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กที่ท่านได้ทำการทดสอบไปแล้วนั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่าสูตรทั่วไปในท้องตลาด และผลิตโดยใช้น้ำมันรำข้าวที่มีสารธรรมชาติเรียกว่า แกมมาโอไรซานอล ในปริมาณสูง หรือมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลอย่างน้อย 150 มิลลิกรัม ต่อซีฟฟอนเค้ก 100 กรัม ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ, ชะลอความเสื่อมของเซลล์อันเป็นสาเหตุของมะเร็ง และลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้ โดยมีงานวิจัยสนับสนุนแล้วว่าหากบริโภคสารแกมมาโอไรซานอล 300 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 ถึง 8 สัปดาห์ จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้”

9. หลังจากที่ท่านได้ทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง ดังคำอธิบายข้างต้นแล้ว โปรดให้คะแนนความชอบโดยรวมของซีฟฟอนเค้กซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูงที่ท่านได้ทดสอบไปแล้วอีกครั้ง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ความชอบโดยรวม									

10. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ ซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง นี้หรือไม่

☐ ยอมรับ เพราะ.....

☐ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

11. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ ซีฟฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดแกมมาโอไรซานอลสูง ราคา 30 บาท ขนาด 100 กรัม (ขนาดเท่ากับรูปภาพที่ท่านเห็น) ท่านจะซื้อหรือไม่

☐ ซื้อ เพราะ.....

☐ ไม่ซื้อ เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ.....



การหาสัดส่วนของประชากรเพื่อกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การหาสัดส่วนของประชากร (p) เพื่อกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่เคยรับประทานผลิตภัณฑ์ชิฟฟอน และมีอายุ 15-65 ปี จำนวน 30 คน

คำนวณตามวิธีของ Cooper and Schindler (1978) ดังนี้

$$n = (z/e)^2(p)(1-p) \quad (7)$$

โดย n คือ จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

z คือ ค่าคะแนนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (1.96)

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (0.05)

p คือ สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อชิฟฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูง

จากการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 30 คน มีคนสนใจซื้อชิฟฟอนเค้กคอกเทลสเตอร์อลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอรีซานอลสูงอยู่ 27 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 90

แทนค่า
$$n = (1.96/0.05)^2(0.90)(1-0.90) = 138 \text{ คน}$$

ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคอย่างน้อยควรมีจำนวนอย่างน้อย 138 คน

การกำหนดช่วงคะแนนสำหรับวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัย

วิธีการ

1. กำหนดระดับของคะแนน โดยกำหนดให้ 1 หมายถึง สำคัญน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง สำคัญมากที่สุด
2. นำความถี่คูณด้วยระดับคะแนน และนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละระดับรวมกัน
3. นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม จะได้เป็นค่าเฉลี่ยของปัจจัยนั้นๆ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของปัจจัยลักษณะปรากฏ} &= \frac{(4 \times 1) + (6 \times 2) + (31 \times 3) + (68 \times 4) + (31 \times 5)}{140} \\ &= 3.83 \end{aligned}$$

4. คำนวณช่วงกว้างคะแนนเฉลี่ยในแต่ละชั้น โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้ (Cooper and Schindler, 1998)

$$\text{ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{5 - 1}{5} = 0.8$$

ดังนั้น ช่วงกว้างของคะแนนในการกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัย คือ 0.8 โดยมีความหมายของแต่ละระดับชั้นดังนี้

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. การแปลผล โดยหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยนั้นๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงระดับใดถือว่ามีความสำคัญตามนั้น โดยจากตัวอย่าง ปัจจัยลักษณะปรากฏ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 แสดงว่ามีความสำคัญมาก

วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจำนวนคำตอบของระดับที่น้อยเกินไปและมากเกินไป

ช่องที่	1	2	3	4	5	6	7	8
คุณลักษณะ	ความพอดี (%)	$\geq 70\%$	น้อยเกินไป	มากเกินไป	รวม	ค่าสูงสุด	ค่าวิกฤติ	ความแตกต่าง
กลิ่นรส (ใบเตย)	38	ไม่	42	20	62	42	> 40	ใช่
ความนุ่ม	88	ใช่	-	-	-	-	-	-
ความชุ่มของเนื้อเค้ก	74	ใช่	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ค่าวิกฤติ จาก Binomial test ที่ค่าคาดหวัง (Expected value) ร้อยละ 50

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความพอดี มีขั้นตอนดังนี้ (Schraidt, 2009)

1. พิจารณาร้อยละของระดับพอดี (ช่องที่ 1) หากมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ไม่จำเป็นต้องปรับคุณลักษณะนั้นๆ อีก (ช่องที่ 2)
2. หากร้อยละของระดับพอดีมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 70 (ช่องที่ 2) ให้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจำนวนคำตอบของระดับน้อยเกินไปและมากเกินไป โดยรวมจำนวนคำตอบของระดับน้อยเกินไป (ช่องที่ 3) และจำนวนคำตอบของระดับมากเกินไป (ช่องที่ 4) ได้เป็นผลรวม (ช่องที่ 5)
3. นำค่าผลรวมที่ได้ (ช่องที่ 5) ไปเปิดตาราง Binomial test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะได้ค่าวิกฤติ (ช่องที่ 7)
4. เปรียบเทียบระหว่างจำนวนคำตอบของระดับน้อยเกินไป (ช่องที่ 3) กับจำนวนคำตอบของระดับมากเกินไป (ช่องที่ 4) นำค่าที่มากกว่ามาใส่ในช่องที่ 6
5. หากค่าในช่องที่ 6 มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติจากตาราง Binomial test (ช่องที่ 7) นั่นคือจำนวนคำตอบของระดับน้อยเกินไปกับมากเกินไปมีความแตกต่างกันทางสถิติ ทำให้ทราบทิศทางว่าควรปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้นให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้
6. ในทางตรงกันข้าม หากค่าในช่องที่ 6 มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (ช่องที่ 7) นั่นคือจำนวนคำตอบของระดับน้อยเกินไปกับมากเกินไปไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กรณีนี้จะไม่สามารถบอกทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้นได้

การวิเคราะห์ค่า Mean drop และ Total Penalty

ช่องที่	1	2	3	4	5
คุณลักษณะ	ระดับความพอดี	ร้อยละของคำตอบ	คะแนนความชอบ	Mean drop	Total Penalty
กลิ่นรส	พอดี	38	7.42	-	-
	น้อยเกินไป	42	6.14	1.28	0.54
	มากเกินไป	20	5.40	2.02	0.40
ความนุ่ม	พอดี	88	7.52	-	-
	น้อยเกินไป	0	-	N/A	N/A
	มากเกินไป	12	5.00	N/A	N/A

ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า Mean drop และค่า Total Penalty (Schraidt, 2009)

1. ในแต่ละคุณลักษณะ หาค่าความถี่หรือร้อยละของคำตอบ (ช่องที่ 2) และคะแนนความชอบเฉลี่ย (ช่องที่ 3) ของแต่ละระดับความพอดี (ช่องที่ 1)

2. ถ้าคำตอบที่ระดับน้อยเกินไปหรือมากเกินไปมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20 ไม่ต้องคำนวณค่า Mean drop และค่า Total Penalty

3. ถ้าคำตอบที่ระดับน้อยเกินไปหรือมากเกินไปมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 ให้คำนวณค่า Mean drop โดย

Mean Drop = คะแนนความชอบที่ระดับพอดี - คะแนนความชอบที่ระดับมากเกินไปหรือน้อยเกินไป

Total Penalty = Mean Drop $\times$ ร้อยละของคำตอบระดับมากเกินไปหรือน้อยเกินไป

4. การแปลผล ถ้าค่า Total Penalty มีค่ามากกว่า 0.25 แสดงว่าคุณลักษณะที่ระดับความพอดีนั้นๆ เป็นค่าที่น่าสังเกต (Noteworthy) แต่ถ้าค่า Total Penalty มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าคุณลักษณะที่ระดับความพอดีนั้นๆ มีผลมากต่อการลดลงของคะแนนความชอบ ให้นำคุณลักษณะนั้นไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น คุณลักษณะกลิ่นรสมีระดับน้อยเกินไปก็ให้ปรับปรุงเพิ่มคุณลักษณะกลิ่นรสเพื่อเพิ่มคะแนนความชอบขึ้น

การคำนวณ %w/v ของการเตรียมตัวอย่างในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

1. การคำนวณ %w/v ของการเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

การดูดกลืนแสงของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (Maximum absorbance) ได้ไม่เกิน 2.5

จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ได้สมการ $y = 0.0273x$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารแกมมาโอรีซานอลในตัวทำละลายต้องมีค่าไม่เกิน เท่ากับ

$$x = 2.5/0.0273 = 92 \text{ ppm}$$

ถ้าเตรียม 0.4% w/v ของน้ำมันรำข้าว R_{8000} (ใช้ R_{8000} มาคำนวณเนื่องจากเป็นตัวอย่างน้ำมันที่มีปริมาณแกมมาโอรีซานอลสูงสุด) ในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ นั่นคือ

สารละลายทั้งหมด 100 มิลลิลิตร

ให้น้ำมันรำข้าว R_{8000} 0.4 กรัม

สารละลายทั้งหมด 25 มิลลิลิตร

ให้น้ำมันรำข้าว R_{8000} $(0.4/100) \times 25 = 0.1$ กรัม

น้ำมันรำข้าว R_{8000} 100 กรัม

มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 800 มิลลิกรัม

น้ำมันรำข้าว R_{8000} 0.1 กรัม

มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล $(800/100) \times 0.1 = 0.8$ มิลลิกรัม

ในสารละลายรวม 25 มิลลิลิตร

มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 0.8 มิลลิกรัม

ในสารละลายรวม $25 \times 0.78^* = 19.5$ กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 0.8 มิลลิกรัม

ถ้าสารละลายรวม 1,000 มิลลิลิตร มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล $(0.8/19.5) \times 1,000 = 41.03$ มิลลิกรัม

หมายเหตุ * ค่าความหนาแน่นของสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เท่ากับ 0.78 กรัม/มิลลิลิตร

ดังนั้น หากเตรียม 0.4% w/v ของน้ำมันรำข้าว R_{8000} ในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ โดยการตวงน้ำมันรำข้าว R_{8000} 0.1 กรัม แล้วปรับปริมาณด้วยสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์จนมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร สารละลายจะมีปริมาณแกมมาโอรีซานอลประมาณ 41.03 มิลลิกรัม ซึ่งทำให้มีค่าดูดกลืนแสงไม่เกินสเกลของเครื่องมือที่สามารถวัดได้

2. การคำนวณ %w/v ของการเตรียมตัวอย่างชิฟฟอนเค้กที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R_{8000} ในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

จากสูตรพื้นฐาน มีน้ำมันรำข้าว R_{8000} 12.5 กรัม ในชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม
 ถ้าน้ำมันรำข้าว R_{8000} 0.1 กรัม จะมีในชิฟฟอนเค้ก $(100/12.5) \times 0.1 = 0.8$ กรัม

ดังนั้น ถ้าตัดชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ จะมีความเข้มข้นของสารแกมมาโอรีซานอลประมาณ 41.03 ppm (จะมีค่าใกล้เคียงกับการเตรียม 0.4% w/v ของการเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์)

จากการทดลองหัวข้อ 2.2 มีการ Maximize ปริมาณน้ำมันรำข้าวในชิฟฟอนเค้ก สูตรที่เลือกใช้ในการพัฒนาคือสูตรที่มีองค์ประกอบของน้ำมัน R_{8000} ร้อยละ 16.8 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร)

ชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม มีองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว R_{8000} 16.8 กรัม
 ถ้าตัดชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม จะมีองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว R_{8000} $(16.8/100) \times 0.8 = 0.134$ กรัม

น้ำมันรำข้าว R_{8000} 100 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 800 มิลลิกรัม
 น้ำมันรำข้าว R_{8000} 0.134 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล $(800/100) \times 0.134 = 1.072$ มิลลิกรัม

ในสารละลายรวม 25 มิลลิลิตร มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 1.072 มิลลิกรัม
 ในสารละลายรวม $25 \times 0.78 = 19.5$ กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 1.072 มิลลิกรัม
 ถ้าสารละลายรวม 1,000 มิลลิลิตร มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล $(1.072/19.5) \times 1,000 = 54.97$ มิลลิกรัม

ดังนั้น เมื่อตัดชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม ซึ่งมีองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว R_{8000} ร้อยละ 16.8 แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร จะมีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 54.97 ppm ซึ่งเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ค่าที่วัดได้จะไม่เกินสเกลของเครื่องมือที่สามารถวัดได้

การตัดชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ คือ

ในสารละลายรวม 25 มิลลิลิตร มีชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม
 ถ้าสารละลายรวม 100 มิลลิลิตร มีชิฟฟอนเค้ก $(0.8/25) \times 100 = 3.2$ กรัม

ดังนั้น การตัดชิฟฟอนเค้ก 0.8 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร คือการเตรียม 3.2% w/v ของชิฟฟอนเค้กที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าว R_{8000} ในสารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

การคำนวณปริมาณแกมมาโอริซานอลในน้ำมันรำข้าว R_{2000} , R_{5000} และ R_{8000}

ชนิดน้ำมันพืช	น้ำหนัก (กรัม)		ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง	SD	ความเข้มข้นแกมมาโอริซานอล (ppm)
	น้ำมันพืช	สารละลายทั้งหมด			
R_{2000}	0.1019	19.4460	0.313	0.001	2,187

จากสมการกราฟมาตรฐาน

$$y = 0.0273x$$

เมื่อ

y คือ ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง

x คือ ความเข้มข้นแกมมาโอริซานอล

ดังนั้น

$$x = \frac{0.313}{0.0273}$$

$$x = 11.47$$

จากสมการ

$$\text{Concentration of gamma - oryzanol in oil (ppm)} = \frac{C \times B}{A} \quad (9)$$

เมื่อ

A คือ น้ำหนักเฉลี่ยของน้ำมันพืชที่ชั่งได้จริง (กรัม)

B คือ น้ำหนักเฉลี่ยของสารละลายทั้งหมดที่ชั่งได้จริง (กรัม)

C คือ ความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอล เมื่อเทียบจากสมการกราฟมาตรฐาน (ppm)

แทนค่าลงในสมการ

$$\begin{aligned} \text{Concentration of gamma - oryzanol in oil (ppm)} &= \frac{11.47 \times 19.4460}{0.1019} \\ &= 2,187 \text{ ppm} \end{aligned}$$

ดังนั้น น้ำมันรำข้าว R_{2000} มีความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลอยู่ 2,187 ppm

การคำนวณปริมาณแกมมาโอรีซานอลในผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้ก (ค่าจากการทดลอง)

ตัวอย่างซีฟ่อนเค้กที่ใช้เวลาในการสกัด 0.5 ชั่วโมง

ตัวอย่าง ซีฟ่อน	น้ำหนัก (กรัม)		ค่าเฉลี่ยการ		ความเข้มข้น	ปริมาณ
	ซีฟ่อน เค้ก	สารละลาย ทั้งหมด	ดูดกลืน แสง	SD	แกมมา โอรีซานอล (ppm)	แกมมาโอรีซานอล (มิลลิกรัม/ซีฟ่อน เค้ก 100 กรัม)
สูตรปรับปรุง	0.8038	19.7242	1.889	0.032	69.20	169.82

ซีฟ่อนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ปริมาณน้ำมันรำข้าว R_{8000} ร้อยละ 16.8 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร)

แทนค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่วัดได้คือ 1.889 ลงในสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐาน $y = 0.0273x$

$$\text{จะได้เป็นความเข้มข้นของสารละลายแกมมาโอรีซานอลเท่ากับ (x) = } \frac{1.889}{0.0273} = 69.203 \text{ ppm}$$

คำนวณโดยเทียบบัญญัติไตรยางค์

ในสารละลาย 1,000 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 69.203 มิลลิกรัม

$$\text{ถ้าน้ำหนักสารละลาย 19.7242 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล } \frac{69.203}{1,000} \times 19.7242 = 1.3650 \text{ มิลลิกรัม}$$

ซีฟ่อนเค้กน้ำหนัก 0.8038 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล 1.3650 มิลลิกรัม

$$\text{ถ้าซีฟ่อนน้ำหนักหลังอบ 100 กรัม มีปริมาณแกมมาโอรีซานอล } \frac{1.3650}{0.8038} \times 100 = 169.8184 \approx 169.82 \text{ มิลลิกรัม}$$

หรือคำนวณโดยใช้สมการ

$$\text{Quantity of gamma - oryzanol in chiffon cake (mg)} = \frac{\frac{C}{1000} \times B}{A} \times \text{Serving size} \quad (10)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้กที่ชั่งได้จริง หรือที่ตัดมาวิเคราะห์ (กรัม)

B คือ น้ำหนักเฉลี่ยของสารละลายทั้งหมดที่ชั่งได้จริง หรือน้ำหนักเฉลี่ยของชิฟฟอนเค้ก รวมกับสารละลาย (กรัม)

C คือ ความเข้มข้นของสารแกมมาโอริซานอลในสารละลาย 3.2% w/v ของชิฟฟอนเค้กใน ไอโซ โพรพิลแอลกอฮอล์ เมื่อเทียบจากสมการกราฟมาตรฐาน (ppm)

Serving size คือ น้ำหนักชิฟฟอนเค้กในหนึ่งหน่วยบริโภค หรือชิฟฟอนเค้กทั้งก้อน (กรัม)

$$\begin{aligned} \text{Quantity of gamma - oryzanol in chiffon cake (mg)} &= \frac{\frac{69.20}{1000} \times 19.7249}{0.8038} \times 100 = 169.82 \\ \text{มิลลิกรัม} \end{aligned}$$

**การคำนวณปริมาณแกมมาไอริซานอลในซิฟฟอนเค้ก (ค่าจากการคำนวณ)
ตามวิธีของ Khuwjitjaru *et al.* (2009)**

ซิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ปริมาณน้ำมันรำข้าว R_{8000} ร้อยละ 16.8 ของส่วนผสมทั้งหมดในสูตร)

น้ำมันรำข้าว R_{8000} มีความเข้มข้นของแกมมาไอริซานอลในน้ำมันรำข้าวจากการวิเคราะห์เท่ากับ 9,114 ppm

ส่วนผสมแป้งก่อนนำเข้าอบมีน้ำหนักเท่ากับ 981.50 กรัม หลังอบได้เป็นซิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 882.04 กรัม

ส่วนผสมแป้งก่อนอบ 100 กรัม มีน้ำมันรำข้าว R_{8000} เท่ากับ 16.8 กรัม

ถ้าส่วนผสมแป้งก่อนอบ 981.50 กรัม มีน้ำมันรำข้าว R_{8000} เท่ากับ $\frac{16.80}{100} \times 981.50 = 164.892$ กรัม

(ปริมาณน้ำมันรำข้าวทั้งหมดคำนวณจากน้ำหนักส่วนผสมแป้งก่อนนำเข้าอบ เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีค่าจุดเกิดควัน 251 องศาเซลเซียส)

ซิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 882.04 กรัม มีน้ำมันรำข้าว R_{8000} 164.892 กรัม

ถ้าซิฟฟอนเค้กน้ำหนัก 100 กรัม จะมีน้ำมันรำข้าว R_{8000} เท่ากับ $\frac{164.892}{882.04} \times 100 = 18.6944$ กรัม

น้ำมันรำข้าว 1,000 กรัม มีแกมมาไอริซานอล 9,114 มิลลิกรัม

ถ้าน้ำมันรำข้าว 18.6944 กรัม จะมีแกมมาไอริซานอลเท่ากับ $\frac{9,114}{1,000} \times 18.6944 = 170.3808$ มิลลิกรัม

จากสมการ

$$C = C_0 \exp(-kt) \quad (1)$$

C คือความเข้มข้นสารแกมมาไอริซานอล

C_0 คือความเข้มข้นสารแกมมาไอริซานอลเริ่มต้น เท่ากับ 170.3808 มิลลิกรัม/ชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม

t คือเวลาในการอบเท่ากับ 20 นาที หรือ 0.33 ชั่วโมง (h)

ค่า k สามารถหาได้จากสมการ $k = k_0 \exp(-E_a/RT)$ (3)

k_0 คือ ค่า Pre-exponential factor มีค่าเท่ากับ 4.70×10^3 ชั่วโมง⁻¹ (h⁻¹) (Khuwijitjaru *et al.*, 2009)

E_a คือ ค่าพลังงานกระตุ้น มีค่าเท่ากับ 45.49 กิโลจูล/โมล (kJ/mol) (Khuwijitjaru *et al.*, 2009)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 448.15 เคลวิน (K) (เท่ากับ 175 องศาเซลเซียส)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซในอุดมคติ มีค่าเท่ากับ 0.008314 กิโลจูล/เคลวิน/โมล (kJ/K/mol)

แทนค่า k_0 , E_a , T และ R ลงในสมการ (3) ได้ค่า k มีค่าเท่ากับ 0.02343

ดังนั้น แทนค่า C_0 , t และ k ลงในสมการ (1)

$$\begin{aligned} C &= 170.3808 e^{(-0.02343 \times 0.33)} \\ &= 169.0689 \text{ มิลลิกรัม/ชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น ในการอบชิฟฟอนเค้ก 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะทำให้สูญเสียสารแกมมาไอริซานอลไปเท่ากับ $170.3808 - 169.0689 = 1.3119$ มิลลิกรัม

การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบรวมของผลิตภัณฑ์

ตารางผนวกที่ ข1 ต้นทุนวัตถุดิบของซิฟฟอนเค้กสูตรพื้นฐาน (ใช้น้ำมันถั่วเหลือง) เปรียบเทียบกับ
ซิฟฟอนเค้กสูตรปรับปรุงคุณภาพ (ใช้น้ำมันรำข้าว R₈₀₀₀)

ส่วนประกอบ	ราคา ต่อ กรัม **	สูตรพื้นฐาน (SBO)		สูตรปรับปรุงคุณภาพ (R ₈₀₀₀)	
		ร้อยละ	ราคา	ร้อยละ	ราคา
แป้งเค้ก	0.038	23.00	0.87	23.00	0.87
น้ำตาลทราย (ส่วนที่ 1)	0.024	12.50	0.30	12.50	0.30
น้ำตาลทราย (ส่วนที่ 2)	0.024	5.50	0.13	5.50	0.13
ไข่ขาว	0.081	18.00	1.46	18.00	1.46
ไข่แดง	0.163	8.50	1.39	4.20	0.68
น้ำมันถั่วเหลือง SBO	0.054	12.50	0.68	-	-
น้ำมันรำข้าว R ₈₀₀₀	0.281	-	-	16.80	4.72
นมสดระเหย	0.051	9.50	0.48	9.00	0.46
ผงฟู	0.210	1.00	0.21	1.00	0.21
เกลือป่น	0.018	0.30	0.01	0.30	0.01
ครีมออฟฟัททาร์	0.600	0.30	0.18	0.30	0.18
ไบเตยคั้นสด อัตราส่วน 1:3 (ไบเตยสดค่อน้ำ)	0.025	8.88	0.22	-	-
ไบเตยคั้นสด อัตราส่วน 1:1.5 (ไบเตยสดค่อน้ำ)	0.040	-	-	8.88	0.36
สีผสมอาหารสีเขียว	0.536	0.02	0.01	0.02	0.01
ผงวนิลา	2.000	-	-	0.50	1.00
กล่องบรรจุภัณฑ์ (บาท/กล่อง)	2.100	-	2.10	-	2.10
รวมน้ำหนักส่วนผสม 100 กรัม		8.03 บาท		12.49 บาท	
รวมน้ำหนักส่วนผสม 125 กรัม		10.04 บาท		15.61 บาท	

หมายเหตุ * จากการทดลองน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดในสูตร 1,000 กรัม ผลิตเป็นซิฟฟอนเค้ก
ขนาด 100 กรัม ได้ 8 ชิ้น (เนื่องจากการจำหน่ายต้องมีการตัดขอบของขนมทิ้ง)
ดังนั้น ซิฟฟอนเค้กขนาด 100 กรัม ต้องใช้ส่วนผสมของแป้ง $1,000/8 = 125$ กรัม

** สํารวจราคาสินค้า ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2554

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI)

ตัวอย่าง	ซ้ำที่	ค่าเฉลี่ยรัศมีโคโลนี (เซนติเมตร) ในวันที่ 4
น้ำมันถั่วเหลือง (SBO)	1	2.200
	2	2.350
	3	2.100
	4	2.300
	5	2.225

จากสมการ
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{Db}{Da}\right)\right) \times 100 \quad (11)$$

เมื่อ Db คือ รัศมีรัศมีของเชื้อราที่ทำการทดสอบ, Da คือ รัศมีรัศมีของเชื้อราชุดควบคุม

ตัวอย่างการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI) ของน้ำมันถั่วเหลืองในวันที่ 4

จากการทดลองเชื้อราในชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยรัศมีโคโลนีในวันที่ 4 ของการทดสอบเท่ากับ 2.275 เซนติเมตร

ดังนั้น ซ้ำที่ 1
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{2.200}{2.275}\right)\right) \times 100 = 3.2967$$

ซ้ำที่ 2
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{2.350}{2.275}\right)\right) \times 100 = -3.2967$$

ซ้ำที่ 3
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{2.100}{2.275}\right)\right) \times 100 = 7.6923$$

ซ้ำที่ 4
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{2.300}{2.275}\right)\right) \times 100 = -1.0989$$

ซ้ำที่ 5
$$Antifungal\ Index = \left(1 - \left(\frac{2.225}{2.275}\right)\right) \times 100 = 2.1978$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา (AFI) ของน้ำมันถั่วเหลืองในวันที่ 4 คือ

$$Antifungal\ Index = \frac{3.2967 - 3.2967 + 7.6923 - 1.0989 + 2.1978}{5} = 1.76$$



ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังทราบข้อมูลคุณประโยชน์ของเกมมาโอริซานอลจากการทดสอบการยอมรับในปัจจัยด้านความชอบโดยรวม การยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 200 คน

ปัจจัย	Significant	
	Paired Samples Correlations	Paired Samples Test
	ก่อน-หลังทราบข้อมูล	ก่อน-หลังทราบข้อมูล
ความชอบโดยรวม	0.000	0.148
การยอมรับผลิตภัณฑ์	0.000	0.440
การซื้อผลิตภัณฑ์	0.000	0.000

ตารางผนวกที่ ค2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายกับปัจจัยความชอบโดยรวม (9-Pointed Hedonic scale) การยอมรับ และการซื้อผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กลดคอเลสเตอรอลที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวชนิดเกมมาโอริซานอลสูง

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความชอบ โดยรวม	การยอมรับ (ร้อยละ)		การซื้อ (ร้อยละ)	
	คะแนนเฉลี่ย	ยอมรับ		ซื้อ	
		ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ซื้อ	ไม่ซื้อ
เพศ					
หญิง	7.4	96.4	3.6	74.5	25.5
ชาย	7.5	88.9	11.1	81.0	19.0
Sig.	0.727	0.054		0.372	
อายุ					
25-30 ปี	7.3	92.1	7.9	69.3	30.7
31-35 ปี	7.7	98.1	1.9	82.7	17.3
36-40 ปี	7.5	100.0	0	88.2	11.8
41-45 ปี	7.5	100.0	0	90.9	9.1
46-50 ปี	7.7	84.2	15.8	78.9	21.1
Sig.	0.500	0.154		0.230	

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความชอบ โดยรวม	การยอมรับ (ร้อยละ)		การซื้อ (ร้อยละ)	
	คะแนนเฉลี่ย	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ระดับการศึกษา					
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	7.5	100.0	0	50.0	50.0
มัธยมศึกษา	7.6	88.9	11.1	88.9	11.1
อนุปริญญาตรี (ปวส./ ปวช.)	7.8	87.5	12.5	50.0	50.0
ปริญญาตรี	7.5	96.3	3.7	78.9	21.1
สูงกว่าปริญญาตรี	7.3	91.7	8.3	75.0	25.0
Sig.	0.869	0.420		0.252	
อาชีพ					
นักเรียน/นักศึกษา	7.1	86.0	14.0	72.0	28.0
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	7.5	98.0	2.0	68.0	32.0
พนักงานบริษัทเอกชน	7.6	96.0	4.0	84.0	16.0
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	7.6	96.0	4.0	82.0	18.0
Sig.	0.151	0.054		0.184	
รายได้ต่อเดือน					
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	7.4	93.3	6.7	73.3	26.7
5,001-10,000 บาท	7.3	87.5	12.5	62.5	37.5
10,001-20,000 บาท	7.5	98.7	1.3	75.3	24.7
20,001-30,000 บาท	7.4	92.5	7.5	87.5	12.5
มากกว่า 30,000 บาท	7.6	92.9	7.1	85.7	14.3
Sig.	0.465	0.174		0.073	

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวพัชรี กิตติไมตรี
เกิดวันที่	21 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยบูรพา (พ.ศ. 2548)
ตำแหน่งปัจจุบัน	เจ้าของกิจการร้านกาแฟและเบเกอรี่
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 525/20 หมู่บ้านทาวนพลัส ถนนประชาอุทิศ แขวงทุ่งครุ เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ผลงานทางวิชาการ	งานวิจัยเรื่องการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารแอมมาไอรีซานอล ในผลิตภัณฑ์ซีฟอนเค้กโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์