



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

DEVELOPMENT OF SNACK BAR FROM
BROWN RICE AND HERB

นางสาวปาริสุทธิ์ สงทิพย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

Development of Snack bar from Brown rice and Herb

นามผู้วิจัย นางสาวปาริสุทธิ์ สงทิพย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

Ms. 16/18

(รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด, Ph.D.)

กรรมการ

Ms. 16/18

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

กรรมการ

Smrit

(อาจารย์สุนทรรัตน์ ชื่นพุดิ, พบ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

Ms. 16/18

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

Asst. Prof. Dr. Anuwat Jaemsat

(รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

Development of Snack bar from Brown rice and Herb

โดย

นางสาวปาริสุทธิ์ สงทิพย์

เสนอ

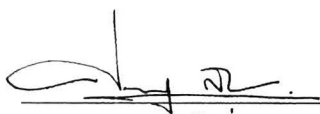
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

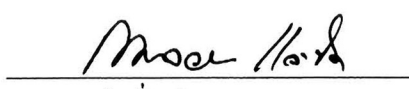
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2550

ปาริสุทธิ์ สงทิพย์ 2550: การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ปรินญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด,
Ph.D. 156 หน้า

การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธี
การผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยวาง
แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(CRD) เป็นเวลา 1, 2, 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำข้าว
กล้องที่อบแห้งแล้วมาทอดที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที พบว่า ระยะเวลาการอบแห้งที่ 2
ชั่วโมงให้อัตราการพองตัวสูงสุดและมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.9) จากการศึกษา
ชนิด และปริมาณสมุนไพร โดยจัดสิ่งทดลองแบบ (3x2) Factorial in CRD ศึกษาปริมาณอบเชย 3 ระดับ คือ
ร้อยละ 0.5, 1.5, 2.5 และสาหร่ายสาไปรูลิน่า 2 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 1 โดยมีปริมาณไขมันชั้นคงที่เท่ากับ ร้อยละ
0.5 พบว่าปริมาณสมุนไพรที่เหมาะสม คือ อบเชย ร้อยละ 0.5 สาหร่ายสาไปรูลิน่า ร้อยละ 1 การศึกษาชนิด และ
ปริมาณสารให้ความหวานโดยจัดสิ่งทดลองแบบ Mixture design ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ปริมาณฟรุกโทสไซรัป
กลูโคสไซรัป และซูโครส ร้อยละ 0-100 และวิเคราะห์ผลโดยวิธี Response surface methodology (RSM) พบว่า
เมื่อปริมาณของกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากขึ้น และคะแนนความชอบด้านความแข็งมี
แนวโน้มลดลง ปริมาณซูโครสที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านการเคี้ยวตัวกันมีแนวโน้มลดลง
ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากขึ้น และการเพิ่มปริมาณไฮฟรุกโทสไซรัปทำให้คะแนนความชอบด้านความแข็ง
รสหวาน ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไฮฟรุกโทสไซรัปเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความหวาน
เพิ่มขึ้น และทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง สัดส่วนฟรุกโทสไซรัป กลูโคสไซรัป และซูโครส
ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร คือ 4:2:1 การศึกษาระยะเวลาการอบ
แห้งขึ้นรูปแท่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ศึกษาระยะเวลาการอบ 4 ระดับ คือ 0, 10, 15, 20 นาที ที่
อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการอบนาน 10 นาที ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงพอเหมาะ โดยมีค่าความแข็ง
เท่ากับ 64.0 นิวตัน มีค่า a_w เท่ากับ 0.36 และมีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.1) จาก
การศึกษารายการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้
พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.1) ผู้บริโภคร้อยละ 89.2 ชอบรับใน
ผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุ
ผลิตภัณฑ์ในซองอูมิเนียมฟอยด์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บไว้ได้นาน 9 สัปดาห์


ลายมือชื่อผู้ผลิต

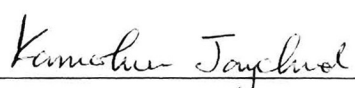

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

25 / 5 / 50

Parisut Songtip 2007: Development of Snack bar from Brown rice and Herb. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Kamolwan Jangchad, Ph.D. 156 pages.

The objectives of this study were to develop the formula and process of brown rice snack bars with herbs to obtain the qualities acceptable by the consumers. Completely randomized design (CRD) was used to study drying time (1, 2 and 3 hours) at 70°C to prepare puffed rice. This was then fried at 240°C for 5 seconds, which showed that 2 hour drying provided the highest expansion of puffed rice with the overall liking of like moderately (6.9). The effect of herb types and quantities was studied using 3x2 factorial in CRD. Two factors were considered three amounts of cinnamon (0.5%, 1.5%, 2.5%) and two amounts of spirulina (0.5%, 1%). The results showed that the optimum amounts of herbs was 0.5% cinnamon and 1% spirulina. The optimum ratio of sweeteners to produce snack bars from brown rice and herbs was determined by using mixture design. Three factors were considered 0-100% fructose syrup, 0-100% glucose syrup and 0-100% sucrose, and the data were analyzed by using response surface methodology (RSM). The results showed that increasing of glucose syrup content increased the hardness, resulting in decreased hedonic score of hardness. The increase in sucrose content tended to decrease cohesiveness resulting in brittle products. The increase in fructose syrup content increased the hedonic score of hardness, sweetness and overall liking. The optimum ratio of fructose syrup, glucose syrup and sucrose to produce snack bars from brown rice and herbs was 4:2:1, respectively. The study of four levels of drying time (0, 10, 15 and 20 min) at 180°C after product forming using CRD showed that 10 minute drying provided optimal product hardness. Water activity and hardness of the finished product were 0.36 and 64.0 N, respectively. The overall liking of the product was like moderate (7.1). From consumer testing, the overall liking of the developed snack bar from brown rice and herb was like moderately (7.1). 89.2% of consumers accepted the product. Shelf-life of the snack bar packed in aluminum foil, kept at 30°C, was 9 weeks.


Student's signature

 25 / 05 / 07
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กมลวรรณ แจ่มชัด ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. อนุวัตร แจ่มชัด กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์สุมนรัตน์ ชื่นพุดิ กรรมการที่ปรึกษา วิชาการ และผศ.ดร. ธนะบุญย์ สัจจาอนันตกุล ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ จนงานสำเร็จ อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชาย ที่สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่มีค่ามากที่สุด ในยามท้อแท้ และเพื่อน ๆ ที่คอยอยู่เคียงข้าง ช่วยเหลือเกื้อกูล เป็นกัลยาณมิตรที่ดีเสมอมา ขอคุณน้อง ๆ ที่ให้ความร่วมมือ และเป็นแรงใจที่น่ารัก ตลอดจนผู้มีพระคุณที่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ทุกท่าน สำหรับความรัก ความห่วงใย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ความดีใด ๆ อันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอ มอบให้แก่ครูบาอาจารย์ และท่านผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ปาริสุทธิ์ สงทิพย์

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	40
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	52
สรุปและข้อเสนอแนะ	101
สรุป	101
ข้อเสนอแนะ	103
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	104
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก แบบสอบถามสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค	
และแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	117
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	128
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	136
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี	
และประสาทสัมผัส ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง	
และสมุนไพร	139
ภาคผนวก จ การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง	
และสมุนไพร	154
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	156

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบคุณค่าสารอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาว	11
2	ส่วนประกอบของน้ำเชื่อมสำหรับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่ม (A) และแบบกรอบร่วน (B)	46
3	สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของฟรุทโทสไซรัป กลูโคสไซรัป และซูโครส แตกต่างกันที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design	48
4	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคจากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคอาหารขบเคี้ยว	54
5	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว	55
6	ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร	58
7	ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร	60
8	คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่ได้จากการการทอดข้าวหุง สุกหลังอบแห้งที่ระยะเวลาต่างกัน	62
9	คุณภาพทางกายภาพของถั่วลิสงคั่ว	64
10	คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่ม (A) และแบบกรอบร่วน (B)	65
11	คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร	67
12	คะแนนความชอบและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.5 สาหร่ายสีน้ำตาล ร้อยละ 1 ไขมัน ร้อยละ 0.5	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสตรอเบอร์รี่อบแห้ง ร้อยละ 10, 15 และ 20	69
14	สมการรีเกรสชันที่ใช้อธิบายผลของสารให้ความแต่ละชนิดที่มีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	71
15	ค่าความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณฟรุกโทส ไซรัป กลูโคส ไซรัป และซูโครส แตกต่างกัน	72
16	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน	78
17	คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้	79
18	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง	81
19	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละความถี่ของคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่ทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภค	82
20	ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่ผ่านการพัฒนา	83
21	สมการแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) จากภาพที่ 13	91
22	สมการแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของการเกิดออกซิเดชัน (Induction period) จากภาพที่ 14	93
23	ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก และค่า Induction period เมื่อผลิตภัณฑ์หมดอายุการเก็บรักษา	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบเชิงพรรณนาปริมาณ	133
ง1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	140
ง2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	141
ง3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	142
ง4 การเปลี่ยนแปลงค่าออร์เตอร์เอกคิวตี้ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	143
ง5 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้องและข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	144
ง6 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	145
ง7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	146
ง8 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของการเกิดออกซิเดชัน (Induction period) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแบ่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในระหว่างเก็บรักษา	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง9 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านความมั่นคงของอาหารขบถเดี่ยวชนิด แห้งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	148
ง10 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านกลิ่นรสของอาหารขบถเดี่ยวชนิด แห้งข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	149
ง11 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านกลิ่นหืนของอาหารขบถเดี่ยวชนิดแห้ง จากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	150
ง12 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสมของ อาหารขบถเดี่ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุใน ภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	151
ง13 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านความแข็งของอาหารขบถเดี่ยวชนิดแห้ง จากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	152
ง14 คะแนนการยอมรับแบบ Overall quality rating ของอาหารขบถเดี่ยวชนิดแห้ง จากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิด กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	153

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ข้าวพองที่ได้จากการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน	63
2	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสมุนไพรต่างกัน	66
3	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสตروبเอร์รี่ ร้อยละ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ	70
4	แผนภาพคอนทัวร์จากคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนน ความชอบของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรในคุณลักษณะ (ก) การเกาะตัวกันของส่วนผสม, (ข) ความแข็ง, (ค) รสหวาน และ (ง) ความชอบรวม	75
5	แผนภาพคอนทัวร์ที่ได้จากการซ้อนทับกันของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในภาพที่ 4	76
6	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้	79
7	การเปลี่ยนแปลงค่าสี ความสว่าง (L^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และ สมุนไพร ที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	84
8	การเปลี่ยนแปลงค่าสี ความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	85
9	การเปลี่ยนแปลงค่าสี ความเป็นสีเหลือง (b^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	86
10	การเปลี่ยนแปลงค่าออร์โทเอกซ์ไดคัลของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บ	87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและ สมุนไพร ที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่าง การเก็บรักษา	88
12	การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและ สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่าง การเก็บรักษา	89
13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง จากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	91
14	การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของการเกิดออกซิเดชัน (Induction time) ของ อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	92
15	การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มข้นด้านความมันวาวของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง จากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	95
16	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกลิ่นอบเชยของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ใน ระหว่างการเก็บรักษา	96
17	การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มข้นการเกาะรวมตัวกันของส่วนผสมของ อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	97
18	การเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและ สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่าง การเก็บรักษา	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 19 การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นหืนของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และ
สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่าง
การเก็บรักษา

98

การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

Development of Snack bar from Brown rice and Herb

คำนำ

อาหารขบเคี้ยวนับว่ามีบทบาทในวิถีการดำรงชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง ดังจะเห็นได้จากการวางจำหน่ายอาหารขบเคี้ยวในร้านค้าทั่วไปจำนวนมาก และมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวใหม่ ๆ เข้าสู่ท้องตลาดตลอดเวลา การผลิตสินค้าใหม่จะต้องมีความแตกต่างจากสินค้าอื่นในตลาด มีจุดขายที่ชัดเจน มีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะใส่ใจในสุขภาพของตนเอง ดังนั้นถ้าอาหารขบเคี้ยวใดมีคุณค่าทางอาหารหรือมีภาพพจน์ของผลิตภัณฑ์ที่ดีจะสามารถทำตลาดได้ดี และเร็วในตลาดสินค้าอาหารขบเคี้ยว (นฤคันธ์, 2541)

อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง (Snack bar) เป็นอาหารขบเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที ส่วนผสมที่ต่างกันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างของเนื้อสัมผัส และรสชาติ ส่วนผสมหลักที่ใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ได้แก่ ธัญชาติ ถั่วต่าง ๆ ผัก และผลไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมรองอื่น ๆ เช่น สารช่วยยึดเกาะ และสารช่วยเพิ่มกลิ่นรสเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น (กมลวรรณ และคณะ, 2547) ซึ่งรสชาติมีส่วนสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีการนำสารให้ความหวานมาใช้ประโยชน์ นอกจากมีหน้าที่ให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์แล้วยังให้เนื้อสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์ด้วย สารให้ความหวานแบ่งได้เป็นสารให้คุณค่าทางโภชนาการ เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโทส เป็นต้น และไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เช่น ไซลิทอล แอสปาร์แทม ซัคคาริน เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง สารให้ความหวานที่นิยมใช้ เป็นสารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ซูโครส กลูโคสไซรัป ฟรุกโทสไซรัป และน้ำผึ้ง เป็นต้น (Alexander, 1998) ดังนั้นชนิด และปริมาณสารให้ความหวานจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ประเทศไทยปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจ และคนไทยรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะการบริโภคข้าวกล้องที่ได้รับความนิยมมากขึ้น ข้าวกล้องมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นส่วนที่อุดมด้วย วิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร จึงเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และยังกล่าวได้ว่าประเทศไทยเป็นแหล่งสมุนไพรหลายชนิดที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีประโยชน์ต่อ

สุขภาพ ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่น ขมิ้น อบเชย ตะไคร้ มะกรูด เป็นต้น

นอกจากนี้การวิจัยในครั้งนี่ยังมีจุดหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวกล้องและสมุนไพร เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง และเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่วางจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรนี้จึงเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ มีรสชาติที่เหมาะสมกับคนไทยมากขึ้น รับประทานง่าย สามารถพกติดตัวสะดวก และมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นทางเลือกที่สามารถตอบสนองกับวิถีการดำเนินชีวิตในปัจจุบันได้ดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้
4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

การตรวจเอกสาร

1. อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง (Snack bar) เป็นอาหารขบเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกติดตัว อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแต่ละชนิดมีส่วนผสมต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างของเนื้อสัมผัส และรสชาติ ส่วนผสมหลักที่ใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ได้แก่ ธัญชาติ ถั่วต่าง ๆ ผัก และผลไม้ เป็นต้น อาจเป็นวัตถุดิบหลักชนิดเดียว หรือหลายชนิดรวมกัน นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมรองอื่น ๆ เช่น สารช่วยยึดเกาะ และสารช่วยเพิ่มกลิ่นรสเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น (กมลวรรณและคณะ, 2547) ตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ได้แก่ มูสลี่แท่ง ผลไม้อัดแท่ง ชอคโกแลตแท่ง และลูกกวาดแท่ง เป็นต้น มีการศึกษาพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเพื่อสุขภาพ โดยใช้สารยึดเกาะชนิดอื่นแทนน้ำตาล Anon (1997) ได้พัฒนาอาหารขบเคี้ยวผสมธัญชาติชนิดแท่งที่มีน้ำตาล และไขมันต่ำโดยมีส่วนผสมของเจลาติไฮโดรไลเสตเป็นสารยึดเกาะ นอกจากนี้ Schott (2001) ได้ศึกษาการใช้เจลาติไฮโดรไลเสต เพื่อผลิตเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งผสมธัญชาติที่มีปริมาณไขมันต่ำ และโปรตีนสูง ปัจจุบันนี้อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งมีหลายรูปแบบเพื่อสนองกับความต้องการของผู้บริโภคแต่ละกลุ่ม เช่น Energy bars, Carbolite bars, High fiber bars, High protein bar, Sugar free bars, Diabetic bars เป็นต้น ลักษณะของผลิตภัณฑ์แบ่งตามปริมาณน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบ มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีลักษณะกรอบ (Crunch bars) และชนิดเหนียวนุ่ม (Chewy bars) โดยปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในส่วนผสมจะแตกต่างกัน คือผลิตภัณฑ์ชนิดกรอบ จะมีปริมาณน้ำตาลในรูปซูโครสทั้งหมดร้อยละ 15-20 และอาจมีการเติมน้ำผึ้งในส่วนผสมเพื่อเพิ่มรสชาติ ส่วนผลิตภัณฑ์ชนิดเหนียวนุ่มมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 25-30 ทั้งนี้อาจมีการเติมหางนมเพื่อเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการด้วย (Rice, 1990) ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่ง (Cereal bar) เป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการบริโภค โดยการผสมส่วนผสมที่เป็นชิ้นเล็ก ๆ เข้าด้วยกันโดยใช้สารยึดเกาะที่มีความข้นหนืดเป็นตัวประสาน จากนั้นนำมาขึ้นรูปแบบชิ้นหรือแท่งสำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระจ่างสารท ข้าวแตน ขนมนางเล็ด ถั่วตัด และถั่วกระจก เป็นต้น

1.1 คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารขบเคี้ยวจนคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (รุ่งนภา, 2549) ได้แก่

1.1.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านสี ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาการคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) การสูญเสียความกรอบ หรือความแข็ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณรอบ ๆ ได้โดยง่าย และเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นเกินระดับหนึ่งแล้วผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.1.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ การหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity) และการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของไขมัน และน้ำมันได้เป็นกรดไขมันอิสระ (Hydrolytic rancidity) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภททอดด้วยน้ำมันจะเป็นตัวการก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย

1.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่พบในอาหาร และทำให้เกิดการเน่าเสีย หรือทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย โดยเกิดลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่ต้องการ และบางครั้งทำให้อาหารไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทุเรียนดิบทอดกรอบภายใต้สภาวะบรรยากาศ พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบในถุงพลาสติก แล้วเก็บที่สภาวะบรรยากาศปกติ จะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 18 สัปดาห์ โดยทุเรียนจะสูญเสียความกรอบเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นถึง 0.60 และมีกลิ่นหืนเมื่อค่า TBA เพิ่มขึ้นถึง 1.60 มิลลิกรัมมาโลนัลต่อกรัมไขมัน (ไพศาล และคณะ, 2543)

วรรณภา (2547) ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจาก คัพพะข้าวโพดโดยมีส่วนผสมของสารยัดเกาะที่เหมาะสมดังนี้ น้ำตาลปี๊บ กะทิ เบะแซ และเกลือ ปริมาณร้อยละ 45, 45, 9 และ 1 ตามลำดับ บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ในถุงอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนท พลาสติก 2

ชนิดคือ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate) หนา 12 ไมโครเมตร และ เมทัลไลซ์ พอลิโพรพิลีน (Metalize polypropylene) หนา 25 ไมโครเมตร โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้องอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 35 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะเร่งอุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษาเท่ากับ 26 และ 14 วัน ตามลำดับ สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ธัญชาติ ชนิดแท่งจากคัพพะข้าวโพดมีอายุการเก็บที่สั้น เป็นผลเนื่องมาจากส่วนประกอบที่เป็นกะทิ และ น้ำตาลสูง จึงมีผลต่อการเสื่อม และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ กลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ เมื่อค่า TBA เท่ากับ 0.26 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกรัมไขมัน และ ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบทุกสภาวะ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีค่า วอเตอร์แอคทีวิตีที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง ของวิมลศิริ (2539) ที่ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปแบบผสม ชนิดแท่ง มีค่า a_w เท่ากับ 0.37 ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษา เท่ากับ 65 วัน ซึ่ง กมลวรรณ และคณะ (2547) พบว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องผสม ผลไม้ที่พัฒนาได้ มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 8.10 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.41 ซึ่งปลอดภัยจากการเจริญ ของจุลินทรีย์

1.2 การตลาดของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ตลาดอาหารขบเคี้ยวมีแนวโน้มการขยายตัวค่อนข้างสูง เนื่องจากมีรูปแบบ และรสชาติ ที่แปลกใหม่อยู่เสมอ รวมทั้งมีกิจกรรมทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวใน ตลาดอยู่ตลอดเวลา (Moir, 2001) อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจำพวกผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง หรือ ซีเรียลบาร์ (Cereal bars) ปรากฏขึ้นในตลาดตั้งแต่ปี 1970 โดยบริษัทเจนเนอรัล มิลส์ ได้ส่งกรานูลาร์ ออกสู่ตลาด ในปัจจุบันสินค้าในหมวดหมู่ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งยังคงมีการเจริญเติบโตอย่าง ต่อเนื่องในตลาดสหรัฐอเมริกา โดยในช่วงปี 1999 ถึง 2004 ตลาดของสินค้าในหมวดนี้มีอัตราการ เจริญเติบโตร้อยละ 13.40 โดยผู้นำตลาดในปัจจุบัน ได้แก่ Kellogg, Quaker oats, General Mills, Atkins และ Unilever/Slim-Fast ผลิตภัณฑ์ในหมวดนี้ได้แก่ ธัญพืช หรือขนมขบเคี้ยว หรืออาหาร เข้าแบบแท่ง เช่น Kellogg's Nutri-Grain bars หรือ General Mills' Nature Valley bars หมวด ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งนี้เป็นหมวดอาหารหมวดหนึ่งที่มีการเติบโตเร็วที่สุดเนื่องจากความสนใจ ในอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ ความต้องการขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ และทางเลือกใหม่ในการ ทดแทนอาหารหนึ่งมื้อ และความต้องการขนมขบเคี้ยวและอาหารที่พกพาสะดวก (Mintel, 2005)

ในต่างประเทศ ซีเรียลบาร์เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งซึ่งเป็นรูปแบบของอาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ ซึ่งรูปแบบนี้กำลังเกิดขึ้นในเมืองไทย เนื่องจากเป็นอาหารขบเคี้ยวที่สามารถรับประทานได้ง่าย มีประโยชน์ต่อร่างกาย และที่ไม่สร้างปัญหาเรื่องความอ้วนตามมา (กรุงเทพมหานคร, 2548) จะเห็นได้ว่าแนวโน้มตลาดผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เน้นกลุ่มลูกค้าที่มีความใส่ใจในเรื่องสุขภาพ และต้องการผลิตภัณฑ์ที่รับประทานแล้วมีประโยชน์ต่อร่างกาย

สำหรับในประเทศไทย จากการวิจัยพฤติกรรมของลูกค้าในประเทศไทยในระยะเวลา 1 ปี ของวินเนอร์กรุ๊ปทำให้ทราบถึงกระแสของลูกค้าที่มีความต้องการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ชอบรอบบียี่ห้อ เนเจอร์ วัลเลย์ ที่มียอดขายสูงมากในอเมริกา ด้วยการคิดค้นของ เจนเนอร์ล มิลล์ พบว่า ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ชอบรอบบียี่ห้อทางโภชนาการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพของนักกีฬา เป็นอาหารว่างที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทางวินเนอร์ กรุ๊ป จึงนำสินค้านี้มาทำตลาดในประเทศไทย มีกลุ่มลูกค้าเป้าหมายอายุระหว่าง 25 – 45 ปี โดยมีจุดขายของผลิตภัณฑ์ คือผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ร้อยละ 100 มีส่วนประกอบหลัก คือ ข้าวโอ๊ต ข้าวพอง น้ำผึ้ง โปรตีน ถั่วเหลือง มีทั้งสิ้น 4 รสชาติ คือ รสน้ำผึ้ง รสอบเชย รสเนยถั่ว รสน้ำตาลเมเปิ้ล (บิสิเนสไทย, 2548) ในด้าน “ฟิตเนส” ซึ่งครองตลาดเครื่องดื่มน้ำหนักกว่า ร้อยละ 50 นั้นมีกลุ่มลูกค้าเป้าหมายเป็นผู้หญิงอยากผอม ผลิตภัณฑ์ของฟิตเนสเริ่มจากชาชง มาสู่อาหารคูนน้ำหนักในรูปแบบซีเรียลบาร์ ในชื่อของ “ฟิตแอนฟิว” โดยผลิตภัณฑ์เกิดจากความคิดที่ว่า การดำเนินชีวิตของผู้หญิงทุกวันนี้เปลี่ยนไป คือ มีภาวะที่เร่งรีบในการดำเนินชีวิตประจำวันแต่สิ่งที่ไม่เคยเปลี่ยน คือ อยากผอม และทำให้ยอมอดอาหารบางมื้อ อาหารคูนน้ำหนักในรูปแบบซีเรียลบาร์ จึงเป็นทางเลือกใหม่ของผู้หญิงไทยยุคใหม่ (กรุงเทพมหานคร, 2548)

2. ข้าวกล้อง

ข้าวสามารถจำแนกเป็นประเภทและมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันดังนี้ ข้าวกล้อง คือข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียวเพื่อเอาเปลือก (แกลบ) ออก ข้าวที่ได้จึงเป็นข้าวที่มีสีขาวขุ่นโดยยังมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ ซึ่งจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้เป็นส่วนที่อุดมด้วย วิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร จึงเป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าข้าวประเภทอื่น หรือเรียกว่า ข้าวซ้อมมือ เนื่องจากเป็นข้าวที่เอาเปลือกออกโดยวิธีการดำที่ใช้ในสมัยโบราณ ชาวบ้านโดยทั่วไปจะใช้วิธีดำข้าวกินกันเองจึงเรียกข้าวที่ดำว่า “ข้าวซ้อมมือ” แต่ในปัจจุบันเราใช้เครื่องจักรสีข้าวแทน จึงเรียกข้าวที่สีเอาเปลือกออกว่า “ข้าวกล้อง” ลักษณะของข้าวกล้องจะมีผิวเมล็ดไม่เรียบ สีน้ำตาลเนื่องจาก

สารสีที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด มีลักษณะติดอยู่ด้านท้องของเมล็ด และข้าวขาวหรือข้าวสาร คือข้าวที่เกิดจากการขัดสีหลาย ๆ ครั้ง จนเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวหลุดออกไปเหลือแต่เนื้อในของข้าวเปลือก (วิจิตร, 2546) และข้าวที่มักนำมารับประทานเป็นของว่าง ได้แก่ ข้าวเฒ่า ซึ่งก็คือข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่จัด เอามาคั่วแล้วตำให้แบน (อรอนงค์, 2547) การผลิตข้าวเฒ่ามักนำพันธุ์ข้าวเหนียวมาใช้มากกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเฒ่าที่ได้จากพันธุ์ข้าวเจ้านั้นจะมีความนุ่มน้อยกว่า ซึ่งข้าวที่ใช้ผลิตข้าวเฒ่ามี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้ข้าวอ่อน และชนิดที่ใช้ข้าวแก่ ข้าวเฒ่าแบบแรกใช้ข้าวที่เก็บเกี่ยวหลังติดเมล็ดแล้วประมาณ 15-20 วัน หรือที่เรียกว่า ข้าวอ่อน เป็นข้าวที่อยู่ในระยะสะสมแป้ง ให้ข้าวเฒ่าที่มีสีเขียวลึกน้อย และมีกลิ่นหอม ถ้าเมล็ดข้าวเข้าสู่ระยะแก่ตัว เนื้อข้าวจะแข็งไม่เหมาะสำหรับทำข้าวเฒ่า ข้าวที่เหมาะสมในการทำข้าวเฒ่าสังเกตได้จากสี คือควรมีสีเขียวออกเหลืองเล็กน้อย ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพื่อทำข้าวเฒ่าจะเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงตุลาคมของทุกปี (เปรมฤทัย, 2542)

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องได้จากข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือก ประกอบไปด้วย เซลลูโลส ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดออกไปเรียกว่า แกลบ มีอยู่ประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของข้าวเปลือก เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างข้าวกล้อง และข้าวขัดขาว พบว่า ข้าวกล้องให้ผลผลิตมากกว่า ไม่ต้องใช้พลังงานในการขัดสี ลดการสูญเสียรำละเอียด และปริมาณข้าวหัก (สายสนม, 2541) องค์ประกอบที่สำคัญ และมีอยู่มากในเมล็ดข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสะสมอยู่ในรูปของสตาร์ช รองลงมาเป็นโปรตีน และไขมัน

2.1.1 คาร์โบไฮเดรต

ในเมล็ดข้าวจะมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 90 ซึ่งองค์ประกอบหลักของสตาร์ช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพกติน ปริมาณอะไมโลสในข้าวจะมีอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 7 – 33 ส่วนที่เหลือจะเป็นอะไมโลเพกติน อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน มีผลต่อสมบัติด้านต่าง ๆ ของสตาร์ช โดยมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความใส และความหนืดของ Paste แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะคือน้ำ และมีการพองตัวของเม็ดแป้งช้าลง จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าปกติเพื่อให้เกิดการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างสมบูรณ์ (Cagampang *et al.*, 1973)

2.2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีในข้าวกล้องมากเป็นที่ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรต โดยมีอยู่ประมาณร้อยละ 8.30 - 9.60 แต่คุณภาพของโปรตีนในข้าวไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัวต่ำ เช่น ไลซีน ธีโรนีน และโอโซลูซีน (Probhavat, 1989) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นอันดับแรก) First limiting amino acid) และเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย (สายสนม, 2541) โปรตีนที่พบแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติในการละลายในตัวทำละลาย (Chavan and Duggal, 1978) ดังนี้

- 1) กลูเตลิน (Glutelin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นด่างหรือเรียกว่าโอไรนิน (Oryzenin) พบในข้าวประมาณร้อยละ 80-85
- 2) อัลบูมิน (Albumin) ละลายได้ดีในน้ำ มีกรดอะมิโนไลซีนอยู่สูง
- 3) กลอบูลิน (Globulin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอมโมเนียมซัลเฟต มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนร่วมกับกรดอะมิโนในโปรตีนส่วนที่เป็นอัลบูมินประมาณร้อยละ 10-15
- 4) โพรลามิน (Prolamin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์

2.2.3 ไขมัน

ข้าวกล้องมีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 2.10-3.30 เป็นปริมาณที่ต่ำ แต่มีสารที่มีคุณประโยชน์หลายชนิดประกอบอยู่ มีกรดไขมันอิ่มตัว ร้อยละ 19 กรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 77 ประกอบด้วย กรดโอเลอิก (Oleic acid) ร้อยละ 41 กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ร้อยละ 34.30 และ กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) ร้อยละ 1.70 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 4 เป็นสารประกอบที่ไม่ถูกสaponifiy (Unsaponifiable matter) ได้แก่ โอไรซานอล (Oryzanol) ร้อยละ 20-30 ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ คือ Ferulic acid ester of triterpenoid alcohol ทำหน้าที่เป็นตัวต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ มีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้ เป็นส่วนที่มีคุณค่ามาก และมีอยู่สูงกว่าในพืชอื่น ๆ (สายสนม, 2541)

2.2.4 วิตามินและเกลือแร่

ข้าวกล้องเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบางชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอาซิน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อร่างกายในการควบคุมเมตาโบลิซึมต่าง ๆ และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ข้าวกล้องยังเป็นแหล่งฟอสฟอรัส และเหล็กที่ดี แต่มีแคลเซียมค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมัน (สายสนม, 2541)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง

Lu and Luh (1991) ได้ทำการศึกษาสัดส่วน และปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในแอนโดสเปิร์ม คัพพะ และรำของข้าวกล้อง พบว่าแอนโดสเปิร์มมีสตาร์ช ร้อยละ 90.20 โปรตีน ร้อยละ 7.80 ไขมันร้อยละ 0.50 เส้นใยร้อยละ 0.40 เถ้าร้อยละ 0.60 และอื่น ๆ ร้อยละ 0.40 ส่วนคัพพะ และรำมีสตาร์ช ร้อยละ 2.40 -16.0 โปรตีนร้อยละ 15.20 – 20.20 ไขมันร้อยละ 20.10 – 21.60 เส้นใย ร้อยละ 3.50 – 10.70 เถ้า ร้อยละ 7.90 – 9.60 และอื่น ๆ ร้อยละ 4.40 – 28.40 ตามลำดับ เมื่อขัดสีข้าวกล้อง ทำให้ส่วนคัพพะ และรำของข้าวกล้องที่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เกลือแร่ และวิตามินสูง แยกออกไปกับแกลบเหลือแต่ข้าวขาวที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงประมาณ ร้อยละ 80 ในปี 1975 Juliano ได้ศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่ใช้ในการหุงต้มในข้าวขัดขาวเสริมวิตามินและข้าวกล้อง พบว่าปริมาณไทอะมินในเมล็ดข้าวจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไทอะมินระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดขาวเสริมวิตามิน นั้นพบว่า ที่ทุกระดับความเป็น กรด - ด่าง เวลาในการหุงต้มเท่ากัน ข้าวกล้องมีปริมาณไทอะมินสูงกว่าข้าวขัดขาวเสริมวิตามิน รวมทั้งที่ระดับความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 6.50 และ 7.0 ข้าวกล้องที่หุงนาน 35 และ 50 นาที ยังคงมีปริมาณไทอะมินสูงกว่าข้าวขัดขาวเสริมวิตามินที่หุงนาน 20 นาที

นอกจากคุณค่าทางโภชนาการแล้วข้าวกล้องยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านของการป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ ดังเช่นในการทดลองของ Hallfrisch และคณะ (2003) ที่ศึกษาการรับประทานธัญพืช ได้แก่ ข้าวสาลีเต็มเมล็ด และข้าวกล้องเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่มีธัญพืชดังกล่าว ในชายอายุ 21 ปีที่มีสุขภาพดี พบว่า การรับประทานข้าวสาลีเต็มเมล็ด และข้าวกล้องเพิ่มไปในมื้ออาหารปกติสามารถลดความดันลงได้โดยทำให้ระดับการบีบและคลายตัวของหัวใจลดลงอีกทั้งของเสียที่ขับออกจากร่างกายประเภทฟอสฟอรัส และยูเรียในไตรเจนก็จะลดลงหลังจากรับประทานข้าวสาลีเต็มเมล็ด และข้าวกล้อง นาน 5 สัปดาห์ จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า การบริโภคธัญพืชเพิ่มเติม

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาว

สารอาหาร	ประโยชน์	ข้าวกล้อง (ร้อยละ)	ข้าวขาว (ร้อยละ)
คาร์โบไฮเดรต	ให้พลังงานแก่ร่างกายและช่วยในการเจริญเติบโต	75.10	79.40
ไขมันไม่อิ่มตัว	ทำให้ร่างกายอบอุ่นช่วยละลายวิตามินที่สามารถละลายในไขมัน	7.10	6.70
ใยอาหาร	ทำให้ขับถ่ายสะดวกป้องกันการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังช่วยดูดซับไขมันและน้ำตาลพร้อมไขมันชนิดไม่อิ่มตัวช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ป้องกันการสะสมของไขมันในหลอดเลือด	2.10	0.70
เกลือแร่ วิตามิน	ช่วยเสริมสร้างการทำงานของระบบ		
โซเดียม	ต่าง ๆ ในร่างกาย	84.00	79.00
โพแทสเซียม		144.00	121.00
แคลเซียม	ช่วยสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง	9.00	6.00
ฟอสฟอรัส		267.00	195.00
แมกนีเซียม		60.00	27.00
เหล็ก		1.30	1.20
ทองแดง		0.11	0.14
บีหนึ่ง	ช่วยในการทำงานของระบบประสาทในการบังคับกล้ามเนื้อ	0.76	0.07
บีสอง	ป้องกันโรคปากนกกระจอก		
	ช่วยในการทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาท	0.04	0.02
ไนอาซิน		5.40	1.79

ที่มา: ข้อมูลจากกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2545)

ไปในอาหารทั้งจากแหล่งที่เป็นเส้นใยที่ละลายได้ในน้ำ (Soluble fiber) และไม่ละลายในน้ำ (Insoluble fiber) สามารถลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจที่เป็นสาเหตุการตายในอันดับต้น ๆ ของยุคปัจจุบัน

2.3 ความสำคัญของข้าวต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งของโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย จะปลูกข้าว และบริโภคข้าวมากถึงร้อยละ 90 ของข้าวที่ผลิตได้ ดังนั้นพลังงานที่ได้รับในแต่ละวันจึงมาจากข้าวถึงร้อยละ 80 โดยบริโภคในลักษณะข้าวหุงสุกเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังบริโภคข้าวที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ลักษณะอื่นที่สะดวกรวดเร็ว เสียเวลาเตรียมน้อยลง เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวกระป๋อง ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากข้าว และผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าว เป็นต้น (อรอนงค์, 2547)

USA Rice Federation ทำการสำรวจความคิดเห็นของบริษัทต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมอาหารถึงการใช้ประโยชน์จากข้าว พบว่า ร้อยละ 96 ให้ความเห็นว่า ข้าวเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ ร้อยละ 54 เห็นว่าข้าวเหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ เพื่อให้มีพลังงานต่ำ และเสริมสุขภาพได้ดี ร้อยละ 95 คิดว่าข้าวจะปรับปรุงอาหารชนิดเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น โดยเน้นเรื่องพลังงานต่ำ และเสริมสุขภาพมากขึ้น สำหรับปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้ข้าวในส่วนผสมอาหารก็คือลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ความนิยมนของผู้บริโภค ราคา และปริมาณวัตถุดิบที่มีเพียงพอในการใช้ เนื่องจากข้าวมีคุณสมบัติด้านองค์ประกอบที่เหมาะสมคือ มีโซเดียมน้อย ไขมันต่ำ ไม่มีคลอเรสเตอรอล เก็บรักษาได้นาน และไม่มีสารที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ สามารถใช้ประโยชน์คล้ายสารอิมัลซิไฟเออร์ และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสอาหารให้ดีขึ้น ทำให้ข้าวมีความเหมาะสมในการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการแก่ผู้บริโภคในอนาคตได้มากมาย (อรอนงค์, 2542)

จากความแตกต่างของเมล็ดข้าว และองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้าวแต่ละชนิด ทำให้การแปรรูปข้าวมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ในระดับอุตสาหกรรมที่สามารถพัฒนาจากข้าว (อรอนงค์, 2542) ได้แก่

2.3.1 แป้งข้าว (Rice flour)

เป็นแป้งที่ได้จากการโม่เมล็ดข้าวให้ละเอียด มีทั้งชนิดของแป้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ ข้าวหัก หรือปลายข้าว กรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตมี 3 วิธี การโม่แห้ง วิธีการโม่ น้ำ และวิธีผสมแป้งที่ได้จากการโม่แห้งมักเป็นแป้งที่มีลักษณะหยาบ คุณภาพต่ำ มีสิ่งเจือปนมาก แป้งที่ได้มีอายุการเก็บรักษาสั้นเพราะจะเกิดกลิ่นหืนจากไขมันที่ยังเหลือในเมล็ดข้าว และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย วิธีการโม่ น้ำ เป็นวิธีที่แพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน แป้งที่ผลิตได้มีคุณภาพที่ดี มีสิ่งเจือปนน้อย มีความละเอียดสูง การผลิตปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นการผลิตแป้งข้าวเจ้า ชนิดอะไมโลสสูง และการผลิตแป้งข้าวเหนียวก็ใช้วิธีโม่ น้ำ เช่นเดียวกัน ส่วนวิธีผสมนั้นจะมีการแช่ข้าวก่อนทำการโม่ จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยลมร้อนสูงเพื่อให้ข้าวสุก และลดความชื้นเหลือ ร้อยละ 9-10 นำไปทำการโม่ละเอียด แป้งที่ได้มีคุณภาพสูงเพราะเอนไซม์ที่จะย่อยไขมันถูกทำลายด้วยความร้อน นิยมใช้ในการผลิตแป้งข้าวเหนียวสำหรับทำขนมโก๋ Schoch (1984) พบว่าแป้งข้าวเจ้าที่ได้จากการโม่แบบแห้งให้ความเข้มข้นหนืดน้อยกว่าการโม่แบบเปียก เพราะยังมีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช จึงขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ส่วนการโม่แบบเปียกมีการชะล้างโปรตีนบางส่วนออกไป เม็ดสตาร์ชจึงพองตัวและให้ความเข้มข้นหนืดได้ดีกว่า Juliano (1972) พบว่าโปรตีนที่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำซึ่งยังคงอยู่ในแป้งที่ได้จากการโม่เปียก มีผลทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวได้ไม่เต็มที่ Chen *et al.*, (1999) เปรียบเทียบสมบัติทำการทดลองโม่ข้าวแบบเปียก และแบบแห้ง พบว่า การโม่ข้าวแบบเปียกจะให้เนื้อสัมผัสของแป้งดีกว่าการโม่แบบแห้ง แต่การโม่แบบเปียกทำให้วิตามินที่สามารถละลายน้ำสูญเสียบางส่วนรวมทั้งการสูญเสียของอัลบูมิน น้ำตาล และไขมันในระหว่างการโม่อีกด้วย สีของแป้งที่ได้จากการโม่เปียกมีสีขาว และขนาดของอนุภาคที่ได้เล็กกว่าการโม่แบบแห้งผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าว มักทำเป็นอาหารเส้น เช่น ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เส้นหมี่ อาหารว่าง เช่น ขนมอบกรอบ อาหารหวาน เช่น ขนมถ้วย และขนมชั้น เป็นต้น (อรอนงค์, 2542)

2.3.2 สตาร์ชข้าว (Rice starch)

เป็นสตาร์ชที่ผ่านการแยกส่วนของโปรตีนออกจนมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูงมาก การแยกโปรตีนมักใช้แยกด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์หลาย ๆ ครั้ง แล้วทำการล้างออกด้วยน้ำ จากนั้นแยกน้ำแล้วอบแห้ง สามารถนำไปใช้ในการเกษตรกรรมเช่น ในการผลิตยาเม็ด และสามารถนำไปทำแป้งฟูนทาน้ำ เป็นต้น

2.3.3 ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นและแผ่น

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นหมี่ และขนมจีน ปัจจุบันการใช้ข้าวสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหล่านี้เพื่อบริโภคภายในประเทศ และส่งออก ข้าวที่เหมาะสมในการผลิตเป็นข้าวที่มีอะไมโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 27 และควรเป็นข้าวเก่า 3-4 เดือน นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบประเภทเดียวกัน เช่น แป้งแผ่น หรือใบเมี่ยง

2.3.4 ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทฟองกรอบ (Expanded product)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการที่ทำให้แป้งข้าวเกิดการขยายตัว ซึ่งมีหลายประเภทที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ผลิตด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น

- 1) การฟองด้วยความร้อน (Baking) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาราเร่ (Arare) ที่ทำจากข้าวเหนียว และเซมเบ้ (Sembei) ที่ทำจากข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ
- 2) การฟองที่เกิดจากแรงดันที่อุณหภูมิสูง (Extrusion) เป็นการฟองตัวของแป้งเมื่อแป้งได้รับความร้อนสูง และความดันสูง จากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียวทำให้แป้งและองค์ประกอบเกิดการหลอมตัว เมื่อเคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศความดันจะลดลง ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจาย และระเหยออกในทันที มีผลดันก้อนแป้งให้เกิดรูพรุนกระจายทั่วไป
- 3) การฟองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (Puffing machine) หลักการของเทคโนโลยีเหมือนกับ Extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกดและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์นี้ได้แก่ Rice cake
- 4) การฟองตัวที่เกิดจากการอบที่ความร้อนสูงหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด

2.3.5 อาหารเด็กอ่อน

มีการนำข้าวมาทำเป็นอาหารเด็กอ่อน (Infant food) ในรูปของแป้งหรือเป็น เมล็ดหยาบ (Granulated rice) เช่น การนำปลายข้าวป่นมาทำให้สุกก่อน แป้งที่ผ่านกระบวนการ เอกซ์ทรูชั่น สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ได้ดีเช่นกัน เพราะโครงสร้างของแป้งถูกทำลาย และย่อยได้ง่าย

2.3.6 ข้าวถึงสำเร็จรูป (Quick cooking rice) ประเภทต่าง ๆ เช่น

1) Retort rice เป็นข้าวสุกปิดผนึกในถุงพลาสติกแบบลามิเนต และผ่านการฆ่าเชื้อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องได้นาน 6 เดือน

2) Canned rice แบ่งได้ 2 ประเภทคือ Wet pack เป็นข้าวสารพร้อมเครื่องปรุง และน้ำซุ๊ปในกระป๋องแล้วทำการนึ่ง ปิดผนึกและฆ่าเชื้อ Dry pack อาจจะมีการปรุงรสหรือไม่ปรุงรสก็ได้ ข้าวที่บรรจุจะมีลักษณะเป็นข้าวผัดแห้ง

3) Cup rice เป็นข้าวสุกที่ทำให้แห้งและใส่เครื่องปรุง เมื่อจะรับประทานเพียง ใส่น้ำร้อน 3-5 นาที

4) Gelatinized rice เป็นข้าวสุกที่ทำให้แห้ง มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวหุงปกติ ได้แก่ โจ๊กถึงสำเร็จรูป

5) Expanded rice เป็นการนำเมล็ดข้าวหรือข้าวหักมาทำให้พองและเกิดรูพรุน ภายใน เมื่อนำมาแช่น้ำร้อนก่อนบริโภคจะดูดซึมน้ำได้รวดเร็ว เช่น ผลิตภัณฑ์โจ๊กถึงสำเร็จรูป เป็นต้น

2.3.7 ผลิตภัณฑ์หมักดอง (Brewing) ได้แก่

ข้าวหมาก เหล้า สาโท เต้าเจี้ยว น้ำส้มสายชู และส่วนประกอบของการผลิต เบียร์

2.3.8 น้ำมันรำข้าว น้ำมันจากรำข้าวเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี เพราะมีไขมันอิ่มตัวน้อย ทำให้มีคอเลสเตอรอลต่ำ ในน้ำมันรำข้าวจะมีไฟร่าข้าวปะปนอยู่ ส่วนนี้อาจจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมในเครื่องสำอาง และนำมาเคลือบผลไม้ช่วยยืดอายุได้นานขึ้น(งามชื่น, 2538)

ตลาดของอาหารขบเคี้ยวจากข้าว มักเป็นการผลิตขนมกรอบจากข้าวโดยมีวัตถุดิบหลักคือ ข้าวท่อน หรือข้าวต้มเมล็ด สำหรับตลาดในประเทศนั้นส่วนใหญ่จะเป็นตราสินค้าจากต่างประเทศที่เข้ามาร่วมทุนกับคนไทย ขนมปังกรอบเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เช่น ลูกกี บิสกิต แครกเกอร์ สำหรับขนมกรอบจากข้าว อาราร์ และเซมเบ้ ยังไม่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากผู้บริโภคยังไม่คุ้นเคยกับการบริโภคขนมที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว ประกอบกับราคาผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง ผู้ผลิตส่วนใหญ่จึงผลิตเพื่อการส่งออก อย่างไรก็ตามการบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจุบันการประชาสัมพันธ์อาหารเพื่อสุขภาพมีมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว ด้านการตลาดต่างประเทศ จากตัวเลขการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปของไทยจะเห็นได้ว่าขนมปังกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุด โดยพบว่าในช่วงปี 2540-2544 ขนมปังกรอบสามารถส่งออกได้เฉลี่ยปีละ 21,139 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากถึง 1,633 ล้านบาท หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มของปริมาณ และมูลค่าส่งออกเฉลี่ย ร้อยละ 14.67 และ 15.48 ตามลำดับ ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ ซาอุดีอาระเบีย และสิงคโปร์ โดยพบว่ามียอดการนำเข้าเพิ่มขึ้นทุกปีในตลาด (นุชจรินทร์, 2547)

2.4 น้ำมันรำข้าว

รำข้าวนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทางรวมทั้งใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมัน ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนกับน้ำมันพืชทั่วไป น้ำมันรำข้าวดิบประกอบไปด้วยไขมันที่เป็นกลาง (Neutral lipid) ร้อยละ 89-88 ไฟร่าข้าว ร้อยละ 4.0 กรดไขมันอิสระ ร้อยละ 2-4 และสารที่สะพอนิไฟน์ไม่ได้ (Unsaponifiable matter, USM) ร้อยละ 4 น้ำมันที่รีไฟร์แล้วไม่เป็นไข และไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องหรือแม้กระทั่งที่ -18 องศาเซลเซียส น้ำมันรำข้าวที่รีไฟร์แล้วนั้นมีส่วนประกอบหลักเป็นไตรเอซิลกลีเซอรอล ร้อยละ 95.80 โดยน้ำหนัก ที่เหลือเป็นสารประกอบที่ละลายในไขมัน ได้แก่ พวกลีพิดสเตอรอล (นัยนาและเรวดี, 2545)

การที่น้ำมันรำข้าวลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ และหลอดเลือดอุดตัน เพราะน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งมากพอสมควร มีกรดไขมันอิ่มตัว

ตำแหน่งเดียวปริมาณมากมีสารประกอบกลุ่มไฟโตสเตอรอล และกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ ไฟโตสเตอรอลทั้งหลายจะลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล (นัยนาและเรวดี, 2545) น้ำมันรำข้าวมีสารป้องกันการออกซิไดส์หลายชนิดได้แก่ แอลฟา-โทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล และโอโรซานอล ทั้งโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลเป็นสารในกลุ่มวิตามินอี โทโคเฟอรอล มีทั่วไปในน้ำมันพืชทุกชนิด ส่วนโทโคไตรอีนอลมีในน้ำมันพืชบางชนิด สำหรับโอโรซานอลมีเฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น โอโรซานอลมีฤทธิ์การป้องกันการออกซิไดส์มากกว่าโทโคไตรอีนอล และโทโคไตรอีนอลมีฤทธิ์มากกว่าโทโคเฟอรอล การที่มีสารป้องกันการออกซิไดส์ทั้งสามชนิดนี้ จะช่วยทำให้น้ำมัน รำข้าวคงสภาพได้นานที่อุณหภูมิต่ำหรือสูง หรือแม้อุณหภูมิที่สูงมากในขณะปรุงประกอบอาหาร เช่น ทอด โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ (สี กลิ่น และรส) และคุณสมบัติทางเคมี (สารประกอบในน้ำมัน) นอกจากนี้โอโรซานอล และโทโคเฟอรอล ยังช่วยลดระดับไขมันในเลือดอีกด้วย ในน้ำมันรำข้าวมีสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติอยู่ 2 ชนิด ดังนี้ (นัยนาและเรวดี, 2545)

2.4.1 โทโคฟีรอล (Tocopherol)

ในรำข้าวมีโทโคฟีรอลร้อยละ 0.10-1.0 (Koa and Luh, 1991) เป็นวิตามินอีพบทั่วไปในส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของอาหาร โทโคฟีรอลมีความคงตัวต่อกรด และภาวะที่ไม่มีออกซิเจน แต่ไม่ทนต่อแสงอัลตราไวโอเลต และจะสลายตัวเมื่อมีออกซิเจนอยู่ด้วย โทโคฟีรอลป้องกันการเกิดออกซิเดชันให้กับไขมันที่ไม่อิ่มตัว และวิตามินเอ ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นวิตามินอีของโทโคฟีรอลแต่ละไอโซเมอร์ คือ $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะตรงข้ามกัน คือ $\delta > \gamma > \beta > \alpha$ (นิธิยา, 2543) เมื่อเก็บรักษารำข้าวเป็นเวลานานทำให้สารต้านออกซิเดชันมีปริมาณลดลง น้ำมันจะเกิดการออกซิเดชัน และหืนโดยมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลา ความชื้น ไอออนของโลหะ และปริมาณออกซิเจน (Shin *et al.*, 1997) ผลการวิเคราะห์น้ำมันรำข้าว พบว่ามีไอโซเมอร์ 2 ชนิดคือ α - และ γ -โทโคฟีรอล ในขั้นตอนการรีไฟน์ปริมาณโทโคฟีรอลลดลงตามลำดับ โดยลดลงมากที่สุดในขั้นตอนการกำจัดกลิ่น (วรารพร, 2543)

โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) เป็น analog ของโทโคฟีรอล มักพบในเมล็ด โดยเฉพาะธัญชาติ และผลไม้ ในน้ำมันรำข้าวดิบมีโทโคไตรอีนอลร้อยละ 1.70 (Roger *et al.*, 1993) มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันเนื่องด้วยมีความสามารถให้ฟีนอลิกไฮโดรเจนแก่อนุมูล

อิสระของไขมันเช่นเดียวกับโทโคฟีรอลแต่จะมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันสูงกว่าโทโคฟีรอลเล็กน้อย โทโคไตรอินอลมีผลในการลดระดับคลอเลสเตอรอลโดยตรงในขณะที่โทโคฟีรอลจะขัดขวางการสังเคราะห์คลอเลสเตอรอลในร่างกาย (นัยนาและเรวดี, 2545) โทโคไตรอินอลก็เช่นเดียวกับโทโคฟีรอลสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงการเก็บรักษา ทำให้เกิดการสูญเสียโดยมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องเช่นเดียวกับโทโคฟีรอล (Shin *et al.*, 1997)

2.4.2 โอไรซานอล (Oryzanol)

เป็นเอสเทอร์ของกรดเฟอรูลิกกับ Triterpene alcohol (Sayer and Saunderm, 1990) ในน้ำมันรำข้าวดิบมีโอไรซานอลร้อยละ 1.30-3.0 (Okada and Yamaguchi, 1983) มีฤทธิ์ในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าโทโคฟีรอลและโทโคไตรอินอล และเป็นสารช่วยในการเจริญเติบโตของมนุษย์ช่วยให้เลือดไหลเวียนได้สะดวกและกระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมน (Okada and Yamaguchi, 1983) โอไรซานอลลดการดูดซึมของคลอเลสเตอรอลในอาหารซึ่งการตรวจอูจาระของกลุ่มคนที่ได้รับโอไรซานอลจะมีคลอเลสเตอรอลมากกว่ากลุ่มคนที่ไม่ได้รับโอไรซานอล (นัยนาและเรวดี, 2545) γ -โอไรซานอล ในน้ำมันรำข้าวมีอนุพันธ์ทั้งหมด 10 ชนิด แต่ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ Cycloartemyl ferulate, 2, 4-methylenecycloartemyl ferulate และ Campesteryl ferulate (Xu and Godber, 1999) การศึกษาการสูญเสียโอไรซานอลในแต่ละขั้นตอนของการผลิตน้ำมันรำข้าวในอุตสาหกรรม พบว่าในแต่ละขั้นตอนการผลิตปริมาณโอไรซานอลลดลงตามลำดับโดยลดลงมากที่สุดในช่วงขั้นตอนการกำจัดกัม และทำให้เป็นกลาง

ถึงแม้ว่าน้ำมันรำข้าวจะประกอบไปด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง แต่น้ำมันรำข้าวมีลิโนเลอิกต่ำ และมีสารต้านออกซิเดชันเป็นจำนวนมาก จึงมีการนำน้ำมันรำข้าวมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางเพราะน้ำมันรำข้าวสามารถทนต่อการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันเมล็ดฝ้าย และมีรายงานว่าน้ำมันรำข้าวเกิดกรดไขมันอิสระต่ำกว่าน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 50 ชั่วโมง ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.23 - 1.30 สำหรับน้ำมันปาล์มโอเลอิน แต่น้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.17- 0.64 เท่านั้น (Yoon *et al.*, 1987) นอกจากนี้ น้ำมันรำข้าวยังมีข้อดีหลายอย่าง เช่น เมื่อใช้ทอดจะให้กลิ่นรสดี มีค่าเปอร์ออกไซด์ การเกิดฟอง กรดไขมันอิสระ และการเกิดโพลีเมอร์ต่ำด้วย (Lynn *et al.*, 1968; Kim and Yum, 1983) น้ำมันรำข้าวยังเหมาะสำหรับทำมาของเนสหรือน้ำสลัด เนื่องจากว่าสามารถทนต่อ

อุณหภูมิต่ำได้ดี อิมัลชันที่เกิดขึ้นกับสารประกอบอื่นก็มีความคงตัวดี สเตียรินที่แยกได้ด้วยกระบวนการวินเทอไรเซชัน สามารถนำมาผลิตเนยเทียมหรือเนยขาวได้ (Yoon *et al.*, 1987) น้ำมันรำข้าวที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมในการบริโภค จึงมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ หรือใช้ผลิตไขมันแข็ง กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กลีเซอริน และสบู่ ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่น ไขมันรำข้าวมีลักษณะคล้ายกับไขมันจากพืชสามารถใช้ทำขนมหวาน เครื่องสำอาง ยาขจัดรองเท้าหรือใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Chang *et al.*, 1980)

3. สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ สารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ และไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (Whistler and James, 1999)

3.1 สารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive Sweeteners)

คือ สารที่ให้รสหวานและให้พลังงาน(แคลอรี) ได้แก่ ซูโครส ดี-ฟรุกโทส ดี-กลูโคส (เดกซ์โทส) ไซรัป (คอร์นไซรัป) ไฮฟรุกโทสคอร์นไซรัป เมเปิล ไซรัป น้ำผึ้ง กากน้ำตาล (Molasses) น้ำตาลแอลกอฮอล์ (D-glucitol, Mannitol, Hydrogenated syrup) มอลโตเดกซ์ตริน นีโอซูการ์ และแอสพาร์แทม สำหรับแอสพาร์แทมเป็นไดเปปไทด์เอสเทอร์ ซึ่งถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ โดย U.S. Food and Drug Administration (FDA) เนื่องจากในน้ำหนักแห้งที่เท่ากันแอสพาร์แทมให้ปริมาณแคลอรีเท่ากับคาร์โบไฮเดรต อย่างไรก็ตาม แอสพาร์แทมก็จัดเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากการนำไปใช้ในปริมาณที่น้อยมาก ทั้งนี้ด้วยประสิทธิภาพของการให้รสหวานในแอสพาร์แทมมีมากกว่า เพราะในปริมาณซูโครส 200 กรัม สามารถใช้แอสพาร์แทมแทนได้ในปริมาณ 1 กรัม

สารให้ความหวานที่ให้คุณค่าทางโภชนาการนี้ นอกจากมีคุณสมบัติในการให้รสหวานแล้วยังให้ความหนืด เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปาก สามารถจับและรวมตัวกับน้ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงความชุ่มชื้นและยังเป็นสารป้องกันการเสื่อมเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดค่าออกซิเดชันของไขมัน ช่วยลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม และขนมหวานแช่แข็ง ให้สี และกลิ่นรส (Millad, non-enzymatic browning) ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และเบอเกอรี่ และเป็นแหล่งของคาร์บอนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เกิดการหมัก เช่น ในการผลิตขนมปัง ผักผลไม้ดอง และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

3.1.1 ไฮฟรุกโทสไซรัป (High fructose syrup)

น้ำเชื่อมไฮฟรุกโทส คือ สารให้ความหวานชนิดให้พลังงาน (Nutritive sweetener) ชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรุกโทส และน้ำตาลกลูโคส/เดกซ์โตรส ส่วนประกอบอื่น ๆ คือ High saccharides และน้ำ

การผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะทำการ Isomerization กลูโคสโดยเอนไซม์ กลูโคสไอโซเมอเรส (Glucose isomerase) จะได้น้ำเชื่อมฟรุกโทสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 42 ซึ่งน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำตาลฟรุกโทสร้อยละ 42 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 55 และน้ำเชื่อมฟรุกโทสความเข้มข้นร้อยละ 55 ตลาดมีขนาดใหญ่กว่า (ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม) โดยมีน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลัก คือ มีน้ำตาลฟรุกโทสร้อยละ 55 และน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 42 ซึ่งไม่สามารถผลิตได้จากน้ำเชื่อมกลูโคสโดยตรง แต่ผลิตได้โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแยกฟรุกโทสออกจากกลูโคสโดยวิธีแบบแลกเปลี่ยนประจุ นอกจากนี้ยังสามารถผลิตน้ำเชื่อมฟรุกโทสความเข้มข้นร้อยละ 90 ได้ด้วย (กล้าณรงค์, 2546)

คุณสมบัติของ High fructose syrup (HFS) ด้านความหวาน ฟรุกโทส เป็นน้ำตาลธรรมชาติที่มีความหวานที่สุด ในบรรดาน้ำตาลธรรมชาติด้วยกัน HFS นั้นมีความหวานที่มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งเป็นผลมาจากการรวมตัวกันของความหวานที่นุ่มนวล (Delicate sweetness) ของฟรุกโทส และความหวานสดชื่น (Refreshing sweetness) ของกลูโคส เป็นผลให้ HFS ให้ความหวานที่มีลักษณะสดชื่น เนื่องจากเป็นความหวานที่มีลักษณะรับรู้รสได้ไวและจางหายไปเร็ว สำหรับความหวานของน้ำตาลมีผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้น, อุณหภูมิ และค่าพีเอช ซึ่งความหวานของกลูโคสจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่ม แต่ในทางกลับกัน ฟรุกโทส จะมีแนวโน้มที่ตรงข้าม และเมื่ออุณหภูมิลดลง ความหวานของ HFS จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลรีดิวัซ์ ซึ่ง นั้นเมื่อละลายในน้ำจะอยู่ในสมดุลระหว่าง α -type และ β -type และในกรณีของฟรุกโทส β -type จะมีความหวานมากกว่า α -type ที่ภาวะสมดุล เมื่ออุณหภูมิลดลง α -type จะเปลี่ยนไปเป็น β -type จึงเป็นผลให้ความหวานเพิ่มมากขึ้น

ความสามารถในการละลาย เนื่องจากที่อุณหภูมิห้อง HFS จะอยู่ในสถานะของเหลวทำให้ไม่ต้องนำไปละลายน้ำก่อนนำไปใช้ อย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้นเท่า ๆ กัน HFS มีความสามารถในการละลายสูงกว่าน้ำตาลทราย และกลูโคส และสามารถด้านการตกผลึกได้

ดีกว่าน้ำตาลทรายอีกด้วย ดังนั้น HFS จึงมีประโยชน์ในการนำไปควบคุมการตกผลึกของน้ำตาล เช่น ลูกก๊ี้ ที่ใช้ HFS เพื่อยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลและช่วยให้ผลิตภัณฑ์นุ่ม และเหนียวขึ้น (Alexander, 1998) ได้เช่นเดียวกับ Medium invert sugar และยังสามารถยับยั้งการฟอร์มตัวของผลึกในลูกอมชนิดนุ่มได้ (สุวรรณา, 2543)

HFS ประกอบไปด้วยโมโนแซคคาไรด์คือ ฟรุกโทส และกลูโคส ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จึงส่งผลให้ HFS มีแรงดันออสโมติกที่สูงกว่าน้ำตาลทราย การมีแรงดันออสโมติกที่สูงและค่าออสโมติกที่ต่ำนี้เองทำให้ HFS มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าน้ำตาลทราย (กล้าณรงค์, 2542)

เมื่อนำ HFS ไปผลิตอาหารที่มีสารประกอบกลุ่มอะมิโน และอุณหภูมิความร้อนไปพร้อม ๆ กัน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวาน (Confectionery) และอุตสาหกรรมเบเกอรี่ (Bakery) ได้ และยับยั้งปฏิกิริยา Oxidative ในอาหารมีประโยชน์ในการรักษาสีของสตอเบอรี่รีกวน หรือผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล เพราะช่วยลดการซึมผ่านของออกซิเจนได้ (กล้าณรงค์, 2542) HFS มีความสามารถในการดูดความชื้นมากกว่าน้ำตาลทรายและ Medium invert sugar จากคุณสมบัตินี้ HFS จึงนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางในผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมฝรั่งที่ใช้ไข่แทนเชื้อฟู (Sponge Cake) เนื่องจากการเก็บกักความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการคงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ด้านความหนืด หากระดับการย่อยของ Starch sugar สูงขึ้น ความหนืดก็จะยิ่งน้อยลง เนื่องจาก HFS มีความหนืดน้อยกว่า Liquid sugar เมื่อเปรียบเทียบในระดับความเข้มข้นเดียวกัน จึงทำให้ HFS ถูกนำไปใช้งานได้ง่าย ถึงแม้จะอยู่ในระดับความเข้มข้นสูงก็ตาม (สุวรรณา, 2543)

3.1.2 กลูโคสไซรัป (Glucose syrup)

กลูโคส เป็นที่รู้จักในชื่อว่า D-Glucose หรือ เด็กซ์โทส ซึ่งมีสูตรเคมีว่า $C_6H_{12}O_6$ และพบว่าเป็นหน่วยเล็ก ๆ ของแป้ง เซลลูโลส (Cellulose) และไกลโคเจน (Glycogen) (กล้าณรงค์, 2542) วัตถุดิบที่ใช้ทำกลูโคสไซรัป คือแป้ง (Starch) จะเป็นแป้งชนิดใดก็ได้ ขึ้นกับวัตถุดิบที่ท้องถิ่นนั้นมีอยู่ เช่น ในสหรัฐอเมริกาจะใช้แป้งข้าวโพด ในยุโรปใช้ทั้งแป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี ส่วนในประเทศไทยจะผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว กระบวนการผลิตที่สำคัญคือ การไฮโดรไลซ์แป้งซึ่งมีโครงสร้างเป็นโพลีแซคคาไรด์ประกอบด้วยส่วนอะมิโนส ซึ่ง

เป็นโมเลกุลเดี่ยวของกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง α 1,4 และส่วนอะมิโลเพกติน ซึ่งโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นกิ่งก้านด้วยพันธะที่ตำแหน่ง α 1,6 การย่อยหรือไฮโดรไลซ์แป้งนี้แต่เดิมสามารถทำได้ด้วยการใช้กรดแร่ เช่น กรดกำมะถัน (กรดซัลฟิวริก) โดยกวนแป้งในน้ำให้กระจายตัวผสมกับกรดทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงแล้ว มักพบว่าเกลือซัลเฟตบางตัวไม่ละลายน้ำ จึงได้เปลี่ยนไปใช้กรดเกลือ ซึ่งมีข้อจำกัดในการหาวัสดุที่จะใช้ทำภาชนะเพราะเป็นกรดที่มีความกัดกร่อนสูง จนเมื่อมีการใช้เหล็กกล้าไร้สนิมที่มีคุณภาพดี ปัญหานี้จึงหมดไป แต่การใช้กรดโดยลำพังทำให้ไม่สามารถกำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์ได้ กล่าวคือ แป้งจะถูกย่อยเป็นกลูโคสได้ 30 – 55 ส่วนเท่านั้น ทำให้มีปัญหาในการนำไปใช้งาน จึงมีการพัฒนามาใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งแทนกรด เพราะเอนไซม์จะมีความจำเพาะเจาะจงมากกว่า ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการย่อยแป้งได้ดีขึ้นมาก ทั้งยังอาจใช้ร่วมกับกรดก็ได้ ในปัจจุบันกระบวนการย่อยแป้งให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างชนิดสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด (สุวรรณ, 2543)

กรรมวิธีในการผลิต เริ่มจากการเจลาติไนซ์แป้งในภาวะที่เหมาะสมกับการย่อย เติมตัวเร่งปฏิกิริยา เติมกรดหรือเอนไซม์ หรือกรดและเอนไซม์ ตรวจเช็คปริมาณน้ำตาลตามขั้นตอนจนได้ผลผลิตตามต้องการ แยกส่วนที่ไม่ละลายออกโดยการปั่นหมุนเหวี่ยงหรือกรอง หรือทำทั้งสองอย่าง กำจัดสิ่งสกปรกด้วยถ่านกัมมันต์ หรือใช้วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ ระเหยส่วนที่กรองได้จนมีความเข้มข้นตามต้องการ ถ้าเป็นสารละลายกลูโคสไซรัปบริสุทธิ์ เมื่อระเหยน้ำจนได้ความเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัวแล้ว ตกผลึกจะได้กลูโคสบริสุทธิ์ ซึ่งจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ผลึกที่มีน้ำ (Monohydrate) และผลึกปราศจากน้ำ (Anhydrous dextrose)

การตรวจผลผลิตของการย่อยสลายแป้ง จะทำโดยการวัด Reducing power คือ ดูว่ามีกลูโคสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด บอกเป็นค่า DE (Dextrose equivalent) กำหนดว่า DE เป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของน้ำตาลรีดิวซ์ ถ้าการย่อยแป้งทำให้โมเลกุลของแป้งกลายเป็นสายตรงทั้งหมด (เรียกว่า เดกซ์ทริน) ผลผลิตจะมีค่า DE เป็นศูนย์ และถ้าย่อยแป้งจนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมด ผลผลิตจะมีค่า DE เป็น 100 (Alexander, 1998) ปกติกลูโคสไซรัปที่ผลิตได้ จะมีค่า DE อยู่ในช่วงกว้างมาก จึงแบ่งเป็น 5 ชนิดตาม DE ที่ผลิตได้ คือ ชนิด DE ต่ำ (Low conversion) DE 20–38 ชนิด DE ปกติ (Regular conversion) DE 38 – 48 ชนิด DE ปานกลาง (Intermediate conversion) DE 48 – 58 ชนิด DE สูง (High conversion) DE 58 – 68 และชนิด DE สูงมาก (Extra high conversion) ซึ่งมีค่า DE มากกว่า 68 ขึ้นไป ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด จะใช้อยู่ 3 ชนิด คือ ชนิด DE ต่ำ ประมาณ 20 ชนิดปานกลาง DE 40 – 42 และชนิดสูง DE 60 – 65 ทั้งนี้

องค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่มีค่า DE เท่ากันอาจจะแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับวิธีการย่อย และตัวกลางที่ใช้อย่างไร ซึ่งจะทำให้กลูโคสไซรัปที่ได้มีสมบัติต่างกันด้วย ดังนั้นการนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย โดยเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท กลูโคสไซรัปที่ขายกันทั่ว ๆ ไป จะมีความเข้มข้นประมาณ 43 °Be หรือประมาณ 80 Brix และชนิด 45 °Be หรือประมาณ 85 Brix ไม่นิยมใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ เพราะจะหนืดและไหลได้ยาก ขนย้ายลำบาก ราคาแพง และเปลืองพลังงานในการขนถ่ายมาก การเก็บรักษาไม่มีปัญหา เพราะสามารถทนอากาศร้อนได้ แต่ต้องระวังไม่ให้มีน้ำปนเข้าไป (สุวรรณ, 2543)

3.1.3 ซูโครส (Sucrose)

น้ำตาล หรือน้ำตาลทรายที่ใช้กันทั่วไปนั้นหมายถึง น้ำตาลซูโครส มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{12}O_6$ เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) เกิดจากการจับตัวของน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโทส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342 น้ำตาลบริสุทธิ์จะอยู่ในรูปผลึกแบบ Monoclinic ไม่มีสี และมีลักษณะโปร่งแสง ปกติเมื่อพืชสังเคราะห์แสงจะสร้างแป้งเพื่อเก็บไว้เป็นอาหาร แต่ในพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้ในปริมาณสูง และเก็บไว้ในลำต้นหรือหัวได้ โดยเฉพาะ *Saccharum officinarum* (อ้อย) หรือพืชหัว *Betavulgaris* (หัวบีต) เมื่อนำพืชพวกนี้มาสกัดด้วยน้ำ น้ำตาลก็จะละลายออกมา และเมื่อทำการสกัดสิ่งแปลกปลอมออก ก็สามารถตกผลึกน้ำตาลออกมาได้ (กล้าณรงค์, 2542)

น้ำตาลจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหารนอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้ว ยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีก ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนืด ความแวววับ เป็นต้น ในประเทศไทยมีการใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหาร และยา โดยกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้มากที่สุด การนำน้ำตาลไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อที่จะให้ความหวานนั้น มีความจำเป็นต้องรู้หลักการหรือคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำตาล และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อที่ทำได้สามารถควบคุมการผลิตได้ (กล้าณรงค์, 2542)

การเกิดอันตรกิริยาของน้ำตาลซูโครสกับสารให้ความหวานต่าง ๆ พบว่า ระดับความเข้มข้นของรสหวานของน้ำตาลซูโครสจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อระดับของสารให้ความหวานพวกไซลิทอล ฟรุกโทส และกลูโคสที่เติมลงไปเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันน้ำตาลซูโครสที่เข้มข้นมากจะ

เสริมความหวานให้แก่ ไซลิทอล และฟรุคโทส แต่ไม่เกิดในกลูโคส (Heijden *et al.*, 1983) อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นเหล่านี้มีผลมาจากการเกิด Synergistic effect คือ ผลกระทบจากการเติมส่วนผสมของสารให้ความหวานต่างๆ และทำให้เกิดระดับความหวานเพิ่มขึ้นจากที่ควรจะเป็น (Stone and Oliver, 1969) ซึ่งอันตรกิริยานี้จะพบมากที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส และฟรุคโทสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ร้อยละ 20 และ 30 จะเกิดผลกระทบค่อนข้างน้อย (Partanan, 1988) และ Kamen (1959) พบว่า การเกิดอันตรกิริยาของน้ำตาลซูโครสกับสารให้ความหวานที่สูง ได้แก่ น้ำตาลซูโครส และแคลเซียมไซคลาเมต จะเกิด Synergistic effect ที่ระดับความเข้มข้นของซูโครสร้อยละ 5.79 และร้อยละ 14.63 โดยไม่มีการเกิดที่ระดับต่ำกว่าร้อยละ 2.31 หรือสูงกว่าร้อยละ 37.07 และน้ำตาลซูโครสจะเกิด Synergistic effect ได้มากกับสารให้ความหวานสูง ๆ โดยทำให้มีการเพิ่มระดับความหวานของแอสพาร์แทม ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 11, Acesulfame ร้อยละ 15 และแซคคาริน (Saccharin) ร้อยละ 19 (Frank *et al.*, 1989) ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้ใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับสารให้ความหวานสูง ๆ เหล่านี้ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการจัดรสชาติที่ไม่ต้องการจากสารให้ความหวานเหล่านี้ได้ (Mathlouthi and Reiser, 1995)

การผลิตสารให้ความหวานที่เหมือนน้ำตาลซูโครส คือ Sucralose (Hough and Khan, 1989) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่สามารถละลายได้ในน้ำ (ร้อยละ 28 ต่อน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สารให้ความหวานชนิดนี้ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง และสามารถทนต่อความร้อนได้ คุณภาพความหวานและความสามารถในการทนต่อความร้อนนี้ จึงมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากในอุตสาหกรรมอาหาร และเมื่อเปรียบเทียบกับแอสพาร์แทม พบว่าแอสพาร์แทมไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ จึงไม่ค่อยมีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พวกขนมอบ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการหุงต้ม

3.2 สารให้ความหวานที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (Non-nutritive sweeteners)

คือสารให้ความหวานที่ไม่สามารถเผาผลาญในร่างกาย และไม่ให้พลังงาน ได้แก่ แอสพาร์แทม (Aspartame) แซคคาริน (Saccharin) ไซคลาเมต (Cyclamate) สำหรับแอสพาร์แทมและเปปไทด์อื่น ๆ ในสารให้ความหวานสามารถย่อยและเผาผลาญได้ แต่เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการให้รสหวานดังนั้นเมื่อนำมาใช้จึงใช้เพียงปริมาณเล็กน้อยจึงไม่มีความสามารถพอในการให้พลังงาน จึงจัดอยู่ในสารให้ความหวานที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ และสารให้ความหวาน

ชนิดที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการนี้มักนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารควบคุมน้ำหนัก และยังช่วยลด หรือมีส่วนป้องกันในการทำให้เกิดฟันผุ เช่น การนำโซลิทอลมาใช้ในการผลิตหมากฝรั่ง เป็นต้น

4. สมุนไพร

พืชสมุนไพรที่รับประทานเป็นอาหารกันมานานนั้นมักมีการให้ความรู้ว่ามีคุณค่าอย่างไรเพื่อให้ผู้บริโภคได้ทราบ และเข้าใจในการนำไปรับประทานให้ถูกส่วน และได้รับคุณค่าทางอาหารที่ถูกต้อง อาหารไทยมีส่วนประกอบที่มีคุณค่าทางอาหารครบถ้วนหากรู้จัก รับประทานไม่เลือกเฉพาะที่ชอบ และถูกปากแต่เพียงอย่างเดียว อาหารไทยเป็นอาหารที่กล่าวได้ว่ามีส่วนผสมของสมุนไพร ที่ให้คุณในทางป้องกัน และรักษาโรคมากกว่าอาหารชาติอื่น ๆ (เพ็ญจันทร์, 2546)

สมุนไพร หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติ และมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะในทางสุขภาพอันหมายถึงทั้งการส่งเสริมสุขภาพ และการรักษาโรค (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2525) อีกความหมายหนึ่ง สมุนไพร หมายถึง ยาที่ได้จากส่วนของพืช สัตว์ หรือแร่ที่ยังมิได้มีการผสมปรุงหรือแปรสภาพ (ยกเว้น การทำให้แห้ง) เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ต้น ใบ ดอก ผล ซึ่งยังไม่ได้หั่น บด หรือสกัดสารที่สำคัญออกไป (วันดี, 2537) ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดนั้นมีการนำส่วนต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ดังนี้ ราก/เหง้า เช่น แครอท, จิง, ข่า, ขมิ้น, มันเทศ, ตะไคร้, กระชาย, โพล, กระเทียม เป็นต้น ใบ เช่น ตำลึง, ทองพันชั่ง, บัวบก, จี่เหล็ก, กระเพรา, ฟ้าทลายโจร, พลู เป็นต้น และผล เช่น มะกรูด, ฟักทอง, มะกอก, มะขามป้อม, สมอ, กระเจี๊ยบ เป็นต้น

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น สมุนไพรไทยจึงเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากให้ทั้งสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางโภชนาการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสมุนไพร เช่น อาหารเสริมสุขภาพ ชาสมุนไพรต่าง ๆ น้ำมันหอมระเหย เครื่องสำอาง และยารักษาโรค เป็นต้น

4.1 การแบ่งประเภทของสมุนไพร (เพ็ญจันทร์, 2546)

4.1.1 พืชสมุนไพร ได้แก่ พืชใกล้ตัว พืชผักสวนครัว พืชพันธุ์ไม้นานาชนิด ที่สามารถนำเอาส่วนประกอบต่าง ๆ มาทำยารักษาโรคได้

4.1.2 สมุนไพรที่เป็นสัตว์ ได้แก่ กระจูด เขา ห้าง คีของสัตว์ และสัตว์ที่ใช้ทั้งตัวเพื่อนำมาทำเป็นตัวยา ได้แก่ ม้าน้ำ ไก่ เลียงผา เป็นต้น

4.1.3 แร่ธาตุที่นำมาผสม ได้แก่ น้ำปูนใส ดีเกลือ เกลือแกง การบูร พิมเสน สารที่นำมาแปรรูป สุราที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์ เป็นต้น

4.1.4 วัตถุดิบ และตัวยาสสมุนไพรมานำมาแปรรูปโดยผ่านขบวนการต่าง ๆ เป็นผลิตภัณฑ์อเนกประสงค์นานาชนิดที่อาจจะแปรรูปด้วยการมีตัวทำละลาย และใช้ความร้อนเข้ามาแปรรูป

ตลาดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Nutraceutical food) ที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพร มีอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้ระบุว่าค่าใช้จ่ายของคนในการซื้อสินค้าผลิตภัณฑ์เครื่องเทศและสมุนไพร คาดมูลค่าตลาดรวมในประเทศปี 2547 จะสูงเกือบ 40,000 ล้านบาท และการส่งออกช่วง 2 เดือนแรกของปี 2547 มีมูลค่าส่งออก 7.80 ล้านดอลลาร์ เทียบกับช่วงเดียวกันในปีก่อน เพิ่มขึ้นร้อยละ 13 ปี 2546 มูลค่าการส่งออกเครื่องเทศและสมุนไพร 36.70 ล้านดอลลาร์ เทียบกับปี 2545 เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.20 ผลิตภัณฑ์เครื่องเทศและสมุนไพรประกอบด้วยอาหารเสริมสุขภาพจากสมุนไพร และเครื่องดื่มสมุนไพร ในประเทศไทยมีพืชสมุนไพรที่รับประทานเป็นอาหารอยู่เป็นจำนวนมากและหลากหลายชนิดและมีความเชื่อว่ามีคุณสมบัติในการป้องกัน และรักษาโรคหลายชนิด มีปริมาณการผลิตสูง สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเชิงอุตสาหกรรมได้ พืชสมุนไพรที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ประกอบด้วย ขมิ้น จิง ตะไคร้ มะตูม (ศูนย์วิจัยกสิกรรม, 2547)

4.2 ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้ในอาหาร

4.2.1 อบเชย

อบเชย (Cinnamon) เป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ได้มาจากเปลือกไม้ชั้นในที่แห้งแล้วของต้นอบเชย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cinnamomum zeylanicum* โดยมีต้นกำเนิดในศรีลังกา และ ตอนใต้ของอินเดีย Kim *et al.* (2006) กล่าวว่าองค์ประกอบหลักของอบเชยคือ Cinnamic aldehyde, Cinnamic acid, Tannin และ Methylhydroxychalcone polymer (MHCP) แท่งอบเชยมีลักษณะเหมือนแผ่นไม้แห้งสีน้ำตาลแดง กลิ่นรสเฉพาะตัวของอบเชยนั้น เกิดจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 0.50-1.0 ของส่วนประกอบทั้งหมด โดยส่วนของน้ำมันหอมระเหยนี้ประกอบด้วย Ethyl cinnamate, Eugenol, Cinnamaldehyde, Beta-caryophyllene, Linalool และ Methyl chavicol สำหรับกลิ่นที่ฉุน และรสขมของอบเชยนั้นเกิดจากประกอบด้วยสาร Cinnamic aldehyde หรือ Cinnamaldehyde (Anonymous, 2006) แหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศไทย คือ จังหวัด พิษณุโลก

ก. ชนิดของอบเชย

อบเชยมีหลายชนิดซึ่งมีคุณภาพแตกต่างกันไปตามสถานที่ปลูก หรือแหล่งผลิต สามารถแบ่งได้ดังนี้ (สุพจน์, 2537)

1) อบเชยเทศ *Cinnamomum verum* J.S.Presl เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กไม่ผลัดใบ เปลือกลำต้นมีสีเทาและหนา ใบเป็นใบเดี่ยวออกสลับกันตามลำต้น ลักษณะใบคล้ายรูปไข่ ปลายใบแหลม ดอกออกเป็นช่อมีขนาดเล็กสีเหลืองมีกลิ่นหอม ผลมีสีดำคล้ายรูปไข่ เมื่อกลิ้นเปลือกอบเชยเทศด้วยไอน้ำจะได้ น้ำมันอบเชยเทศ (Cinnamon bark oil) ซึ่งมีสีเหลือง ประกอบด้วย สารซินนามาลดีไฮด์ (Cinnamaldehyde) ยูจีนอล (Eugenol) เบนซาลดีไฮด์ (Benzaldehyde) เฟลแลนดรีน (Phellandrene) ไพนีน (Pinene) ไลนาลูอล (Linalool) ซึ่งน้ำมันนี้จะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อเก็บไว้นาน ๆ ส่วนใบอบเชยเทศเมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้ น้ำมันใบอบเชยเทศ (Cinnamon leaf oil) ซึ่งมีสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมฉุนคล้ายน้ำมันกานพลู ประกอบด้วยสารยูจีนอล ซินนามาลดีไฮด์ ไพนีน ไลนาลูอล บอร์นีออล (Borneol) เจอรานีออล (Geraneol) ซินนามิลแอลกอฮอล์ (Cinnamon alcohol) เป็นต้น

2) อบเชยจีน *Cinnamomum cassia* Nees เป็นไม้ยืนต้น มีความสูง และขนาดลำต้นใหญ่กว่าอบเชยเทศ มีเปลือกหนาหยาบกว่า และสีเข้มกว่าอบเชยเทศเช่นกัน ใบมีลักษณะคล้ายรูปหอก เป็นมันสีเขียวเข้ม ออกดอกเป็นช่อมีขนาดเล็กมีขนอ่อน ๆ ที่ก้านดอก เนื้อผลนิ่ม กลิ่นหอมฉุนและมีรสขมเล็กน้อย น้ำมันอบเชยจีนขึ้น และแข็งเร็วกว่าน้ำมันอบเชยเทศซึ่งประกอบด้วยสารซินนามัลอัลดีไฮด์ (Cinnamic aldehyde) ซินนามิลอะซิเตท (Cinnamil acetate) กรดซินนามิก(Cinnamic) ฟีนิลโพรพิลอะซิเตท (Phenylpropyl acetate) กรดแทนนิก(Tannic acid) และแป้ง เป็นต้น ซึ่งคุณภาพของอบเชยจีนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของซินนามัลอัลดีไฮด์

3) อบเชยญวน *Cinnamomum camphora* Fries เป็นไม้ยืนต้น มีลักษณะลำต้นคล้ายคลึงกับอบเชยจีนมาก ใบเป็นใบเดี่ยวค่อนข้างบาง รูปร่างยาวรีเว้า ปลายใบแหลม ดอกและผลมีขนาดเล็ก มีกลิ่นหอมแต่ไม่เท่าอบเชยเทศ มีรสหวาน น้ำมันอบเชยญวนมีสารซินนามัลอัลดีไฮด์ (Cinnamic aldehyde) และเทอร์พีน (Terpene) เป็นสารสำคัญ

4) อบเชยชวา *Cinnamomum burmanii* Blume เป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดใหญ่กว่าอบเชยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด เป็นอบเชยที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป แต่นิยมเรียกกันว่าอบเชยเทศ ใบยาวรีเว้า ปลายใบแหลม ดอกและผลมีขนาดเล็ก มีกลิ่นหอมแต่น้อยกว่าอบเชยเทศ น้ำมันอบเชยชวาประกอบไปด้วย สารสำคัญคล้ายกับน้ำมันอบเชยจีน

ข. การใช้ประโยชน์จากอบเชย

นิยมใช้อบเชยในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงกลิ่นรส ของอาหาร เป็นเครื่องเทศ โดยอาหารที่มีอบเชย เช่น พะโล้ เนื้อตุ๋น ซินนามอนโรลล์ ลูกอม หมากรัฟ่ง ข้าวหมกไก่ ไส้กรอก เบคอน และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่าง ๆ เยลลี่ แยม เครื่องดื่มโคลา-โคล่า เหล้า ขนมหัก คูกี้ (รุ่งรัตน์, 2540) และใช้แต่งกลิ่นยา เช่น ยาที่ใช้สำหรับช่องปาก ยาแก้ท้องเสีย แก้กลิ้นไส้อาเจียน และยาสีฟันรสอบเชยอีกด้วย (สุพจน์, 2537) นอกจากนี้ยังมีการผลิตยาสมุนไพรจากอบเชย เนื่องจากมีคุณสมบัติ แก้ท้องอืด ขับลมในลำไส้ ท้องเสีย ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ของผู้ป่วยเบาหวานบางประเภท (Dunan *et al.*, 2006) นอกจากนี้ประโยชน์ทั่วไปดังแสดงในข้างต้นแล้ว อบเชยยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ด้านการเกิดออกซิเดชัน

Mathew (2006) ศึกษาการด้านการเกิดออกซิเดชันของเปลือกอบเชย พบว่าการด้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกอบเชย เกี่ยวข้องกับสารด้านการเกิดออกซิเดชัน ได้แก่ Butylated hydroxyl anisole, Trolox และ กรดแอสคอร์บิก โดยมีคุณสมบัติเป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging) ทำให้ด้านการเกิด 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical Hydroxyl และ Superoxide radical จะถูกกำจัดโดยสารประกอบจากอบเชยจะยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ ซึ่งแหล่งของสารด้านการเกิดออกซิเดชันตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกพบตามทุกส่วนของพืช เช่น ผัก ผลไม้ ถั่ว เมล็ด ใบ ราก และเปลือกไม้ พืชที่มีสารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นสารลดหรือกำจัดอนุมูลอิสระ มีรายงานถึงการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยฟีนอลิกจะทำให้ลดการเกิดโรคหัวใจ พืชที่มีฟีนอลิกเป็นสารด้านการเกิดออกซิเดชันจะมีสารประกอบฟลาโวนอยด์ อนุพันธ์ของกรดซินนามิก คิวมาริน โทโคฟีรอล และกรดอินทรีย์ อบเชยแสดงสมบัติเป็นตัวด้านการเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากในสารสกัดจากอบเชยมีสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารกลุ่มเดียวกับ Catechin (สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติโพลีฟีนอลที่พบมากในชาเขียว) (Stephens, 1996)

นอกจากนี้ยังพบว่าอบเชยมีสารที่ด้านการเกิดภูมิแพ้ เปลือกของอบเชยมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารซินนามาลดีไฮด์ และยูจินอล ซึ่งมีบทบาทและกิจกรรมทางชีวภาพ เช่น ด้านการเกิดเนื้องอก และการกลายพันธุ์ Jang *et al.* (2006) พบว่าสาร ซินนามาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารประกอบพวกโพลีฟีนอลิก มีคุณสมบัติในการเป็นตัวต้านออกซิเดชัน สามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ และอาการผิดปกติของระบบประสาทได้ (Mathew and Abraham, 2006)

2) ด้านการเกิดมะเร็ง

Huang (2006) ศึกษาสารซินนามาลดีไฮด์จากอบเชยต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว K52 ในมนุษย์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบของอบเชยมีสารซินนามาลดีไฮด์ โดยทำให้กระตุ้นการตายตัวของเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้อบเชยสามารถต้านมะเร็งได้ดี เพราะมีสารกลีเซอริน

เข้มข้น เป็นสารต้านแบคทีเรียรักษาแผลในกระเพาะอาหาร แก้อาการท้องร่วง ขับปัสสาวะ สามารถช่วยเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายไขมัน และช่วยลดความดันโลหิตได้ (Belkina, 1986)

3) ลดระดับน้ำตาลในเลือด

Kim (2006) ศึกษาผลของสารสกัดจากอบเชยที่มีต่อระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดของหนู โดยมีการให้สารสกัดจากอบเชย (*Cinnamomum cassiae*) 4 ระดับ ได้แก่ 50, 100, 150 และ 200 mg/kg กับหนูเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความเข้มข้นที่สูงที่สุด (200 mg/kg) มีการลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม นอกจากนี้ระดับอินซูลิน และระดับคอเลสเตอรอลชนิดดี (High Density Lipoprotein) มีสูงขึ้น และความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอลทั้งหมด รวมทั้ง Intestinal glycosidase ลดลงหลังจากให้สารสกัดจากอบเชย ผลดังกล่าวทำให้ทราบว่าอบเชยมีบทบาทต่อระดับน้ำตาลในเลือด และไขมัน

Belkina (1986) ได้รายงานผลดีจากการกินอบเชยว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ การโรยผงอบเชยวันละหนึ่งส่วนสี่ถึงครึ่งช้อนชา หรือจุ่มก้านอบเชยลงในชาหรือกาแฟจะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด เมื่อแยกสารสกัดอบเชยออกมา พบว่ามีสารประกอบโพลีฟีนอลชนิดละลายน้ำได้ตัวหนึ่ง เรียกว่า Methyl hydroxy chalcone polymer (MHCP) เมื่อทดสอบในหลอดทดลองพบว่า MHCP นี้ทำหน้าที่เลียนแบบฮอร์โมนอินซูลิน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานร่วมกับอินซูลินในเซลล์มากขึ้น การกินผงอบเชยบรรจุแคปซูล ขนาด 1, 3 และ 6 กรัมต่อวันหลังอาหารพบว่ามีระดับน้ำตาลในเลือดเฉลี่ยต่ำกว่าคนในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้กินอบเชย ประมาณร้อยละ 20 หากหยุดกินอบเชยพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดจะกลับสูงขึ้นมาเหมือนเดิม (Belkina, 1986)

นอกจากนี้อบเชยยังช่วยเสริมการทำงานของอินซูลิน ในเรื่องการควบคุมระดับไขมันในเลือด และคอเลสเตอรอลชนิดเลว (Low-density lipoproteins) ให้มีระดับต่ำลง และผลที่ได้จากหลอดทดลองยังพบว่าช่วยทำลายอนุมูลอิสระ ที่มักจะเพิ่มจำนวนขึ้นในคนที่ เป็นเบาหวานให้ลดลงด้วย (Ghadirian, 1997) กลุ่มของสารประกอบทางเคมีที่มีสมบัติออกฤทธิ์คล้ายอินซูลิน (Insulin) แยกได้จากอบเชย ในปี 1990 มีการทำวิจัยอบเชย (*Cinnamomum cassis*) พบว่ามีสารออกฤทธิ์คล้ายอินซูลิน โดยได้แยกและวิเคราะห์หาสูตรโครงสร้างของสารประกอบ

ประเภทโพลีฟีนอลหลายชนิด โดยสารประกอบนี้จะเป็่นโพลีเมอร์ของสารฟีนอล (Stephens, 1996) ซึ่งพบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลที่สามารถละลายน้ำได้ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 288 สกัดได้จาก อบเชย รวมทั้งสารประกอบนี้ยังสามารถเพิ่มเมตาบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสที่เกี่ยวข้องกับอินซูลิน ประมาณ 12 เท่า คณะนักวิจัยยังได้ทดสอบผลของระดับน้ำตาลของหนูทดลองที่เป็นโรคเบาหวาน ที่ได้รับอบเชยในน้ำในแต่ละวัน นอกจากนั้น พบว่า อาสาสมัคร 30 คนที่เป็นโรคเบาหวาน ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับไตรกลีเซอไรด์ คอลเลสเตอรอลชนิดเลว และคอลเลสเตอรอลทั้งหมดลดลง หลังจากที่ยกอบเชย 40 วัน (Stephens, 1996)

4) ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

Nikos (2006) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ด้วยน้ำมันหอมระเหย โดยพบว่าคุณภาพของสตรอเบอร์รี่หลังจากการใช้น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส และอบเชย และเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส ผลไม้มีการถูกทำลายลดลง นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยในมะเขือเทศทำให้รักษาความแน่นเนื้อของมะเขือเทศ ผลไม้ที่ใช้น้ำมันหอมระเหยไม่มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดอินทรีย์ ความหวาน และฟีนอลิก ระหว่างการเก็บรักษาโดยเปรียบเทียบกับผลไม้ที่ไม่ได้ให้สารระเหย ผลดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส และอบเชย ทำให้รักษาคุณภาพของผลไม้และยับยั้งจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีสารประกอบที่ยับยั้งจุลินทรีย์ ได้แก่ 1,8-cineole, alpha-terpineol และซินนามาลดีไฮด์

Palmer (2001) ศึกษาการนำน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของชีส โดยศึกษาพืชที่ให้น้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด ได้แก่ ต้นเบ กานพลู อบเชย และไทม์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.50 และ 1 โดยศึกษาในชีสที่มีไขมันต่ำ และไขมันสูง พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Listeria monocytogenes* และ *Salmonella enteritidis* ที่ 48 และ 108 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอายุการเก็บรักษามากกว่า 14 วัน การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยเกี่ยวข้องกับสารเทอร์พีนอยด์ และฟีนอลิก ได้แก่ ไทมอล ยูจีนอล คาร์แวคอล น้ำมันจากอบเชยส่วนใหญ่ใช้ในการอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากมีกลิ่นหอม และมีสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกอบเชยมักใช้ในอาหาร และเครื่องดื่ม สารประกอบสำคัญในอบเชย คือ ซินนามาลดีไฮด์ และ Coumarin ซึ่งสารประกอบทั้ง 2 ชนิดใช้ในอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บ น้ำมันหอมระเหยของ *Cinnamomum zeylanicum* มี

ประสิทธิภาพในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื่อเน่าเสีย และมีคุณสมบัติด้านการเจริญของรา ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. nidulans* และ *A. flavus*

ปริมาณของยูจีนอล (Eugenol) ในน้ำมันใบอบเชยเทศ เท่ากับในน้ำมันกานพลู คุณสมบัติข้อนี้จึงได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรม ทำเครื่องหอมและแต่งกลิ่นสบู่ ใช้เป็นแหล่งที่มาของยูจีนอล เพื่อนำไปสังเคราะห์วานิลลิน (Vanillin) ในทางยาใช้ทาถูนิ้วเท้าเพื่อบรรเทาอาการปวดในโรคปวดบวมตามข้อ (นิจศิริ, 2534) สารยูจีนอลมีฤทธิ์ในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย โดย Valero and Salmeron (2006) ได้ใช้น้ำมันหอมระเหย ซึ่งสกัดจากอบเชย 5 มิลลิตรลงในซูปแคโรท 100 มิลลิตร พบว่าช่วยป้องกันการเติบโตของ *B. cereus* ได้อย่างน้อย 60 วัน

4.2.2 ขมิ้น

ขมิ้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linnaeus เป็นพืชล้มลุกอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ขมิ้นมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และหมู่เกาะอินเดียนตะวันออกเฉียงใต้ (ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย, 2530) องค์ประกอบทางเคมีของขมิ้นส่วนใหญ่เป็นสารสกัด และเส้นใย ซึ่งมีปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเพาะปลูก ความแก่อ่อน และอายุการเก็บเกี่ยว โดยสารสกัดจะเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตในขมิ้น และจัดเป็นองค์ประกอบหลักของขมิ้น (Govindarajan, 1980) ในขมิ้นจะมีสารขมิ้นอยู่ประมาณร้อยละ 40-50 ของน้ำหนักแห้ง (พิทยา, 2529) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน เส้นใย และองค์ประกอบที่สำคัญ คือรงควัตถุที่ให้สีเหลือง ได้แก่ Curcuminoid pigment และน้ำมันหอมระเหย (Govindarajan, 1980) Curcumin ที่สกัดได้จากเครื่องเทศประเภทขมิ้น ป้องกันการอักเสบ และป้องกันหรือยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเป็นตัวต้านการเกิดออกซิเดชันนั่นเอง (Waylon และคณะ, 2005) ซึ่ง Curcumin มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน และประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินอี และซี (Toda *et al.*, 1985)

Srinivas *et al.* (1992) สามารถแยกสาร Turmerin ซึ่งเป็นสายเปปไทด์ออกจากสารสกัดของขมิ้นได้โดยใช้ Sephadex G-10 และ Turmerin ที่แยกได้นี้มีสมบัติเป็นสารกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีพอควรในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เมื่อเทียบกับสารกันหืนอีก 2 ชนิด คือ Curcumin และ Butylated hydroxyanisole (BHA) พบว่าสามารถยับยั้ง

การปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ประมาณร้อยละ 70 – 88 ในขณะที่ Curcumin และ BHA มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ประมาณร้อยละ 70 – 85 และร้อยละ 80 ตามลำดับ ที่สภาวะการทดลองเดียวกัน

Kumar *et al.* (2006) ประเมิน Antioxidant activity ของฟีนอลิกอิสระ และฟีนอลิกที่เกาะกับสารประกอบอื่นของ Amla (*Embllica officinails*) ที่เป็นแหล่งวิตามินซีสูง และขมิ้น (*Curcuma longa*) พบว่า ระดับ Antioxidant activity ที่สูงใน Amla นั้นประกอบไปด้วยปริมาณฟีนอลิก ร้อยละ 12.90 โดยน้ำหนัก ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.74 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง (1.26 และ 3.0 mg/g) เมื่อเปรียบเทียบกับ *Curcuma longa* (29.70 และ 1.60 mg/g) โดยกรดแกลลิก (Gallic acid) และกรดแทนนิก (Tannic acid) เป็นส่วนประกอบหลักในสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จาก Amla การทำงานของตัวต้านออกซิเดชันในฟีนอลิกอิสระ และฟีนอลิกที่เกาะกับสารประกอบอื่น ของขมิ้นชัน มีผลมาจากกรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) และ p-coumaric acid ซึ่งสารสกัดที่ได้จากทั้ง Amla และขมิ้นชันดังกล่าว มีผลในการยับยั้ง และป้องกันดีเอ็นเอจากการถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นประสิทธิภาพของตัวต้านการเกิดออกซิเดชันเช่น กรดแกลลิก ใน Amla และกรดเฟอร์ูลิก ในขมิ้นชันนั่นเอง

การใช้ประโยชน์จากขมิ้น ขมิ้น เป็นพืชเครื่องเทศที่มีความสำคัญเนื่องจากมีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ ให้สีเหลืองซึ่งเป็นสีจากธรรมชาติ ดังนั้นการใช้ขมิ้นส่วนมากจึงใช้เป็นเครื่องแต่งกลิ่นรส และสีในอาหารหลายชนิด และยังเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของผงกะหรี่ซึ่งเป็นเครื่องปรุงที่รู้จัก และนิยมใช้ทั่วโลก นอกจากนี้ขมิ้นยังมีคุณสมบัติเป็นยาสมุนไพร คือมีคุณสมบัติในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้ดี จึงใช้ขมิ้นเป็นส่วนผสมในยารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น ยาลดกรด แก้ปวดท้อง ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อทำให้การบีบตัวของลำไส้ลดลง ใช้เป็นยาเจริญอาหาร ขับน้ำเหลือง รักษาโรคผิวหนัง รักษาอาการภูมิแพ้ (ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย, 2530) น้ำที่ได้จากขมิ้นนำมารักษาโรคผิวหนังหรือนำมาพอกแก้ปวดตามข้อได้ หรือนำส่วนเหง้าไปต้มให้สุกแล้วบดให้ละเอียดนำไปทาแก้โรคผิวหนัง ทาตามซอกอับในร่างกายเพื่อบำบัดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา หรือใช้ทาแผลสด และทำลายพยาธิ เป็นต้น (บัญญัติ, 2528) นอกจากนี้ยังนิยมใช้ขมิ้นเป็นเครื่องสำอาง คนในแถบตอนใต้ของเอเชีย และแถบตะวันออกไกล ใช้ขมิ้นทาผิวหนังทำให้ผิวหนังนุ่มนวล คนมาเลเซีย และคนไทยสมัยก่อนจะใช้ขมิ้นในการอาบน้ำ ทำให้ผิวผ่องยิ่งขึ้น นอกจากทำให้ผิวหนังนุ่มนวลแล้ว ขมิ้นยังมีสรรพคุณในการป้องกันการงอกของขน ผู้หญิงอินเดียจึงใช้ขมิ้นทาผิวหนังเพื่อป้องกันไม่ให้ขนงอก มีการค้นพบสรรพคุณใหม่

ของขมิ้นอีกมากมาย เช่น การป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด การชะลอความแก่ การเป็นสารต้านมะเร็ง และเนื้องอกต่าง ๆ พบว่าการรับประทานอาหารผสมขมิ้น สามารถทำลายเชื้อไวรัสที่ผ่านมาทางอาหารได้ รวมทั้งสามารถป้องกันมะเร็งจากสารก่อมะเร็งต่าง ๆ และยังมีสรรพคุณในการต้านไวรัสโดยเฉพาะเชื้อ HIV อันเป็นต้นเหตุของโรคเอดส์ ขมิ้นจึงเป็นอีกความหวังหนึ่งของผู้ป่วยเอดส์ (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2544) นอกจากการใช้ประโยชน์ของขมิ้นในอาหาร และเครื่องสำอางดังแสดงในข้างต้นแล้ว ขมิ้นยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ด้านการเกิดออกซิเดชัน

Cousins *et al.* (2007) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของขมิ้น 4 สายพันธุ์ ได้แก่ L22-5, L35-1, L43-4 และ L50-3 โดยทำการสกัดรากของขมิ้นสด (*Curcuma longa*) ทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยเมทานอล และผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยเปรียบเทียบกับผงขมิ้นแห้งที่มีขายในท้องตลาด ทำการทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของ Turmeric antioxidant protein ที่สกัดได้จากรากขมิ้น โดยพิจารณาความสามารถในการจับ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical พบว่า Turmeric antioxidant protein ที่สกัดได้จากจากรากของขมิ้นสดทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันสูงที่สุด และสารสกัดจากรากขมิ้นแห้ง และผงขมิ้นแห้งที่มีขายในท้องตลาด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และวัดการตกตะกอนของเหล็ก พบว่า Turmeric antioxidant protein ที่สกัดได้จากจากรากของขมิ้นสดทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันสูงที่สุดในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นที่ผ่านการทำแห้ง พบว่ามีเพียงสายพันธุ์เดียวที่ให้ผลแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นวิธีการทำแห้งขมิ้นทั่วไปที่มีอยู่อาจส่งผลกระทบต่อสารต้านออกซิเดชันของรากขมิ้น ในขณะที่สายพันธุ์ที่ใช้มีผลน้อยกว่าหากมีการควบคุมแหล่งที่ปลูกให้มีสภาวะที่เหมาะสม

2) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

โสภณและคณะ (2530) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีในส่วนน้ำมันหอมระเหย ที่ได้จากเหง้าขมิ้น (*Curcuma longa*) โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ หรือจากการสกัดด้วยสารทำละลายอินทรีย์จากเหง้าขมิ้นแห้ง คือ Turmerone ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นดังกล่าวนี้ มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรีย

แกรมบวก แกรมลบ และยีสต์ ได้ใกล้เคียงกัน ดังนี้ แบคทีเรียแกรมบวก 2 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* แบคทีเรียแกรมลบ 3 ชนิด ได้แก่ *Shigella flexneri* type 2a, *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* และยีสต์ 1 ชนิด คือ *Candida albicans* ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่อาจก่อให้เกิดความเสื่อมเสียของอาหารและก่อให้เกิดพิษในอาหารได้

สารสกัดขมิ้นด้วยแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคผิวหนัง และสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ผงขมิ้น และน้ำมันหอมระเหยยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยเฉพาะเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลาก *Microsporum, Trichophyton, Epidermophyton* (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2550)

3) ลดการอักเสบ

สารสำคัญในการออกฤทธิ์ลดการอักเสบ คือ สาร Curcumin และอนุพันธ์ ซึ่งลดการอักเสบได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับ Phenylbutazone พบว่ามีฤทธิ์ใกล้เคียงกันในการลดการอักเสบเฉียบพลัน ส่วนการอักเสบเรื้อรังมีฤทธิ์เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น แต่ฤทธิ์ทำให้เกิดแผลน้อยกว่า Phenylbutazone การทดสอบฤทธิ์ของ Curcumin และอนุพันธ์ที่สกัดจากขมิ้น พบว่า Desoxycurcumin ออกฤทธิ์แรงที่สุด ได้มีผู้ทดลองสังเคราะห์อนุพันธ์ต่าง ๆ ของ Curcumin และนำมาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่า Sodium curcumin และ Tetrahydrocurcumin ออกฤทธิ์ดีกว่า Curcumin โดย Curcumin จะมีฤทธิ์ลดการอักเสบ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับขนาดที่ใช้จนถึงขนาด 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อให้สูงกว่านี้ฤทธิ์จะลดลง ต่อมา มีรายงานว่า Curcumin ออกฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์ Luekotrine B₄ ซึ่งทำให้เกิดการอักเสบ นอกจากนี้ Curcumin จากน้ำมันหอมระเหยในหัวขมิ้นยังมีฤทธิ์ลดการอักเสบอีกด้วย โดยมีฤทธิ์ต้านฮิสตามีนในระยะแรกของการอักเสบ โดยผ่านกระบวนการยับยั้ง Trypsin หรือ Hyaluronidase จากฤทธิ์ด้านการอักเสบของ Curcumin และน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว ขมิ้นจึงมีผลช่วยบรรเทาอาการปวดท้องเนื่องจากแผลในกระเพาะได้ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2550)

4.2.3 สาหร่ายสไปรูลิน่า

สไปรูลิน่า คือ สาหร่ายชนิดหนึ่ง เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue Green Algae) ขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เป็น Cyanobacteria ที่จัดอยู่ใน Family Oscillatoriaceae สายพันธุ์ที่พบมากที่สุด คือ *S. platensis* และ *S. maxima* ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน และในบริเวณน้ำจืด หรือน้ำกร่อยที่มีลักษณะเป็นด่าง สาหร่ายสไปรูลิน่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง สารอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ โปรตีน สาหร่ายสไปรูลิน่าโดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีนเข้มข้นสูง ร้อยละ 70 (Belay, 2002) โดยเป็นโปรตีนชนิดกรดอะมิโนจำเป็นถึง 8 ชนิด จาก 10 ชนิด ได้แก่ ลิวซีน วาลีน ไอโซลิวซีน เมทไทโอนีน ไลซีน ทรีปโตเฟน ทรีโอนีน และเฟนิล อลานีน ซึ่งเฟนิลอลานีน นี้มีความสำคัญต่อการทำงานของสมอง ในด้านอารมณ์ ความคิด เมื่อทำงานร่วมกับไทโรซีน จะมีผลกับศูนย์ควบคุมความหิว ที่สมองส่วนล่างทำให้หมดความรู้สึกลอยๆ รับประทานอาหาร จึงมีการนำสาหร่ายไปใช้บริโภคเพื่อควบคุมน้ำหนักตัว และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น กล่าวคือร่างกายสามารถผลิตได้เองอีก 10 ชนิด จาก 12 ชนิด ได้แก่ อลานีน อาร์จินีน แอสปาร์ติก แอซิก ไกลซีน ฮิสทีดีน โปรลีน เซอลิน และไทโรซีน หากใช้ความร้อนมากกว่า 67 องศาเซลเซียส ในการผลิตจะทำให้โปรตีนหรือกรดอะมิโนเสื่อมสภาพได้ (จึงต้องทำแห้งด้วยความเย็นในการผลิตเพื่อรักษาคุณภาพ) โปรตีนจากสาหร่ายย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์ของการย่อยโปรตีน (Digestibility Coefficient) สูง (Dillon and Phan, 1993) คือสามารถย่อยโปรตีนได้ถึงร้อยละ 90 ขึ้นไป และมีกรดอะมิโนชนิดสำคัญในปริมาณพอเพียง เช่น ลิวซีน วาลีน และไอโซลิวซีน สาหร่ายสไปรูลิน่าถึงจะมีไขมันน้อยมาก แต่ที่มีก็เป็นไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดแกมมาไลโนเลนิก และ กรดไลโนเลอิก กรดแกมมาไลโนเลอิก มีสมบัติที่ช่วยลดคลอเลสเตอรอล ได้ผลดีกว่ากรดไลโนเลอิก ถึง 70 เท่า และเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมนพอสต้าแกลนดิน อีกด้วย นักโภชนาการจึงให้กรดแกมมาไลโนเลนิก อยู่ในกลุ่มกรดไขมันที่จำเป็น และมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ช่วยลดคลอเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งนำไปสู่การป้องกันโรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจขาดเลือด (สมศักดิ์, 2547)

วิตามิน และเกลือแร่ในสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่น่าสนใจได้แก่ วิตามิน B₁₂ ซึ่งปกติจะมีมากในเนื้อสัตว์ และมีปริมาณน้อยมากในพืชทั่ว ๆ ไป ผู้ที่รับประทานมังสวิรัตจึงมักขาดวิตามิน B₁₂ ซึ่งทำให้เกิดโลหิตจางได้ สาหร่ายสไปรูลิน่าจึงเป็นทางเลือกสำหรับ ผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัต ทั้งนี้เพราะสาหร่ายสไปรูลิน่า เป็นพืชที่มีวิตามิน B₁₂ สูง วิตามินอีกชนิดหนึ่งที่มีมากคือ วิตามินเอ ซึ่งอยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีน มีบทบาทสำคัญในการลดอนุมูลอิสระ

(Free radical) ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีนจึงนำมาใช้เป็นสารต้านมะเร็งชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งอาหารที่มีวิตามิน อี วิตามินซี วิตามิน B₁ B₆ และไนอาซินสูง นอกจากวิตามินต่าง ๆ แล้วสาหร่ายสไปรูลินายังอุดมไปด้วยเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกายอีกมากมาย เช่น ธาตุเหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง เซเลเนียม และแคลเซียม (Belay, 2002)

การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสไปรูลินาและความปลอดภัยในอาหาร สาหร่ายสไปรูลินาที่นำมาใช้ประโยชน์ทั่วไป แบ่งได้เป็น 2 เกรด ได้แก่ สาหร่ายสไปรูลินาเกรดที่เป็นอาหารคน เป็นรูปแบบผง มีสีเขียวเข้ม หรือสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถนำไปทำเป็นสาหร่ายเม็ดหรือบรรจุในแคปซูล เพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และ ใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร (เช่น ก๋วยเตี๋ยว เครื่องดื่ม ลูกกวาด หรือเครื่องปรุงรส) และสาหร่ายสไปรูลินาเกรดอาหารสัตว์ เป็นรูปแบบผง มีสีเขียวเข้ม หรือสีเขียวแกมน้ำเงินเช่นเดียวกับเกรดอาหารคน นำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ความต้านทานต่อโรคในปลาและกุ้ง และสัตว์เลี้ยง นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เพิ่มอัตราการรอดของปลา และกุ้ง เป็นอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับสัตว์น้ำ ส่งเสริมการสืบพันธุ์ และสุขภาพของนกที่กินอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับสุนัข และแมว และเป็นยาบำรุงสำหรับม้า วัว และกระต่าย (สมศักดิ์, 2547)

สาหร่ายสไปรูลินานอกจากเป็นอาหารเสริมบำรุงร่างกายแล้วยังสามารถใช้เป็นเครื่องสำอาง ทั้งจากการใช้สาหร่ายสไปรูลินาโดยการคั้นน้ำจากสาหร่าย และใช้สารที่สกัดจากสาหร่ายสไปรูลินาในรูปแบบของยาทั้งแบบครีม ยาทา และยาน้ำ ช่วยลดริ้วรอยและบำรุงผิวพรรณ เพราะสาหร่ายสไปรูลินาช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราได้ ทั้งนี้ยังคงมีความตระหนักถึงความปลอดภัยในการนำไปใช้ของสาหร่ายสไปรูลินา ดังเช่น Salazar *et al.* (1996) ได้ทำการทดลองทดสอบความปลอดภัยของสาหร่าย *Spirulina maxima* ต่อการสืบพันธุ์ และการก่อเกิดพิษก่อนและหลังคลอด ซึ่งใช้เป็นอาหารของมนุษย์ โดยการเติม *Spirulina maxima* ลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงหนูในระดับร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ซึ่งผลการทดลองพบว่า ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวของหนูทั้งเพศผู้และเพศเมีย และไม่มีการตาย หรือลักษณะทางคลินิกว่าก่อให้เกิดพิษ การให้สไปรูลินาที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการสืบพันธุ์ รวมทั้งการผสมพันธุ์ระหว่างหนูเพศผู้ และเพศเมีย และระหว่างการตั้งครรภ์ และไม่พบความผิดปกติของจำนวนการฝังตัวของไข่หรือความผิดปกติของลูกหนูแรกเกิด การบริโภค *Spirulina maxima* ของหนูไม่พบว่ามีผลต่อการพัฒนาของลูกหนู เช่นเดียวกับ ดวงจันทร์ และคณะ (2539) ได้ทำการทดลองศึกษาความปลอดภัยในการบริโภคสาหร่ายสไปรูลินา ซึ่งเลี้ยงจากน้ำดีเกลือเข้มข้น (น้ำที่จางจากเกลือ) โดยใช้

สาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือร้อยละ 10 , 20 และ 30 ตามลำดับ มาผสมอาหารเพื่อเลี้ยงสัตว์ทดลอง โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารมาตรฐานเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ไม่พบความเปลี่ยนแปลงใด ๆ ทั้งพฤติกรรม และร่างกายภายนอก การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และการกินอาหาร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่าทางโลหิตวิทยา และเคมีโลหิต ก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน อย่างไรก็ตามน้ำหนักของอวัยวะต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัว และน้ำหนักสมองไม่มีความแตกต่างใด ๆ การตรวจอวัยวะด้วยตาเปล่า และการตรวจทางพยาธิวิทยาคลินิกไม่พบความผิดปกติ ผลการศึกษาพบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ และเหมาะแก่การนำไปบริโภค นอกจากการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูลิน่า ดังแสดงในข้างต้นแล้ว สาหร่ายสไปรูลิน่ายังมีสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน ดังนี้

Pinero Estrada *et al.* (2001) พบว่า สารสกัดจากสาหร่าย *Spirulina platensis* มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระในการทดลองนี้ได้ทำการสกัดสารไฟโคบิลิโปรตีนไฟโคไซยานิน (Phycobiliprotein phycocyanin) จากสาหร่าย *Spirulina platensis* ผลการทดลองพบว่าเมื่อสารไฟโคไซยานินเพิ่มขึ้น ปฏิกริยาการต้านการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ดังนั้นสารไฟโคบิลิโปรตีนไฟโคไซยานิน (Phycobiliprote in phycocyanin) เป็นองค์ประกอบหลักที่ต้านปฏิกริยาออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลิน่า

จากรายงานการวิจัย พบว่าสาหร่ายสไปรูลิน่า และสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูลิน่ามีผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน มีสมบัติการต้านออกซิเดชัน มีสมบัติการต้านมะเร็ง และมีคุณสมบัติการต้านไวรัส (Belay, 2002) รงควัตถุที่สำคัญของสาหร่ายสไปรูลิน่าคือ C-phycocyanin, β -carotene และChlorophyll C-phycocyanin เป็นโปรตีนสีน้ำเงินที่ละลายน้ำได้ มีสมบัติที่สำคัญคือการต้านออกซิเดชัน ป้องกันการอักเสบ และป้องกันหรือยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Belay, 2002)

Hirata *et al.* (2000) พบว่า C-phycocyanin และ Phycocyanobilin มีความสามารถในการต้าน Peroxyl radical ใกล้เคียงกัน โดยความร้อนไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของ C-phycocyanin จากสาหร่ายสไปรูลิน่าสด และสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย Roman *et al.* (1998) พบว่า C-phycocyanin มีความสามารถในการต้าน Alkoxy radical ใกล้เคียงกับ Trolox และมีประสิทธิภาพการต้าน Hydroxyl radical ใกล้เคียงกับ Dimethyl hydroxyl radical จากการศึกษาของ Manoj *et al.* (1992)

พบว่า C-phyococyanin ยังมีคุณสมบัติป้องกันการอักเสบในปี 2003 Hanaa และ El-Baky พบว่า C-phyococyanin สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบและสารเคมี

- 1.1 ข้าวกล้องพันธุ์ กข 6 (ข้าวกล้องข้าวเหนียว) จากศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี
- 1.2 ถั่วลิสง (ตราไร้ทิพย์)
- 1.3 งาขาว และงาดำ (ตราไร้ทิพย์)
- 1.4 สตรอเบอร์รี่อบแห้ง (ตราดอยคำ)
- 1.5 น้ำมันรำข้าว (ตราคิง)
- 1.6 น้ำตาลทราย (ตราวังขนาย)
- 1.7 เกลือป่น (ตราปรงทิพย์)
- 1.8 เนย (ตราออกคิด)
- 1.9 แปะแซ (ตราปลาแฟนซีคาร์ฟ)
- 1.10 ฟรุทโทส ไซรัป ความเข้มข้นร้อยละ 42 (บริษัทเจ้าคุณเกษตรพืชผล จำกัด)
- 1.11 ขมิ้น ความเข้มข้นร้อยละ 11.18 (ตราง้วนสุน มือที่หนึ่ง)
- 1.12 อบเชย ความเข้มข้นร้อยละ 11.28 (ตราง้วนสุน มือที่หนึ่ง)
- 1.13 สาหร่ายสไปรูลิน่า ความเข้มข้นร้อยละ 8.65 (บริษัทสยามแอลจี จำกัด)
- 1.14 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

- 2.1 ตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ (Tray dryer)
- 2.2 เครื่องขึ้นรูปแท่ง
- 2.3 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 2.4 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

3.1 เครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ประเทศญี่ปุ่น

3.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA 500 บริษัท Intro Enterprise Co., Ltd. ประเทศอังกฤษ

3.3 ชุดเครื่องมือวัดความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density): เครื่องชั่งน้ำหนัก และกระป๋องทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.3 ซม. สูง 8.3 ซม.

3.4 เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) ยี่ห้อ Thermoconstanter รุ่น TH200 บริษัท Novasina Ltd., ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

4.1 อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบ

4.2 เครื่อง Rancimat (ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 743 Rancimat, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

4.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ Thiobarbituric acid number (TBA)

5. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

5.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

5.2 อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3 ตู้บเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ Astell Hearson ประเทศอังกฤษ

5.4 ตู้ฆ่าเชื้อแบบลมร้อน ยี่ห้อ Binder บริษัท ไชแอนติฟิคโปรโมชัน จำกัด

5.5 ตู้ฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave-Steam sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850 M บริษัท ไชแอนติฟิคโปรโมชัน จำกัด

6. อุปกรณ์วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

6.1 ซองออลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (PET12/AL33/ALU7/PE20/LLDPE30) หน้า 220
ไมครอน บริษัท สุทามากิ (ประเทศไทย) จำกัด

6.2 ซองพลาสติกโพลีพรอพิลีน (PP) หน้า 125 ไมครอน ทรานกแก้ว โรงงานศรีสกุล
พลาสติก

6.3 เทอร์โมมิเตอร์

6.4 ผู้ควบคุมอุณหภูมิ บริษัท B.W.S. Trading ประเทศไทย

7. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

7.2 แบบทดสอบ

8. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

8.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

8.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

วิธีการ

1. การศึกษาพฤติกรรม ทักษะ และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ศึกษาพฤติกรรม ทักษะ และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร โดยการสร้างแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม และความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรดังแสดงในภาคผนวก ก โดยใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 250 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability) แบบสะดวก (Convenience sampling) (สุชาติ, 2540; Kotler, 1997) กำหนดเกณฑ์อายุของผู้บริโภคตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ในกรุงเทพมหานคร ทำการสำรวจในเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2548

2. การเตรียมวัตถุดิบและคุณภาพของวัตถุดิบ

ศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ และคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร โดยวัตถุดิบที่เตรียม ได้แก่ ข้าวพองที่ได้จากข้าวกล้องข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และถั่วลิสงคั่ว มีวิธีการดังนี้

2.1 ศึกษาการเตรียมข้าวพองที่เหมาะสม

นำข้าวกล้องพันธุ์ กข6 (ความชื้น ร้อยละ 19.44) แฉ่นานาน 4 ชั่วโมง นึ่งในลังถึงนาน 30 นาที จนสุกจากนั้นนำมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งแบบถาด ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ระยะเวลาอบแห้ง 3 ระดับคือ 1, 2, 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำข้าวกล้องที่อบแห้งแล้วมาทอดที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วินาที ได้เป็นข้าวพอง นำข้าวพองที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1.1 ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) โดยใช้กระป๋องทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.3 เซนติเมตร สูง 8.3 เซนติเมตร เทตัวอย่างลงไปประมาณ 2/3 ของ กระป๋อง จากนั้นเคาะกระป๋อง 15 ครั้ง เติมตัวอย่างที่เหลือให้ล้นกระป๋องแล้วทำการเคาะอีก 5 ครั้ง แล้วปาดตัวอย่างที่เกินขอบกระป๋องออก ชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่าไปหารด้วยปริมาตรของกระป๋อง จะได้ค่าความหนาแน่น หน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร คัดแปลงมาจากวิธีการของ Villota (1991)

2.1.1.2 อัตราส่วนการพองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) นำเมล็ดงาใส่ถ้วยแก้วปากเรียบให้เต็ม ปาดให้เรียบ วัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง (V1) นำข้าวอบแห้งใส่ถ้วยใบเดิม วัดปริมาตรงาที่เหลือหลังนำข้าวอบแห้งออก (V2) ความแตกต่างของเมล็ดงา (V1-V2) คือ ปริมาตรของข้าวพองก่อนทอด จากนั้นนำข้าวพองไปทอดและหาปริมาตร (V3) จะได้ ปริมาตรขนมขบเคี้ยวหลังทอด (V1-V3)

$$\text{อัตราส่วนการพองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวพองหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของข้าวพองก่อนทอด}}$$

2.1.1.3 วัดค่าสีของข้าวพองหลังทอดในระบบ CIE LAB ค่าที่วัด ได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2542)

2.1.1.4 วัดค่า a_w ของข้าวพองหลังทอดโดยใช้เครื่องวัดค่า a_w

2.1.2 คุณภาพทางเคมี

2.1.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของข้าวหุงสุกหลังอบแห้ง และข้าวพองตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

2.1.2.2 ปริมาณน้ำมันในข้าวพองหลังทอด ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

2.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง และความชอบรวม

2.2 การเตรียมถั่วลิสงคั่ว

ทำการคัดเลือกถั่วลิสงที่มีเมล็ดสมบูรณ์ ปราศจากรอยย่น เมล็ดลีบ ปราศจากรอยแผล และการเน่าเสีย จากนั้นทำการคั่วถั่วลิสง ด้วยเครื่องคั่วถั่ว (Roaster) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ปล่อยให้เย็นแล้วลอกเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากนั้นทำการบดหยาบถั่วลิสงคั่ว เพื่อให้ได้ขนาดอยู่ในช่วง 5-7 mesh นำถั่วลิสงคั่วมาศึกษาคุณภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* , b^* ตามวิธีการข้อ 2.1.1.3 และค่า a_w ตามวิธีการข้อ 2.1.1.4

2.2.2 ศึกษาคุณภาพทางเคมีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นถั่วลิสงคั่ว ตามวิธีการข้อ 2.1.2.1

2.2.3 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

3. การศึกษาผลของส่วนผสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

3.1 ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผู้บริโภคยอมรับ

การผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ซึ่งดัดแปลงสูตรและกรรมวิธีมาจาก กมลวรรณ และคณะ (2547) โดยผลิตให้ได้เนื้อสัมผัสที่ต่างกัน 2 ชนิด คือแบบเหนียวนุ่ม และแบบกรอบร่วน มี

ส่วนผสมข้าวพองจากข้าวกล้องข้าวเหนียว ร้อยละ 70 ถั่วลิสงคั่ว ร้อยละ 10 งาขาว ร้อยละ 10 และ งาดำ ร้อยละ 10 สำหรับน้ำเชื่อมมีส่วนผสมต่างกันเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่ต่างกัน ดังแสดงในตาราง ที่ 1 โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้ นำ กลูโคสไซรัป ไฮฟรุคโทสไซรัป ซูโครส และเกลือ มาผสมให้ เข้ากันในภาชนะสเตนเลส โดยให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วจึงใส่เนยลงไปผสมนาน 2 นาที กวนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันยกลงจากเตาไฟฟ้า จากนั้นผสม ข้าวพอง ถั่วลิสงคั่ว งาขาว และงาดำ แล้วนำไปขึ้นรูปแท่งที่มีขนาด 2.5x9.0x1.0 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ด้วยเครื่องขึ้นรูป นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพดังนี้

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และ a_w ตามวิธีการข้อ 2.2.1 และความแข็งโดยใช้เครื่อง Lloyd Instrument รุ่น TA 500 ใช้หัววัดแบบ Three-point bending ด้วยความเร็ว 15 มิลลิเมตรต่อนาที Load cell 500 นิวตัน ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

3.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของน้ำเชื่อมสำหรับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่ม (A) และแบบกรอบร่วน (B)

ส่วนประกอบ (ร้อยละ)	A	B
ไฮฟรุคโทสไซรัป	46	18
น้ำตาลทราย	10	31
กลูโคสไซรัป	23	28
เนย	20	22
เกลือ	1	1

3.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสมุนไพรที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ศึกษาชนิดและปริมาณสมุนไพร โดยจัดสิ่งทดลองแบบ (3x2) Factorial in CRD ศึกษาปริมาณอบแห้ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50, 1.50, 2.50 และสหาร่ายสไปรูลิน่า 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 และ 1 โดยมีปริมาณขมิ้นคงที่เท่ากับ ร้อยละ 0.5 จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าปริมาณขมิ้นมากที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ คือ ร้อยละ 0.5 ถ้าใส่มากกว่านี้ทำให้กลิ่นรสของขมิ้นมากเกินไปซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพดังนี้

3.2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และ a_w ตามวิธีการข้อ 2.2.1

3.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ร่วมกับวิธี Just-about right scale (JAR) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในด้านสี กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และความชอบรวม

3.3 ศึกษาผลของสัดส่วนของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ศึกษาส่วนผสมที่นำมาทำน้ำเชื่อมโดยนำมาปรับให้เป็นร้อยละ 100 และวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ปริมาณไฮฟรุกโทสไซรัป ร้อยละ 0-100 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 0-100 และซูโครส ร้อยละ 0-100 เมื่อจัดสิ่งทดลองแต่ละกลุ่มจะได้น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานแต่ละชนิดแตกต่างกันทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 7 ได้มาจากสูตรพื้นฐาน และสิ่งทดลองที่ 8 ได้จากจุดกึ่งกลางของ Mixture design ดังแสดงในตารางที่ 3 และนำผลทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์โดยวิธี Response surface methodology (RSM) จากนั้นนำข้อมูลพร้อมทั้งสมการรีเกรสชันที่ได้มาสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพดังนี้

3.3.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง ตามวิธีการข้อ 3.1.1 และ ค่า a_w ตามวิธีการข้อ 2.1.1.4

3.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสม รสหวาน ความแข็ง และความชอบรวม

ตารางที่ 3 สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของฟรุทโทสไซรัป กลูโคสไซรัป และซูโครส แตกต่างกันได้
จาก Mixture design

สิ่งทดลองที่	ฟรุทโทสไซรัป (ร้อยละ)	กลูโคสไซรัป (ร้อยละ)	ซูโครส (ร้อยละ)
1	0.00	100.00	0.00
2	50.00	50.00	0.00
3	100.00	0.00	0.00
4	50.00	0.00	50.00
5	0.00	0.00	100.00
6	0.00	50.00	50.00
7	57.15	28.57	14.30
8	33.33	33.33	33.33

4. การศึกษาระยะเวลาการอบที่เหมาะสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยศึกษาระยะเวลาการอบผลิตภัณฑ์หลังขึ้นรูปแท่งโดยใช้ตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ (Tray dryer) เป็นเวลา 0, 10, 15, 20 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพดังนี้

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ตามวิธีการข้อ 2.1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ a_w ตามวิธีการข้อ 2.1.1.4 และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ในด้านสี กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน ความแข็ง และความชอบรวม

5. การศึกษาคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้

5.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* , b^* ค่า a_w ตามวิธีข้อ 2.2.1 และค่าความแข็งตามวิธีการข้อ 3.1.1

5.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบ ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

5.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินด้วยการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน คุณลักษณะที่ทำการทดสอบคือ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน ความแข็ง และความชอบรวม

5.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ใช้วิธีให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ต่อปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสชาติ และความชอบรวม รวมทั้งถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จำนวน 250 คน แบบ Central Location Test (CLT) สถานที่ทดสอบคือแหล่งชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ และลาดพร้าว โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability) แบบสะดวก (Convenience sampling) (สุชาติ, 2540; Kotler, 1997) (ดังแสดงในภาคผนวก ก) วันที่ 8-10 สิงหาคม พ.ศ.2549

7. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้ และอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องไม่ใส่สมุนไพร โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และซองพลาสติกโพลีพรอพิลีน (PP) เก็บรักษาไว้ที่

อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ทุก 1 สัปดาห์ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ยกเว้นคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่ตรวจสอบจนตัวอย่างมีคุณภาพเสื่อมเสียหรือไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

7.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง ตามวิธีการข้อ 3.1.1 และค่า a_w ตามวิธีการข้อ 2.1.1.4

7.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ตามวิธีการข้อ 2.1.2.1 ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก ตามวิธีการของ Pearson (1976) และค่า Induction period โดยใช้เครื่อง 743 Rancimat โดยสกัดน้ำมันจากผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ใช้วิธีสกัดดัดแปลงจากวิธีของ Varanyanon (1999) บดตัวอย่างจำนวน 60 กรัม จากนั้นแช่ในเฮกเซน 400 มิลลิลิตร และ Sodium sulfate anhydrous ปริมาณ 2 กรัม นาน 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยภายใต้สุญญากาศ เพื่อแยกเฮกเซนออกจากน้ำมัน และนำน้ำมันที่สกัดได้ 5 กรัม ใส่หลอดทดลองไปวิเคราะห์ค่า Induction period โดยการผ่านอากาศ 9 ลิตร/ชั่วโมง เข้าไปในหลอดตัวอย่างภายในเครื่อง Rancimat ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 สัปดาห์

7.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการเชิงพรรณนาปริมาณ ด้วยการให้คะแนนความเข้ม (Intensity) ปัจจัยคุณภาพบนสเกลแบบเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร (Meilgaard *et al.*, 1990) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน และทดสอบการยอมรับเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยวิธี Overall quality rating โดยให้คะแนน 1-10 โดยคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพเหมือนกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 9 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 6-8 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คะแนน 3-5 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับ แต่อาจสามารถใช้ทดสอบต่อไปได้ และคะแนน 1-2 หมายถึง ตัวอย่างมีการเสื่อมเสียคุณภาพอย่างชัดเจน สามารถทิ้งได้ทันทีโดยไม่ต้องทดสอบต่อไป (Lawless and Heymann, 1998) (แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข)

7.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการข้อ 5.4

8. วิเคราะห์ผลและเรียบเรียงรายงาน

8.1 การสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภค และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภควิเคราะห์ผลความแปรปรวน และคำนวณหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8.2 การพัฒนาสูตร กรรมวิธี วิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

9. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 และสิ้นสุดเดือนมกราคม 2550 รวมระยะเวลา 1 ปี 7 เดือน

ผลและวิจารณ์

1. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร โดยใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 250 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability) แบบสะดวก (Convenience sampling) แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว และข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าเป็นเพศหญิง ร้อยละ 78.4 และเพศชาย ร้อยละ 21.6 กลุ่มผู้บริโภคมีอายุช่วง 20-29 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50.8 รองลงมาคืออายุ 10-19 ปี ร้อยละ 34.4 อายุ 30-39 ปี ร้อยละ 13.6 และอายุ 40 ปีขึ้นไป ร้อยละ 1.2 มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.8 รองลงมาคือ ต่ำกว่าปริญญาตรี และสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 33.6 และร้อยละ 7.6 ตามลำดับ อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 78.8 รองลงมาคือข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 9.2 พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 8.8 ธุรกิจส่วนตัว และอื่นๆ เช่น แม่บ้าน ลูกจ้างชั่วคราว รับจ้าง เป็นต้น ร้อยละ 1.6 เท่ากัน สำหรับรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,000-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 32 รองลงมาคือ น้อยกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 32.8 มีรายได้ 20,001-30,000 บาท และสูงกว่า 30,000 บาท ร้อยละ 18 และ 17.2 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าผู้บริโภครู้จักผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งร้อยละ 77.2 ไม่รู้จัก ร้อยละ 22.8 เคยรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ทำจากเมล็ดข้าวร้อยละ 61.6 ไม่เคยร้อยละ 38.4 ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว มากกว่า 5 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 6 ประมาณ 4-5 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 6.8 ประมาณ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 25.6 ประมาณ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 16 น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 36.8 อื่น ๆ ร้อยละ 8.8 สถานที่

ในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) มากที่สุดได้แก่ ร้านสะดวกซื้อเช่น เซเว่น อีเลฟเว่น เฟรชมาร์ท ร้อยละ 81 รองลงมาคือซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์ ฟู้ดโลออนส์ ร้อยละ 48 ซูเปอร์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี คาร์ฟูร์ ร้อยละ 38.4 ร้านโชห่วย ร้านขายของชำ ร้อยละ 17.2 เหตุผลในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) นั้นพบว่า รสชาติดี อร่อย มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70.4 รองลงมาคือความสะดวกในการรับประทาน ร้อยละ 54.8 หาซื้อง่าย ร้อยละ 41.2 ต้องการคุณค่าทางอาหาร ร้อยละ 12 รับประทานแล้วอิ่ม ร้อยละ 1.6 อื่น ๆ ร้อยละ 6.8 โอกาสในการรับประทานอาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) พบว่า เมื่อรู้สึกอยากรับประทานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.2 รองลงมาคือ ระหว่างเดินทาง ร้อยละ 40 ระหว่างชมภาพยนตร์/โทรทัศน์ ร้อยละ 37.6 เมื่อรู้สึกหิว ร้อยละ 34 เวลาดูหนังสือ ร้อยละ 32.4 ระหว่างมื้ออาหาร ร้อยละ 20.8 รับประทานแทนอาหารมื้อหลัก ร้อยละ 3.6 อื่น ๆ ร้อยละ 1.6 รสชาติของอาหารขบเคี้ยวที่ชอบ รับประทานนั้น พบว่า มีทั้งรสเค็มและรสหวานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78 รองลงมาคือ รสเผ็ด แบบเครื่องเทศ ร้อยละ 20 รสเค็มนำ ร้อยละ 17.2 รสหวานนำ ร้อยละ 12 อื่น ๆ ร้อยละ 2.8 การซื้ออาหารขบเคี้ยวรับประทาน พบว่า ซื้อเอง ร้อยละ 91.2 ผู้อื่นซื้อให้ ร้อยละ 8.8 ปริมาณที่ซื้ออาหารขบเคี้ยวต่อครั้งพบว่าขนาด 1 ห่อกลาง (31-50 กรัม) มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.61 รองลงมาคือ 1 ห่อเล็ก (10-30 กรัม) 1 ห่อใหญ่ (51- 70 กรัม) และ 1 ห่อใหญ่พิเศษ (70 กรัมขึ้นไป) ร้อยละ 34.4 ,18 และ 2 ตามลำดับ สำหรับจำนวนเงินในการซื้ออาหารขบเคี้ยวต่อครั้ง พบว่า 11-20 บาทมากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 40 รองลงมาคือ 21-30 บาท ร้อยละ 26.8 5-10 บาท ร้อยละ 18 และ 31 บาทขึ้นไป ร้อยละ 7.2

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง จากข้าวกล้องและสมุนไพร แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า หากมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรผู้บริโภคให้ความสนใจ ร้อยละ 84.4 ไม่สนใจ ร้อยละ 15.6 สมุนไพรที่ต้องการให้มีในอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) พบว่า สาหร่ายสาไปรูลินามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 รองลงมา คือ ขมิ้น ร้อยละ 56 อบเชย ร้อยละ 42 มะกรูด ร้อยละ 30 กระเพรา ร้อยละ 28 จิง ร้อยละ 26 ใบบัวบก ร้อยละ 26 และกระชาย ร้อยละ 18 ด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้เป็นแท่งสี่เหลี่ยม มากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 54.0 รองลงมา คือแท่งกลม ร้อยละ 39.2 อื่น ๆ เช่น สี่เหลี่ยมขนาดเล็กพอดีคำ ร้อยละ 6.8 สีของผลิตภัณฑ์ พบว่า สีธรรมชาติของวัตถุดิบ (สีของข้าวกล้องและสมุนไพร) มากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 64.8 รองลงมาคือ สีเหลืองทอง ร้อยละ 30.4 สีน้ำตาล ร้อยละ 3.6 อื่น ๆ เช่น สีน้ำผึ้ง ร้อยละ 1.2 รสชาติของผลิตภัณฑ์ พบว่า ต้องการให้มีทั้งรสเค็มและรสหวานมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34.8 รองลงมาคือ รสสมุนไพร ร้อยละ

24.0 รสหวานนำ ร้อยละ 14.4 รสเค็มนำ ร้อยละ 6.4 กลิ่นรสเครื่องเทศ ร้อยละ 17.2 และอื่น ๆ เช่น รสบาร์บีคิว รสต้มยำ ร้อยละ 3.2 เนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรพบว่า ผู้บริโภคต้องการแบบเหนียวนุ่มมากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 48.4 รองลงมาคือ แบบกรอบร่วน ร้อยละ 30 แบบกรอบแข็ง ร้อยละ 18.4 อื่น ๆ ร้อยละ 3.2 และภาชนะบรรจุที่เหมาะสมพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้บรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.8 รองลงมาคือ ซองพลาสติกใส กล่องกระดาษแข็งทรงกระบอก กระป๋องทรงกระบอก และอื่น ๆ ร้อยละ 23.6, 10.4, 9.6 และ 1.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคจากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคอาหารขบเคี้ยว

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	54	21.6
	หญิง	196	78.4
อายุ	10-19 ปี	86	34.4
	20-29 ปี	127	50.8
	30-39 ปี	34	13.6
	40 ปีขึ้นไป	3	1.2
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	84	33.6
	ปริญญาตรี	147	58.8
	สูงกว่าปริญญาตรี	19	7.6
อาชีพ	นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	197	78.8
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	23	9.2
	พนักงานบริษัทเอกชน	22	8.8
	ธุรกิจส่วนตัว	4	1.6
	อื่น ๆ	4	1.6

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 10,000 บาท	192	76.8
10,000 – 20,000 บาท	37	14.8
20,001 – 30,000 บาท	17	6.8
สูงกว่า 30,000 บาท	4	1.6

ตารางที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
ความรู้จักต่ออาหารขบเคี้ยวที่ทำจากเมล็ดข้าว		
รู้จัก	193	77.2
ไม่รู้จัก	57	22.8
เคยรับประทานอาหารขบเคี้ยวที่ทำจากเมล็ดข้าว		
เคย	154	61.6
ไม่เคย	96	38.4
ความถี่ในการรับประทานอาหารขบเคี้ยว		
มากกว่า 5 ครั้ง/สัปดาห์	15	6.0
4-5 ครั้ง/สัปดาห์	17	6.8
2-3 ครั้ง/สัปดาห์	64	25.6
1 ครั้ง/สัปดาห์	40	16.0
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	92	36.8
อื่น ๆ	22	8.8

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
โอกาสในการรับประทานอาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เวลาดูหนังสือ	81	32.4
ระหว่างชมภาพยนตร์/โทรทัศน์	94	37.6
ระหว่างมื้ออาหาร	52	20.8
เมื่อรู้สึกอยากรับประทาน	188	75.2
เมื่อรู้สึกหิว	85	34.0
ระหว่างเดินทาง	100	40.0
รับประทานแทนอาหารมื้อหลัก	9	3.6
อื่น ๆ	4	1.6
รสชาติของอาหารขบเคี้ยว		
รสเค็มนำ	43	17.2
รสหวานนำ	30	12.0
มีทั้งรสเค็มและรสหวาน	120	48.0
รสเผ็ดแบบเครื่องเทศ	50	20.0
อื่น ๆ	7	2.8
การซื้ออาหารขบเคี้ยว		
ซื้อเอง	228	91.2
ผู้อื่นซื้อให้	22	8.8
สถานที่ในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ซูเปอร์มาร์เก็ต	130	48.0
ซูเปอร์สโตร์	96	38.4
ร้านสะดวกซื้อ	203	81.0
ร้านโชห่วย	43	17.2
อื่น ๆ	5	2.0

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
เหตุผลในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สะดวกในการรับประทาน	137	54.8
หาซื้อง่าย	103	41.2
ต้องการคุณค่าทางอาหาร	30	12.0
รสชาติดี อร่อย	176	70.4
รับประทานแล้วอิ่ม	4	1.6
อื่น ๆ	17	6.8
ปริมาณการซื้ออาหารขบเคี้ยวต่อครั้ง		
1 ห่อใหญ่พิเศษ	5	2.0
1 ห่อใหญ่	45	18.0
1 ห่อกลาง (31 – 50 กรัม)	94	37.6
1 ห่อเล็ก (10-30 กรัม)	86	34.4
ราคาในการซื้อต่อครั้ง		
5-10 บาท	45	18.0
11-20 บาท	100	40.0
21-30 บาท	67	26.8
31 บาทขึ้นไป	18	7.2

ตารางที่ 6 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าว
กล้องและสมุนไพร

ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
สมุนไพรที่ต้องการ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สาหร่ายสไปรูulina	200	80.0
ขมิ้น	140	56.0
อบเชย	105	42.0
มะกรูด	75	30.0
กระเพรา	70	28.0
จิง	65	26.0
ใบบัวบก	65	26.0
กระชาย	45	18.0
รูปร่างของผลิตภัณฑ์		
แท่งวงกลม	98	39.2
แท่งสี่เหลี่ยม	135	54.0
อื่น ๆ	17	6.8
สีของผลิตภัณฑ์		
สีเหลืองทอง	76	30.4
สีน้ำตาล	9	3.6
สีธรรมชาติของวัตถุดิบ	162	64.8
อื่น ๆ	3	1.2
รสชาติของผลิตภัณฑ์		
รสหวานนำ	36	14.4
รสเค็มนำ	16	6.4
มีทั้งรสเค็มและรสหวาน	87	34.8
รสชาติแบบเครื่องเทศ	43	17.2
รสของสมุนไพร	60	24.0
อื่น ๆ	8	3.2

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์		
กรอบร่วน	75	30.0
เหนียวนุ่ม	121	48.4
กรอบแข็ง	46	18.4
อื่น ๆ	8	3.2
ภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์		
ซองอูมิเนียมฟอยด์	137	54.8
ซองพลาสติกใส	59	23.6
กล่องกระดาษแข็งทรงกระบอก	26	10.4
กระป๋องทรงกระบอก	24	9.6
อื่น ๆ	4	1.6

จากการวิเคราะห์ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยวด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยให้คะแนนความสำคัญจาก 1- 5 (1 คือ สำคัญน้อยที่สุด และ 5 คือ สำคัญมากที่สุด) โดยมีหลักการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก และการกำหนดระดับความสำคัญ ดังนี้

การคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก

$$\text{ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก} = \frac{\text{ผลรวมของ (น้ำหนักความสำคัญ x ความถี่)}}{\text{ผลรวมของความถี่}}$$

การกำหนดระดับความสำคัญ

$$\begin{aligned} \text{ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย} &= \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}} \\ &= \frac{(5 - 1)}{5} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญในแต่ละปัจจัยค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยปัจจัยที่ได้คะแนนความสำคัญมากถึงมากที่สุด ได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ รสชาติ เนื้อสัมผัส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญอยู่ในช่วง 4.14 - 4.56 ส่วนปัจจัยที่มีคะแนนความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ขนาดบรรจุ และความสะดวกในการซื้อ โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสำคัญเท่ากับ 3.36 และ 3.38 ตามลำดับ แสดงดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ปัจจัย	คะแนนความสำคัญเฉลี่ย	ความสำคัญ
คุณค่าทางโภชนาการ	4.56 $\pm$ 0.82	สำคัญมากที่สุด
รสชาติ	4.52 $\pm$ 0.76	สำคัญมากที่สุด
เนื้อสัมผัส	4.14 $\pm$ 0.48	สำคัญมากที่สุด
ราคา	3.82 $\pm$ 0.92	สำคัญมาก
โฆษณา	3.74 $\pm$ 0.52	สำคัญมาก
ยี่ห้อ	3.65 $\pm$ 0.88	สำคัญมาก
การส่งเสริมการขาย	3.56 $\pm$ 0.65	สำคัญมาก
อายุการเก็บ	3.53 $\pm$ 0.71	สำคัญมาก
สี	3.48 $\pm$ 0.67	สำคัญมาก
กลิ่น	3.47 $\pm$ 0.53	สำคัญมาก
ภาชนะบรรจุ	3.42 $\pm$ 0.56	สำคัญมาก
ความสะดวกในการซื้อ	3.38 $\pm$ 0.78	สำคัญปานกลาง
ขนาดบรรจุ	3.36 $\pm$ 0.68	สำคัญปานกลาง

หมายเหตุ คะแนนเฉลี่ยช่วง 1.00 – 1.80 หมายถึงมีความสำคัญน้อยที่สุด
 1.81 – 2.60 หมายถึงมีความสำคัญน้อย
 2.61 – 3.40 หมายถึงมีความสำคัญปานกลาง
 3.41 – 4.20 หมายถึงมีความสำคัญมาก
 4.21 – 5.00 หมายถึงมีความสำคัญมากที่สุด

2. การเตรียมวัตถุดิบและคุณภาพของวัตถุดิบ

2.1 การเตรียมข้าวพอง

จากผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นของข้าวกล้องหุงสุกอบแห้ง และข้าวพองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากความชื้นเริ่มต้นของข้าวกล้อง ร้อยละ 19.44 เมื่อนำไปหุงสุกและอบแห้งที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า มีความชื้นเหลือร้อยละ 15.83, 9.54 และ 6.72 ตามลำดับ และเมื่อนำข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ไปทอดพบว่า ข้าวพองเหลือความชื้น ร้อยละ 2.20, 1.90 และ 1.60 ตามลำดับ แสดงดังในตารางที่ 8 เนื่องจากในกระบวนการทอดทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ และเคลื่อนที่ออกจากผิวหน้า และน้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปทำให้อาหารมีปริมาณความชื้นลดลงโดยความชื้นที่เคลื่อนออกมาจากผิวหน้าของอาหารนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังผิวของน้ำมัน (Fellow, 1990) โดยปกติการทอดอาหารจะมีน้ำมันซึมเข้าไปประมาณร้อยละ 10-40 ของน้ำหนักอาหารที่ผ่านการทอด (Joslyn and Heid, 1964) ซึ่งข้าวกล้องดิบมีปริมาณไขมันเพียง ร้อยละ 10.27 (จริยา, 2542) และเมื่อผ่านการทอดพบว่าปริมาณไขมันสูงขึ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 32.60-32.70 สาเหตุการอมน้ำมันมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด และระยะเวลาในการทอด หากใช้อุณหภูมิต่ำไป และระยะเวลาในการทอดนานจะทำให้ผลิตภัณฑ์อมน้ำมันมาก และถ้าความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดมีปริมาณสูงการอมน้ำมันก็จะเพิ่มตามไปด้วย (Hoover and Miller, 1973) เช่นเดียวกับการทดลองของ Moreia *et al.* (1997) ศึกษาถึงปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันใน Tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ Deep-fat frying โดยศึกษาถึงสภาวะที่แตกต่างในการทอดพบว่า ปริมาณความชื้นเริ่มต้น และขนาดของตัวอย่างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างที่มีความชื้นสูง และมีขนาดเล็กจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูง เมื่อนำข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งมาทอดที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ให้ค่าอัตราการพองตัวของข้าวพองสูงที่สุด และความหนาแน่นต่ำที่สุด (ตารางที่ 8) เนื่องจากข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งมีความชื้น ร้อยละ 9.54 ซึ่งเป็นปริมาณที่พอเหมาะต่อการพองตัวในระหว่างการทอด สอดคล้องกับการทดลองของจริยา (2542) ศึกษาการเตรียมข้าวพองจากข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งข้าวอบแห้งก่อนนำไปทอดมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 7 - 9 ให้อัตราการพองตัวที่ดีที่สุด การทำให้พองโดยการทอดจะต้องใช้อุณหภูมิในการทอดที่สูง และปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการทอดมาก เพราะการใช้อุณหภูมิต่ำจะทำให้ข้าวไม่พอง หรือพองตัวได้น้อย และทำให้ข้าวมีการอมน้ำมัน (จริยา, 2542)

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่ได้จากการการทอดข้าวหุงสุกหลังอบแห้งที่ระยะเวลาต่างกัน

คุณภาพ	ระยะเวลาการอบแห้งข้าวหุงสุก (ชม.)		
	1	2	3
ทางเคมี (โดยน้ำหนักเปียก)			
ความชื้น (ร้อยละ)	2.2 ± 0.02^a	1.9 ± 0.01^b	1.6 ± 0.01^c
ไขมัน (ร้อยละ)	32.0 ± 0.42^a	32.1 ± 0.28^a	32.1 ± 0.44^a
ทางกายภาพ			
a_w	0.2 ± 0.004^b	0.2 ± 0.001^b	0.1 ± 0.002^a
ความหนาแน่น(g/cm^3)	0.32 ± 0.06^a	0.26 ± 0.08^b	0.32 ± 0.05^a
อัตราการพองตัว (เท่า)	2.64 ± 0.2^c	2.87 ± 0.3^a	2.75 ± 0.2^b
สี L^*	58.5 ± 1.8^a	57.7 ± 1.9^a	56.8 ± 2.2^a
a^*	4.0 ± 0.6^b	4.4 ± 0.9^b	5.4 ± 1.0^a
b^*	23.6 ± 1.5^b	23.7 ± 2.3^b	25.6 ± 1.7^a
ทางประสาทสัมผัส			
ลักษณะปรากฏ	5.6 ± 1.5^b	7.1 ± 1.0^a	6.6 ± 1.2^a
สี	5.8 ± 1.4^b	7.0 ± 0.9^a	6.4 ± 1.2^a
ความแข็ง	6.6 ± 1.5^a	6.3 ± 1.5^a	6.3 ± 1.5^a
ความชอบรวม	6.2 ± 1.2^b	6.9 ± 1.1^a	6.7 ± 1.3^{ab}

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

อีกทั้งปริมาณของอะไมโลส และองค์ประกอบของแป้งมีความสัมพันธ์กับการพองตัวของเมล็ดแป้ง ซึ่งข้าวกล้องข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวพองนั้นมีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 0-2) และมีอะไมโลเพคตินสูง (งามชื่น, 2538) Tester and Morrison (1990) พบว่าการพองตัวเป็นสมบัติของอะไมโลเพคติน ซึ่งอะไมโลสเป็นตัวที่ต้านการพองตัวในธัญพืช จากการศึกษาการพองตัวของข้าวบาร์เลย์ชนิด Waxy และ Non-waxy พบว่า ข้าวบาร์เลย์ชนิด Waxy ให้ค่าการพองตัวที่สูงกว่าชนิด Non-waxy (Tasi *et al.*, 1997) เนื่องจากข้าว

เหนียว มีปริมาณอะไมโลสที่ต่ำ เพราะอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ (Leach *et al.*, 1995; Whistler and BeMiller, 1999) จากการทดลอง พบว่า ข้าวพองที่ทอดโดยใช้ข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งที่อบนาน 1 ชั่วโมง บางส่วนของเมล็ด มีลักษณะแข็งเป็นไต บางเมล็ดแตก ข้าวพองที่ทอดโดยใช้ข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งที่อบนาน 3 ชั่วโมง มีการพองตัวน้อยกว่าที่ใช้ที่ใช้เวลาอบนาน 2 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 1 แต่การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความแข็งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวมของข้าวพองที่ได้จากข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าข้าวพองที่ใช้เวลาอบนาน 1 และ 3 ชั่วโมง ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากลักษณะปรากฏจะพบว่า ข้าวพองที่ได้จากข้าวกล้องหุงสุกอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีลักษณะเม็ดข้าวกลมพอง มีสีเหลืองทอง ที่เหมาะสำหรับทำอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งมากที่สุด ซึ่งสีเหลืองทองเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นขณะทอด ปิ้ง ย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษาอาหาร (นิธิยา, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุดจึงเลือกสภาวะนี้ในการเตรียมข้าวพองเพื่อเป็นส่วนผสมในการทำอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง



ภาพที่ 1 ข้าวพองที่ได้จากการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

2.2 การเตรียมถั่วลิสงคั่ว

นำถั่วลิสงเมล็ดสมบูรณ์ที่ผ่านการคัดเลือก ถั่วที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ลักษณะทั่วไปของถั่วลิสงคั่ว พบว่ามีสีเหลืองนวลสม่ำเสมอทั่วทั้งเมล็ด มีกลิ่นของถั่วลิสงคั่วไม่มีขึ้นส่วนของถั่วลิสงไหม้ หรือเน่าเสีย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าสี มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองสูง ค่าความเป็นสีแดงต่ำ มีความชื้น และ a_w ต่ำ

ดังแสดงผลในตารางที่ 9 และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 500 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์ราไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัม ตามเกณฑ์มาตรฐานถั่วลิสงปนอมน้ำ (วิชัยและคณะ, 2547)

ตารางที่ 9 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของถั่วลิสงคั่ว

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ		ถั่วลิสงคั่ว
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)		3.4 ± 0.03
a_w		0.4 ± 0.01
สี	L^*	74.1 ± 0.4
	a^*	5.5 ± 0.2
	b^*	27.4 ± 0.6

3. การศึกษาผลของส่วนผสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

3.1 ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผู้บริโภคยอมรับ

ลักษณะทั่วไปของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งทั้ง 2 แบบ มีสีน้ำตาลอมเหลือง แบบเหนียวนุ่มมีความมันวาวมากกว่าแบบกรอบ่วนเล็กน้อย และใช้แรงในการทำให้หักหรือกัดน้อยสำหรับแบบกรอบ่วนมีลักษณะมันวาวน้อย และเหนียวติดฟันมากกว่าแบบเหนียวนุ่ม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าค่าเฉลี่ยของ a_w และค่าสี ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งทั้ง 2 แบบนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ความแข็งของแบบกรอบ่วนมีค่ามากกว่าแบบเหนียวนุ่มทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยลักษณะปรากฏของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งทั้ง 2 แบบนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวม พบว่าแบบเหนียวนุ่มมีค่ามากกว่าแบบกรอบ่วนทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบมีความชอบเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่มมากกว่าแบบกรอบ่วนซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ดังนั้นจึงเลือกสูตรน้ำเชื่อมนี้สำหรับการทำอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่ม

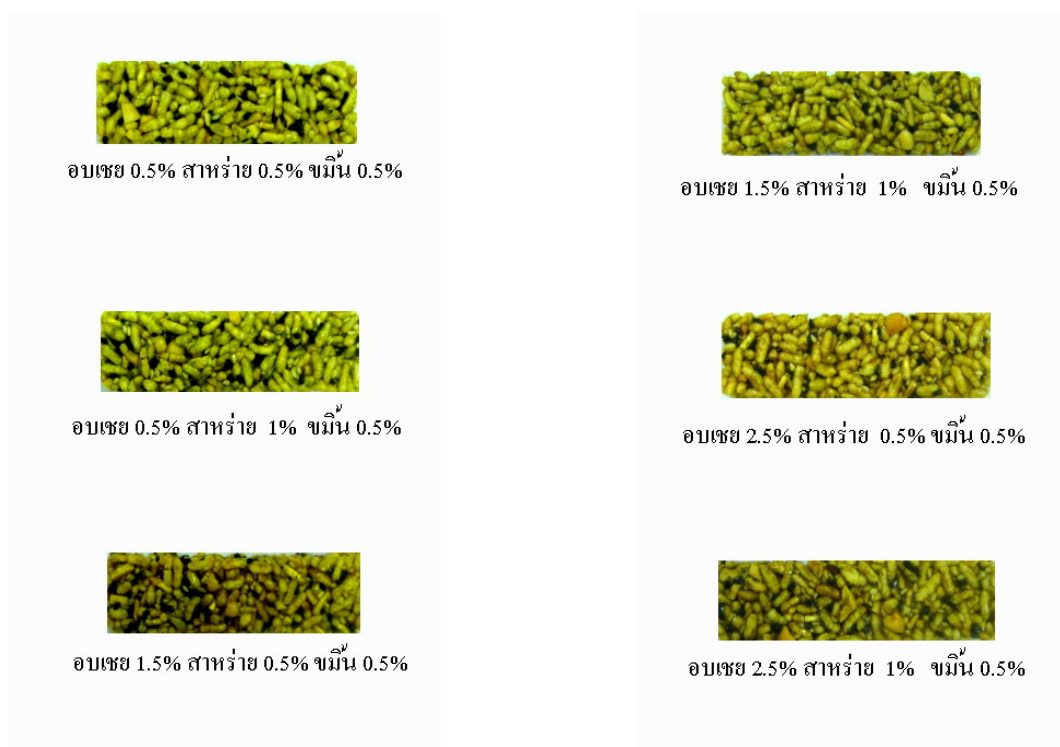
ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่ม (A) และแบบกรอบร่วน (B)

คุณภาพ	A	B
ทางกายภาพ		
a_w	0.33 ± 0.01^a	0.31 ± 0.01^a
สี L*	55.6 ± 1.2^a	56.3 ± 0.9^a
a*	3.7 ± 0.7^a	3.8 ± 0.7^a
b*	23.0 ± 0.7^a	22.3 ± 1.5^a
ความแข็ง (นิวตัน)	15.0 ± 1.7^b	22.4 ± 1.1^a
ทางประสาทสัมผัส		
ลักษณะปรากฏ	6.7 ± 0.6^a	6.5 ± 1.5^a
เนื้อสัมผัส	7.2 ± 1.0^a	6.6 ± 1.1^b
ความชอบรวม	7.4 ± 0.8^a	6.9 ± 0.8^b

หมายเหตุ a - b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสมุนไพรที่มีต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ศึกษาโดยจัดสิ่งทดลองแบบ (3x2) Factorial in CRD ศึกษาปริมาณอบเชย 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50, 1.50, 2.50 และสาหร่ายสาปรูลิน่า 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50 และ 1 โดยมีปริมาณขมิ้นคงที่เท่ากับ ร้อยละ 0.50 พบว่า ลักษณะทั่วไปของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรมีสีน้ำตาลจากอบเชย สีเขียวจากสาหร่ายสาปรูลิน่า และสีเหลืองจากขมิ้น แต่จะมีสีใดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใส่ แสดงดังภาพที่ 2 สำหรับกลิ่นรสสมุนไพรพบว่า กลิ่นรสของอบเชย และขมิ้นเด่นชัด แต่สาหร่ายสาปรูลิน่าไม่ให้กลิ่นที่ชัดเจน เนื้อสัมผัสเมื่อกัด หรือเคี้ยวจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม



ภาพที่ 2 อาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสมุนไพรต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าชนิดและปริมาณสมุนไพรมีอิทธิพลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อปริมาณอบเชยเพิ่มขึ้นค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อสาหร่ายสไปรูลิน่าเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงลดลงหรือค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออบเชย และสาหร่ายสไปรูลิน่า ปริมาณสูงสุดนั้น (อบเชย ร้อยละ 2.50 และสาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 1) ให้ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 11 ในขณะที่ ค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.36 – 0.43

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอบเชยเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำมากขึ้น ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในกลิ่นสมุนไพร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณอบเชยสูงสุด (ร้อยละ 2.50) และปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าสูงสุด (ร้อยละ 1) มีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำสุดทุกคุณลักษณะ ยกเว้นรสหวาน

ตารางที่ 11 คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คุณภาพ	สำหรับสไปรูลิน่า (ร้อยละ)	อบเชย (ร้อยละ)		
		0.50	1.50	2.50
ทางกายภาพ				
L*	0.50	47.2 ± 1.0 ^a	44.8 ± 0.9 ^b	47.3 ± 1.5 ^a
	1	47.5 ± 1.3 ^a	44.9 ± 1.2 ^b	42.7 ± 0.9 ^c
a*	0.50	-0.9 ± 0.8 ^c	2.7 ± 1.0 ^a	3.4 ± 0.7 ^a
	1	-1.3 ± 1.0 ^c	0.9 ± 0.4 ^b	2.7 ± 1.3 ^a
b*	0.50	25.1 ± 1.3 ^a	25.7 ± 1.4 ^a	26.5 ± 1.8 ^a
	1	26.2 ± 2.2 ^a	25.8 ± 1.7 ^a	23.1 ± 1.9 ^b
ทางประสาทสัมผัส				
สี	0.50	7.0 ± 1.2 ^a	7.0 ± 1.7 ^a	6.1 ± 1.7 ^b
	1	6.1 ± 1.4 ^b	5.5 ± 1.7 ^{ab}	5.3 ± 1.6 ^b
กลิ่นสมุนไพร	0.50	6.3 ± 1.1 ^a	6.3 ± 1.3 ^a	5.9 ± 1.3 ^a
	1	6.4 ± 1.1 ^a	5.9 ± 1.1 ^a	5.8 ± 1.5 ^a
กลิ่นรสสมุนไพร	0.50	6.5 ± 1.1 ^a	6.3 ± 1.1 ^{ab}	6.3 ± 1.2 ^{ab}
	1	6.6 ± 1.3 ^a	6.3 ± 1.3 ^{ab}	5.8 ± 1.4 ^b
รสหวาน	0.50	7.0 ± 0.8 ^a	6.9 ± 0.8 ^{ab}	6.5 ± 1.1 ^b
	1	7.1 ± 0.9 ^a	6.6 ± 1.0 ^{ab}	6.8 ± 0.9 ^{ab}
ความชอบรวม	0.50	7.0 ± 1.1 ^a	6.6 ± 1.0 ^{ab}	6.0 ± 1.1 ^b
	1	6.9 ± 1.0 ^a	6.2 ± 1.1 ^b	6.0 ± 1.3 ^b

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

ปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 และสำหรับสไปรูลิน่า ร้อยละ 0.50 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงด้านกลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ไม่

แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) จากตัวอย่างที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 และสาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 1 จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 และสาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 1 เนื่องจากมีปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่ามากกว่า มาพัฒนาต่อโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอีกครั้งด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ร่วมกับ Just-about right scale เพื่อหาแนวทางในการพัฒนา ได้ผลการประเมินดังแสดงตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนความชอบ และแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 สาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 1 และขมิ้น ร้อยละ 0.50

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	การปรับปรุงปัจจัยคุณภาพ (ร้อยละ)				
		อ่อนมาก	อ่อนปานกลาง	พอดี	เข้มปานกลาง	เข้มมาก
สี	6.5 ± 1.2	0	3.33	50.00	46.67	0
ปริมาณงา	7.1 ± 1.0	0	10.00	73.33	16.67	0
ปริมาณถั่วลิสง	6.9 ± 0.9	0	43.33	56.66	0	0
กลิ่นสมุนไพร	7.1 ± 0.9	0	6.66	73.33	16.67	3.33
กลิ่นรสสมุนไพร	7.1 ± 0.9	3.31	6.66	76.67	13.33	0
รสหวาน	7.2 ± 1.1	0	0	56.67	33.33	10.00
ความชอบรวม	7.2 ± 0.7	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึงไม่ได้ทำการทดสอบด้วยวิธี JAR

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 สาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 1 ขมิ้น ร้อยละ 0.50 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลาง และจากการทดสอบโดยวิธี JAR พบว่า สี ปริมาณงา ปริมาณถั่วลิสง กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร และรสหวาน อยู่ในระดับพอดีปริมาณมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50 ร้อยละ 73.33 ร้อยละ 56.66 ร้อยละ 73.33 ร้อยละ 76.67 และร้อยละ 56.67 ตามลำดับ

ผู้ทดสอบมีข้อเสนอแนะว่า ต้องการให้เพิ่มขึ้นเนื้อผลไม้ ต้องการเพิ่มสีส้มของผลิตภัณฑ์ และลดความหวานลง จากข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจาก ข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณอบเชย ร้อยละ 0.50 สำหรับสไปรูลินา ร้อยละ 1 ขมิ้น ร้อยละ 0.50 ให้ลดความหวานลงจึงเพิ่มปริมาณของแห้งขึ้น ร้อยละ 30 และผู้บริโภคต้องการให้เพิ่มขึ้นเนื้อผลไม้เพื่อปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ จึงทำการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อชนิดผลไม้ อบแห้งโดยใช้แบบสอบถาม มีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้บริโภคทั่วไป กำหนดเกณฑ์อายุของผู้บริโภค 18 ปีขึ้นไป จำนวน 50 คน (คำถามให้เลือกได้มากกว่า 1 ชนิด) พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้ใส่สตรอเบอรี่อบแห้งมากที่สุด ร้อยละ 78 รองลงมาคือ ลูกเกดร้อยละ 64 สับปะรด ร้อยละ 40 มะละกอ ร้อยละ 34 และมะม่วงร้อยละ 30 ดังนั้นจึงเลือกสตรอเบอรี่อบแห้ง โดยศึกษาปริมาณสตรอเบอรี่อบแห้งที่เหมาะสม ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาปริมาณสตรอเบอรี่อบแห้ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 15 และ 20 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale)

ตารางที่ 13 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสตรอเบอรี่อบแห้ง ร้อยละ 10, 15 และ 20

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ปริมาณสตรอเบอรี่อบแห้ง (ร้อยละ)		
	10	15	20
สี	6.2 ± 1.1 ^b	7.0 ± 0.4 ^a	6.9 ± 0.8 ^a
รสชาติฉ่ำ	6.7 ± 0.8 ^a	6.8 ± 0.7 ^a	6.6 ± 0.7 ^a
รสชาติสตรอเบอรี่	5.8 ± 1.1 ^b	6.8 ± 0.9 ^a	6.6 ± 0.7 ^a
รสหวาน	6.6 ± 1.0 ^a	6.9 ± 0.9 ^a	6.8 ± 1.0 ^a
ความชอบรวม	6.7 ± 0.7 ^b	7.1 ± 0.5 ^a	7.1 ± 0.5 ^a

หมายเหตุ a - b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 10



ปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 15



ปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 20

ภาพที่ 3 อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 15 และร้อยละ 20 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบเฉลี่ย ด้านสี รสชาติฉ่ำ รสชาติสตรอเบอร์รี่ รสหวาน และความชอบรวม มากกว่าที่ได้ปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 10 โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีเพิ่มขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบกับตารางที่ 12 เนื่องจากสีแดงของสตรอเบอร์รี่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่ดึงดูดน่ารับประทานมากขึ้น และรสเปรี้ยวของสตรอเบอร์รี่นั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติกลมกล่อมขึ้น จึงคัดเลือกอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 15 เพื่อนำมาศึกษาสัดส่วนสารให้ความหวานที่เหมาะสมในการพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.3 ผลการศึกษาสัดส่วนของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

จากการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความหวานโดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 8 สิ่งทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดย Response surface methodology (RSM) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (Linear model) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับปริมาณสารให้ความหวานแต่ละชนิด ดังสมการ $Y_i = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$ ทั้งนี้กำหนดให้ Y_i คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และ X_i คือ ปริมาณร้อยละของสารให้ความหวานแต่ละชนิด ได้แก่ ไฮฟรุกโทสไซรัป (X_1) กลูโคสไซรัป (X_2) และซูโครส (X_3) แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สมการรีเกรสชันที่ใช้อธิบายผลของสารให้ความหวานแต่ละชนิดที่มีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	สมการรีเกรสชัน ^a	R ^{2b}
การเกาะตัวกันของส่วนผสม	$Y_1 = 6.014 X_1 + 6.621 X_2 + 3.422 X_3$	0.85
ความแข็ง	$Y_2 = 6.871 X_1 + 3.683 X_2 + 4.678 X_3$	0.85
รสหวาน	$Y_3 = 6.991 X_1 + 4.9451 X_2 + 6.114 X_3$	0.94
ความชอบรวม	$Y_4 = 6.765 X_1 + 4.202 X_2 + 4.6302 X_3$	0.88

หมายเหตุ : $X_1 + X_2 + X_3 = 100\%$, ^aสมการรีเกรสชัน: $Y_i = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$, Y_i คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัส, β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_i แต่ละตัวในสมการรีเกรสชัน, X_1 คือ ปริมาณร้อยละของฟรุกโทสไซรัป, X_2 คือ ปริมาณร้อยละของกลูโคสไซรัป, X_3 คือ ปริมาณร้อยละของซูโครส, ^b R² = ค่าสัดส่วนของความแปรปรวน

โดยปริมาณร้อยละของสารให้ความหวานแต่ละชนิด สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสม รสหวาน ความแข็ง และความชอบรวม อยู่ในช่วงร้อยละ 85 - 94 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความแข็ง พบว่า สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไซรัปต่อกลูโคสไซรัปต่อซูโครส เท่ากับ 0:100:0 มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 50.10 นิวตัน เนื่องจากกลูโคสไซรัปมีค่า Dextrose equivalent ต่ำ จะมีความ

หนีดสูง และให้ลักษณะของการติดแน่นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Dextrose equivalent สูง (Alexander, 1998) มีผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และทนต่อการแตกหักได้ดี (สุวรรณ, 2543) รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 33.33:33.33:33.33, 50:0:50, 50:50:0, 57.15:28.57:14.30 และ 0:50:50 โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ย เท่ากับ 30.40, 20.50, 19.60, 14.60 และ 14.20 นิวตัน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่มีปริมาณ ฟรุคโทสไשרิป กลูโคสไשרิป และซูโครส แตกต่างกัน

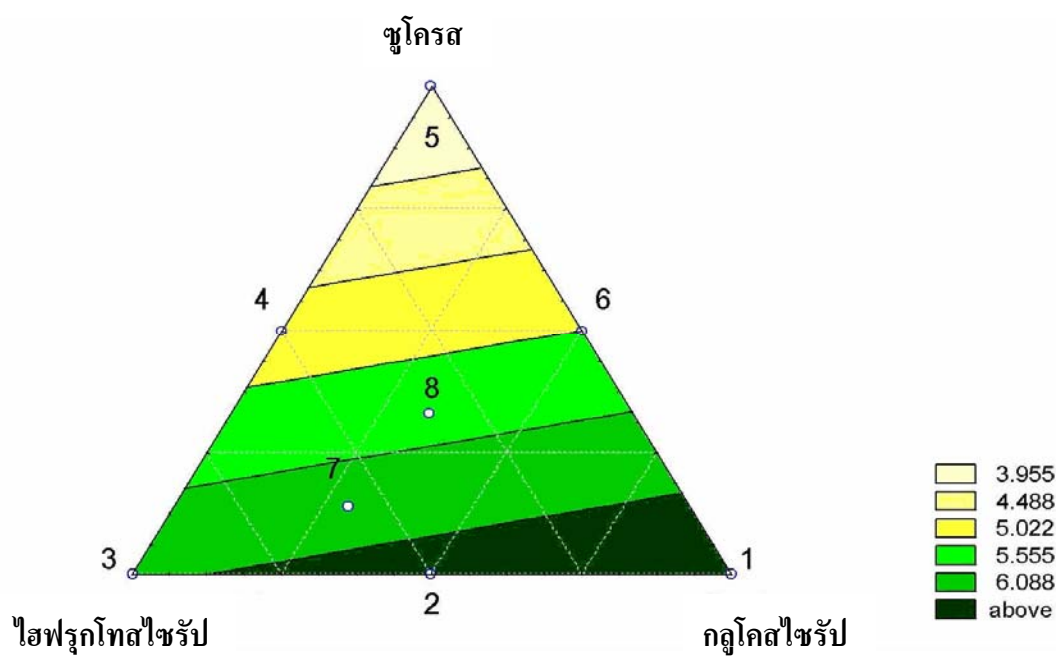
สิ่งทดลองที่	ไฮฟรุคโทส ไשרิป (ร้อยละ)	กลูโคส ไשרิป (ร้อยละ)	ซูโครส (ร้อยละ)	ความแข็ง (นิวตัน)
1	0.00	100.00	0.00	50.10 ± 6.8 ^a
2	50.00	50.00	0.00	19.60 ± 1.5 ^{cd}
3	100.00	0.00	0.00	-
4	50.00	0.00	50.00	20.50 ± 3.1 ^c
5	0.00	0.00	100.00	-
6	0.00	50.00	50.00	14.20 ± 3.9 ^d
7	57.15	28.57	14.30	14.60 ± 1.7 ^d
8	33.33	33.33	33.33	30.40 ± 4.03 ^b

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
- หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าความแข็งได้

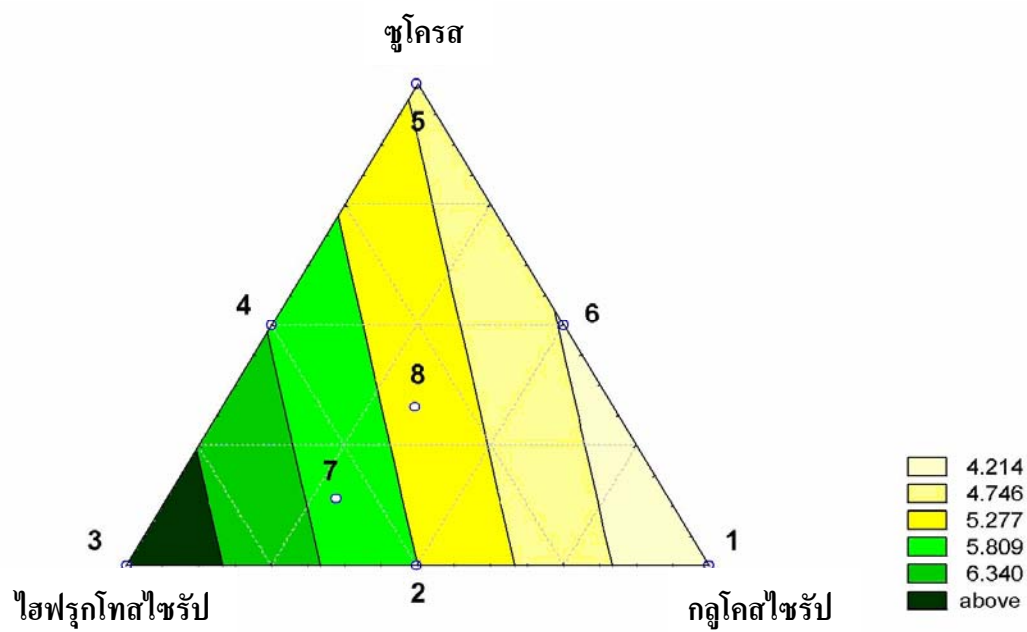
สำหรับสิ่งทดลองที่ไม่สามารถวัดค่าความแข็งได้มี 2 สิ่งทดลอง คือ ที่สัดส่วนของ ไฮฟรุคโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 100:0:0 เนื่องจากปริมาณไฮฟรุคโทสไשרิปที่ มากเกินไปทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ เนื่องจากไฮฟรุคโทสไשרิปมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำ ร้อยละ 29 และน้ำตาลชนิดต่าง ๆ รวมร้อยละ 71 ซึ่งประกอบด้วย น้ำตาลฟรุคโทส ร้อยละ 42 น้ำตาลกลูโคส ร้อยละ 51 และน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ ร้อยละ 7 (van Tilburg, 1985) และ สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของไฮฟรุคโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 0:0:100 เป็นสิ่ง

ทดลองที่มีปริมาณซูโครสที่มากเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากจนไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากซูโครสมีค่า Glass transitions (T_g) สูงอยู่ในช่วง 62-67 องศาเซลเซียส จึงเกิดการตกผลึกของซูโครสที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ฟรุคโทสมีค่า T_g ต่ำอยู่ในช่วง 5-10 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยลดค่า T_g ในส่วนผสมของสารให้ความหวาน และลดการตกผลึกของซูโครส (Roos, 1995) เป็นไปได้ว่าการทดแทนไฮฟรุคโทสไשרิปแทนซูโครสในส่วนผสมจะช่วยยับยั้งการตกผลึกของซูโครสได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไฮฟรุคโทสไשרิปสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์โค้งงอได้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ในไฮฟรุคโทสไשרิปยังมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 29 จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความโค้งงอมากขึ้น ตัวอย่างทั้ง 8 สิ่งทดลองมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.40 - 0.48 อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรมีค่า a_w ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่วางขายในท้องตลาด เช่น ผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ A ที่มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.50 - 0.52 หรือผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ B ที่มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.54 - 0.55 เป็นต้น

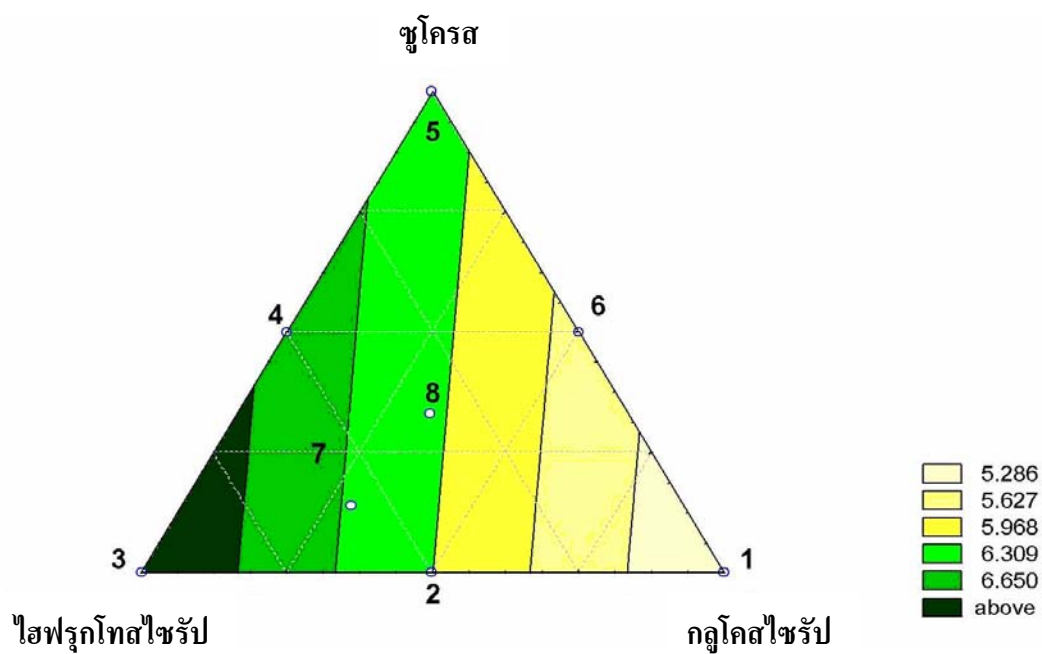
เมื่อพิจารณาสมการรีเกรสชันด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสมนั้น กลูโคสไשרิป (X_2) มีค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด รองลงมาคือไฮฟรุคโทสไשרิป (X_1) แสดงว่า กลูโคสไשרิป และไฮฟรุคโทสไשרิปมีผลต่อการเกาะตัวกันของส่วนผสมมากกว่าซูโครส โดยเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 (ก) พบว่าในด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสม เมื่อปริมาณของกลูโคสไשרิปเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0-100 คะแนนความชอบด้านการเกาะตัวกันจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลูโคสไשרิปมีค่า Dextrose equivalent ต่ำกว่าไฮฟรุคโทสไשרิป และซูโครส จึงมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่และสามารถยึดเกาะกับโมเลกุลของส่วนผสมต่าง ๆ รวมทั้งโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ได้ดี โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่มีโอกาสที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มาก ซึ่งสมบัตินี้มีความสำคัญต่อการเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ประเภทขึ้นรูปแท่ง (Alexander, 1998) ปริมาณซูโครสที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0-100 มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านการเกาะตัวกันลดลง ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากขึ้น แต่คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความแข็ง รสหวาน และความชอบรวมนั้น พบว่าไฮฟรุคโทสไשרิปมีค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด รองลงมาคือ ซูโครส และกลูโคสไשרิป ตามลำดับ แสดงว่าปริมาณไฮฟรุคโทสไשרิปมีผลต่อความชอบทั้งสามคุณลักษณะมากกว่าซูโครส และกลูโคสไשרิป โดยเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 (ข) (ค) และ (ง) พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮฟรุคโทสไשרิป มีผลทำให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้านความแข็ง รสหวาน ความชอบรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากไฮฟรุคโทสไשרิปมีสมบัติสามารถต้านการตกผลึกของซูโครสได้ ทำให้ความแข็งลดลง ผลิตภัณฑ์เกิดความโค้งงอ ทั้งนี้ไฮฟรุคโทสไשרิปมีความหนืดน้อยกว่ากลูโคสไשרิปมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ มากกว่าการเพิ่มกลูโคสไשרิปที่ให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันแน่นขึ้น



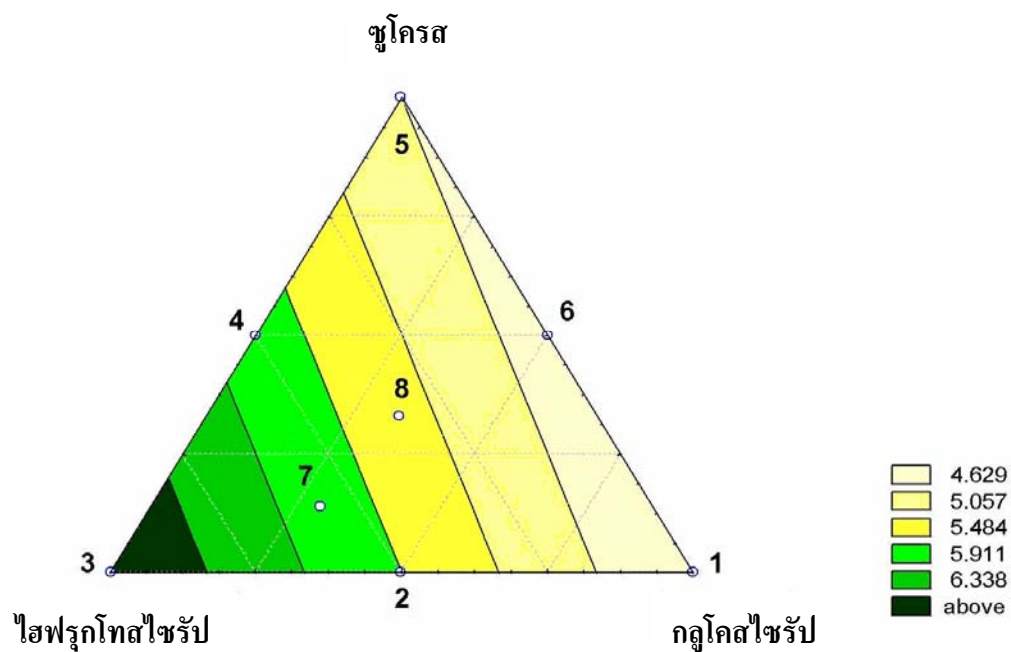
(ก) การเกาะตัวกันของส่วนผสม



(ข) ความแข็ง



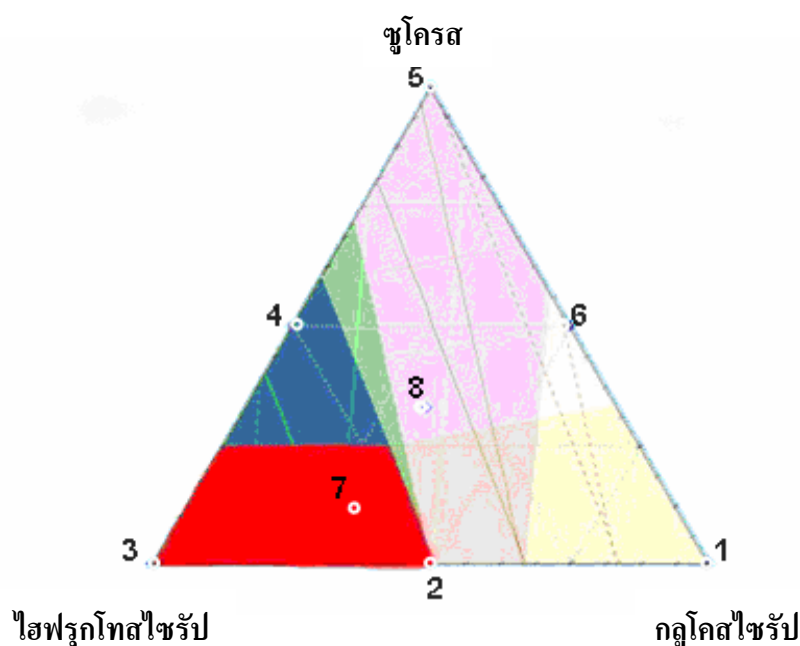
(ค) รสหวาน



(ง) ความชอบรวม

ภาพที่ 4 แผนภาพคอนทัวร์จากคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรในคุณลักษณะ (ก) การเกาะตัวกันของส่วนผสม, (ข) ความแข็ง, (ค) รสหวาน และ (ง) ความชอบรวม

ในการให้รสหวานไฮฟรุกโทสไซรัปมีความหวานมากกว่า ซูโครส และกลูโคสไซรัป ซึ่งเป็นความหวานที่สามารถรับรู้ได้เร็วเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่น (Alexander, 1998) จึงส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านความแข็ง รสหวาน ความชอบรวมสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสิ่งทดลองที่มีไฮฟรุกโทสไซรัป ร้อยละ 57.15 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 28.57 และซูโครสร้อยละ 14.30 หรือมีส่วนส่วนเท่ากับ 4:2:1 และอัตราส่วนของแห้งต่อปริมาณน้ำเชื่อมเท่ากับ 1:1.5 นั้น มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านความแข็ง และความชอบรวมมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 7.20 และ 7.30 ตามลำดับ และเมื่อนำแผนภาพคอนทัวร์จากคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ความชอบด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสม ความแข็ง รสหวาน และความชอบรวม แสดงดังภาพที่ 4 มาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์จากคะแนนความชอบตั้งแต่ชอบเล็กน้อย (6.0) ขึ้นไป พบว่า บริเวณที่แผนภาพซ้อนทับกัน (พื้นที่สีแดง) แสดงดังภาพที่ 5 มีสิ่งทดลองที่เหมาะสมทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ได้แก่สิ่งทดลองที่ 2 , 3 และ 7



ภาพที่ 5 แผนภาพคอนทัวร์ที่ได้จากการซ้อนทับกันของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในภาพที่ 4

โดยมีส่วนส่วนของไฮฟรุกโทสไซรัปต่อกลูโคสไซรัปต่อซูโครส เท่ากับ 50:50:0, 100:0:0 และ 57.15:28.57:14.30 ตามลำดับ จุดที่เหมาะสมที่สุด คือสิ่งทดลองที่ 7 เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 3 ไม่สามารถขึ้นรูปแท่งได้ และสิ่งทดลองที่ 2 ให้เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง และจะมีค่าคะแนนความชอบรวมต่ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จากสิ่งทดลองที่ 7 ดังนั้นสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไซรัปต่อกลูโคสไซรัปต่อซูโครสที่เหมาะสม คือ 57.15:28.57:14.30 ผลิตภัณฑ์มีค่า

ความแข็งเท่ากับ 14.60 นิวตัน และมีค่า a_w เท่ากับ 0.40 ซึ่งปลอดภัยจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคสามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีค่า a_w สูงกว่า 0.85 (McSwane, *et al.*, 2000) และอาหารที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.50-0.60 เชื้อจุลินทรีย์ จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Esse and Saari, 2004) ทั้งนี้ต้องมีการควบคุมสถานะให้เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษา เช่น การควบคุมความชื้นที่จะไม่ส่งผลให้ค่า a_w สูงขึ้นจนทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ เป็นต้น

4. ผลการศึกษาระยะเวลาการอบที่เหมาะสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าระยะเวลาในการอบนานขึ้นส่งผลให้ค่า a_w มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า a_w เริ่มต้นจาก 0.44 เป็น 0.32 เมื่อผ่านการอบที่ระยะเวลา 20 นาที เช่นเดียวกับค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การอบที่ระยะเวลา 20 นาที ให้ค่าความแข็งมากที่สุด คือ 85.80 นิวตัน

ในด้านคุณภาพประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อเวลาการอบนานขึ้น คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสสมุนไพร และความแข็ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยระยะเวลาการอบนาน 20 นาที ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ด้านความแข็ง และความชอบรวมต่ำสุด เนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งที่นานขึ้นส่งผลให้การระเหยของน้ำมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งมากขึ้น และด้านกลิ่นรสสมุนไพร พบว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่ไม่ผ่านการอบ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำสุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรค่อนข้างแรง ดังนั้นความร้อนจากการการอบทำให้กลิ่นรสสมุนไพรระเหยไป และผู้บริโภคชอบมากกว่าที่ไม่ผ่านการอบ ในขณะที่ระยะเวลาในการอบนาน 10 และ 15 นาทีนั้น มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 16 จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่อบนาน 10 นาที เนื่องจากใช้เวลาการอบน้อยกว่า และผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันดีมากกว่าที่ไม่ผ่านการอบ เนื่องจากการอบเป็นการใช้ประโยชน์จากอากาศร้อนเพื่อเปลี่ยนคุณภาพของอาหาร และทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัส และรสชาติที่ต้องการนอกจากนี้ความร้อนจากการอบจะทำลายเอนไซม์ จุลินทรีย์ และลดปริมาณน้ำอิสระที่ผิวนอกอาหาร การอบ จึงจัดเป็นวิธีหนึ่งในการถนอมอาหาร (Fellow, 1990) ซึ่งมีผลให้อาหารมีอายุการเก็บที่นานขึ้น

ตารางที่ 16 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาแตกต่างกัน

คุณภาพ	เวลาที่ใช้ในการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส			
	0 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที
ทางกายภาพ				
a_w	0.44 ± 0.02^a	0.36 ± 0.01^b	0.33 ± 0.01^c	0.32 ± 0.01^c
ความแข็ง (นิวตัน)	14.6 ± 0.4^d	64.4 ± 0.6^c	72.4 ± 0.8^b	85.8 ± 0.7^a
ทางเคมี				
ความชื้น (ร้อยละ)	4.5 ± 0.2^a	1.10 ± 0.2^b	1.04 ± 0.3^b	1.00 ± 0.4^c
ทางประสาทสัมผัส				
สี	6.8 ± 0.8^a	6.9 ± 0.6^a	6.8 ± 0.9^a	6.5 ± 0.9^a
กลิ่นสมุนไพร	6.5 ± 0.9^a	6.4 ± 1.2^a	6.4 ± 1.5^a	6.0 ± 1.3^a
กลิ่นรสสมุนไพร	5.9 ± 1.4^b	7.0 ± 0.6^a	6.6 ± 1.1^a	6.6 ± 1.0^a
รสหวาน	6.6 ± 1.2^a	6.5 ± 1.0^a	6.7 ± 1.4^a	6.6 ± 1.2^a
ความแข็ง	6.3 ± 1.5^b	7.0 ± 1.0^a	7.3 ± 0.7^a	6.2 ± 1.4^b
ความชอบรวม	6.7 ± 0.8^b	7.1 ± 0.6^a	7.2 ± 0.7^a	6.1 ± 1.2^c

หมายเหตุ a - c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. ผลการศึกษาคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้

นำอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w เท่ากับ 0.36 มีค่าความแข็ง เท่ากับ 64.0 นิวตัน องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรประกอบไปด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย หยาด และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.08, 7.8, 28.72, 1.88, 1.81 และ 59.79 โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ คุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 250 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อ

กรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามพระราชบัญญัติอาหาร และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมอบจากธัญชาติ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541)



ภาพที่ 6 อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้

ตารางที่ 17 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้

คุณภาพ	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร
ทางกายภาพ	
a_w	0.36 ± 0.01
ความแข็ง (นิวตัน)	64.0 ± 0.6
ทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	
ความชื้น	1.08 ± 0.2
โปรตีน	7.80 ± 0.01
ไขมัน	28.72 ± 0.08
เถ้า	1.88 ± 0.01
เส้นใยหยาบ	1.81 ± 0.04
คาร์โบไฮเดรต	59.79 ± 0.05
ทางจุลินทรีย์	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	< 250
ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	< 10 โดยประมาณ

จากตารางที่ 17 พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้ มีปริมาณโปรตีนสูง ร้อยละ 7.80 เนื่องจากมีส่วนประกอบของถั่วลิสง และสาหร่ายสีไปรุลิน่า โดยมีปริมาณสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่วางขายในท้องตลาด เมื่อคิดต่อปริมาณบรรจุเท่ากัน โดยอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งยี่ห้อ A และ B มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.31 และ 3.48 ตามลำดับ

6. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้ โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT) จำนวน 250 คน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 18 พบว่า เป็นเพศหญิงร้อยละ 67.2 และเพศชายร้อยละ 32.8 กลุ่มผู้บริโภคมีอายุ 18-25 ปี 26-33 ปี 34-41 ปี 42-49 ปี และตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปในแต่ละช่วงคิดเป็นร้อยละ 20 เท่ากัน มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.8 รองลงมาคือ ต่ำกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 20.4 และสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 18.8 อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นข้าราชการ ร้อยละ 28.4 รองลงมาคือ พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 25.2 นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา ร้อยละ 22.4 อื่น ๆ เช่น แม่บ้าน ลูกจ้างชั่วคราว รับจ้าง เป็นต้น ร้อยละ 10 ธุรกิจส่วนตัวและรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 9.2 และ 4.8 ตามลำดับ สำหรับรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,000-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 32 รองลงมาคือ น้อยกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 32.8 มีรายได้ 20,001-30,000 บาท และสูงกว่า 30,000 บาท ร้อยละ 18 และ 17.2 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรแล้วด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบเพื่อประเมินความชอบที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน ความแข็ง ความชอบรวม แสดงดังตารางที่ 19 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน ความแข็ง ความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 , 6.6, 7.1, 7.1 และ 7.1 ตามลำดับ โดยคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏผู้บริโภค ร้อยละ 57.2 ให้คะแนนชอบปานกลาง และร้อยละ 21.2

ให้คะแนนชอบมาก ด้านกลิ่นรสสมุนไพร ผู้บริโภค ร้อยละ 44.8 ให้คะแนนชอบปานกลาง และ ร้อยละ 26.4 ให้คะแนนชอบเล็กน้อย ด้านรสหวานผู้บริโภค ร้อยละ 50 ให้คะแนนชอบปานกลาง และร้อยละ 29.2 ให้คะแนนชอบมาก ด้านความแข็งผู้บริโภค ร้อยละ 49.6 ให้คะแนนชอบปานกลาง และร้อยละ 27.6 ให้คะแนนชอบมาก ด้านความชอบรวมผู้บริโภค ร้อยละ 60 ให้คะแนนชอบปานกลาง และร้อยละ 20 ให้คะแนนชอบมาก

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และสมุนไพรที่พัฒนาได้พบว่า ผู้บริโภค ร้อยละ 89.2 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบ และ ผู้บริโภค ร้อยละ 63.6 ตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 23.2 ไม่แน่ใจว่าจะซื้อหรือไม่ โดยผู้บริโภคให้เหตุผลว่า โดยปกติไม่รับประทาน อยู่ที่บ้านรู้จักกันและการโฆษณา เป็นต้น ส่วนผู้บริโภคที่ตัดสินใจไม่ซื้อคิด เป็นร้อยละ 13.2 โดยผู้บริโภคให้เหตุผล ได้แก่ ยังไม่พอใจในรสชาติ ผลิตภัณฑ์แปลกใหม่ไม่น่าเชื่อถือ เป็นต้น ผู้บริโภค ร้อยละ 60.8 ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีราคาน้อยกว่าท้องตลาด ได้แก่ 5 - 9 บาท เป็นต้น ผู้บริโภค ร้อยละ 38.4 ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีราคาเท่ากับท้องตลาด และร้อยละ 0.8 ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีราคาสูงกว่าท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 18 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ		
ชาย	168	67.2
หญิง	82	32.8
การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	51	20.4
ปริญญาตรี	152	60.8
สูงกว่าปริญญาตรี	47	18.8

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
อาชีพ		
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	56	22.4
ข้าราชการ	71	28.4
รัฐวิสาหกิจ	12	4.8
พนักงานบริษัทเอกชน	63	25.2
ธุรกิจส่วนตัว	23	9.2
อื่น ๆ	25	10.0
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 10,000 บาท	82	32.8
10,000 - 20,000 บาท	80	32.0
20,001- 30,000 บาท	45	18.0
สูงกว่า 30,000 บาท	43	17.2

ตารางที่ 19 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละความถี่ของคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์อาหาร
ขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่ทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภค

คุณลักษณะ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ไม่สามารถบอก ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ	0.4	21.2	57.2	20.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
กลิ่นรสสมุนไพร	2.4	15.2	44.8	26.4	4.0	4.4	2.8	0.0	0.0
รสหวาน	2.4	29.2	50	14.8	0.8	2.0	0.0	0.8	0.0
ความแข็ง	5.6	27.6	49.6	11.6	0.4	5.2	0.0	0.0	0.0
ความชอบรวม	4.4	20.0	60.0	14.4	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0

ตารางที่ 20 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร
ที่ผ่านการพัฒนา

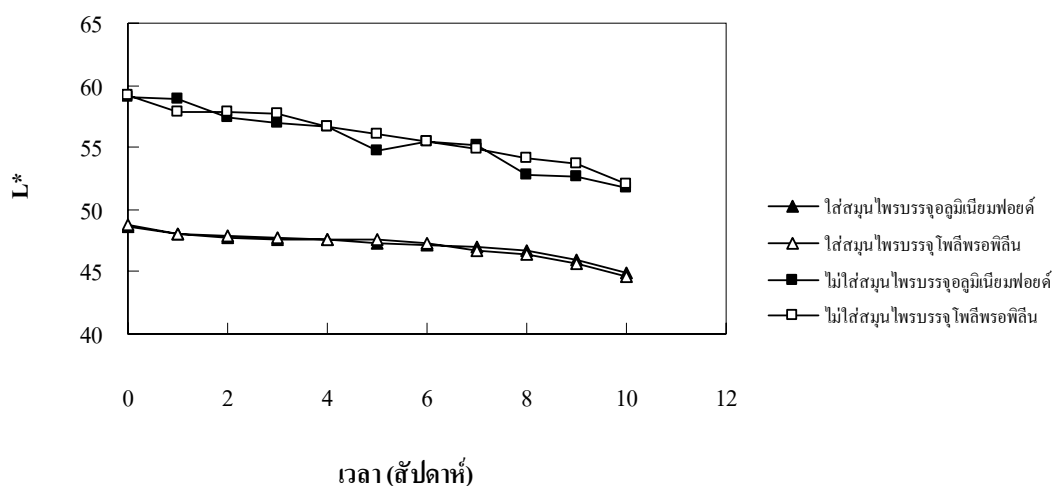
ข้อมูลสำรวจ	จำนวน (คน)	ความถี่ (ร้อยละ)
การยอมรับ		
ยอมรับ	223	89.2
ไม่ยอมรับ	27	10.8
ราคาที่เหมาะสม		
น้อยกว่าท้องตลาด	96	38.4
เท่ากับท้องตลาด	152	60.8
สูงกว่าท้องตลาด	2	0.8
ซื้อหรือไม่		
ซื้อ	159	63.6
ไม่ซื้อ	33	13.2
ไม่แน่ใจ	58	23.2

7. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

การทดสอบอายุในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรหลังจากผ่านการพัฒนาแล้ว โดยเปรียบเทียบกับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องที่ไม่ใส่สมุนไพร ผลิตภัณฑ์บรรจุในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลีพรอพิลีน และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนท บรรจุถุงละ 22.50 กรัม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เมื่อทำการตรวจสอบคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์คือ ค่าสี $L^* a^* b^*$ ค่าความแข็ง a_w ปริมาณความชื้น ค่า Induction period ซึ่งบ่งชี้ถึงจุดยุติของการเกิดสารประกอบที่ระเหยง่าย (Volatile compound) ซึ่งเกิดจากน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้สภาวะที่ให้อากาศอย่างคงที่ หรือเป็นค่าคงตัวของการเกิดออกซิเดชัน และปริมาณของกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณฮีสต์รา ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และการยอมรับคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีการเปลี่ยนแปลงโดยอธิบายตามคุณภาพที่ประเมินดังนี้

7.1 คุณภาพทางกายภาพ

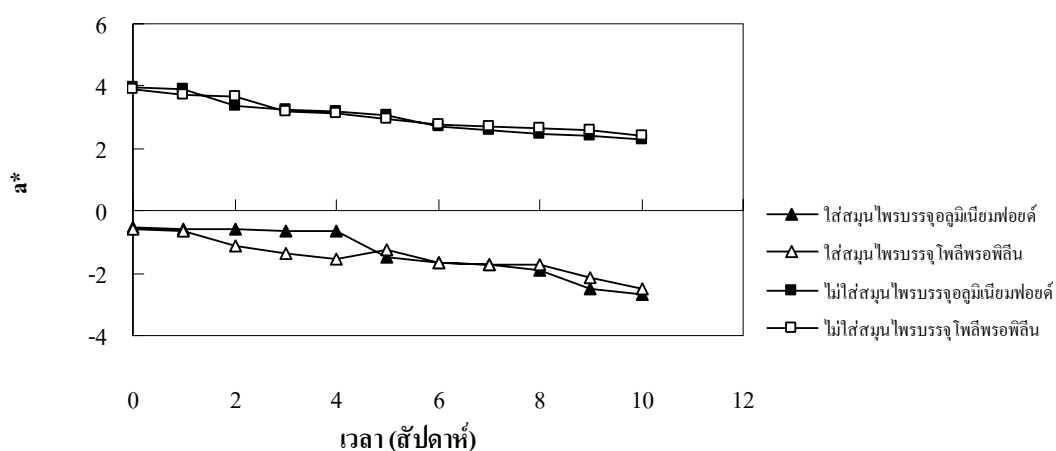
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของสีมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรมีค่าความสว่างสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากสมุนไพรที่ใส่ประกอบไปด้วยสีน้ำตาลของอบเชย สีเขียวของสาหร่ายสไปรูลิน่า และสีเหลืองของขมิ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรค่าความสว่างจึงน้อยกว่า และค่าความสว่างที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยกรดอะมิโน หรือกลุ่มอะมิโนของโปรตีน และเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (กลูโคสหรือฟรุกโทส) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Yaylayan, 1997) เมื่อเก็บระยะเวลานาน 10 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่า L^* เปลี่ยนแปลงจาก 48.68 เป็น 44.68 และผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีนมีค่า L^* เปลี่ยนแปลงจาก 48.44 เป็น 44.62 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และบรรจุในโพลีพรอพิลีน โดยมีค่า L^* เปลี่ยนแปลงจาก 59.12 เป็น 51.76 และ 59.24 เป็น 52.02 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

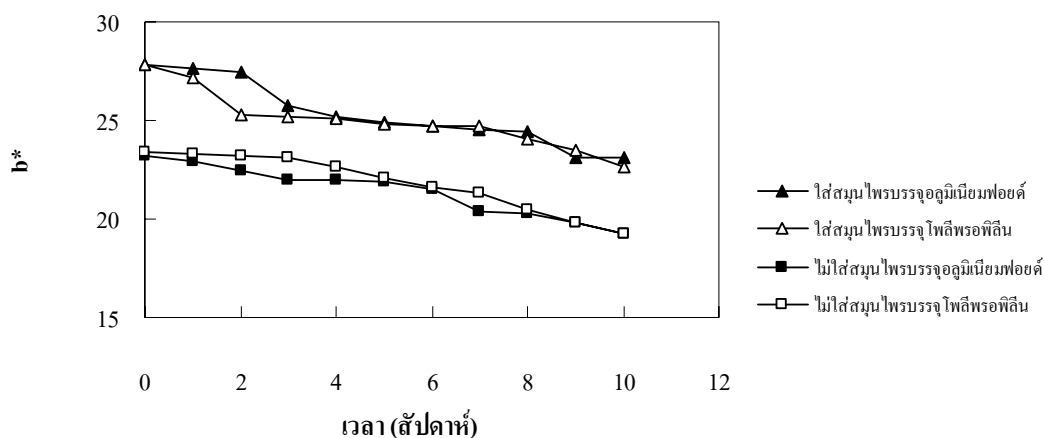
ด้านการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a^* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีแดง พบว่าค่า a^* มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 8 โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรมีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์ที่ใส่

สมุนไพรที่มีองค์ประกอบสีเขียวของสารหยาบโปรตีนที่เด่นชัดจึงมีค่า a^* ติดลบ ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเขียว เมื่อเก็บไว้นาน 10 สัปดาห์ ผลิตกัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่า a^* เปลี่ยนแปลง จาก -0.55 เป็น -2.68 และผลิตกัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีน มีค่า a^* เปลี่ยนแปลงจาก -0.58 เป็น -2.48 สำหรับผลิตกัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และบรรจุในโพลีพรอพิลีน นั้นมีค่า a^* เปลี่ยนแปลงจาก 3.96 เป็น 2.27 และ 3.88 เป็น 2.42 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาคผนวก จ)



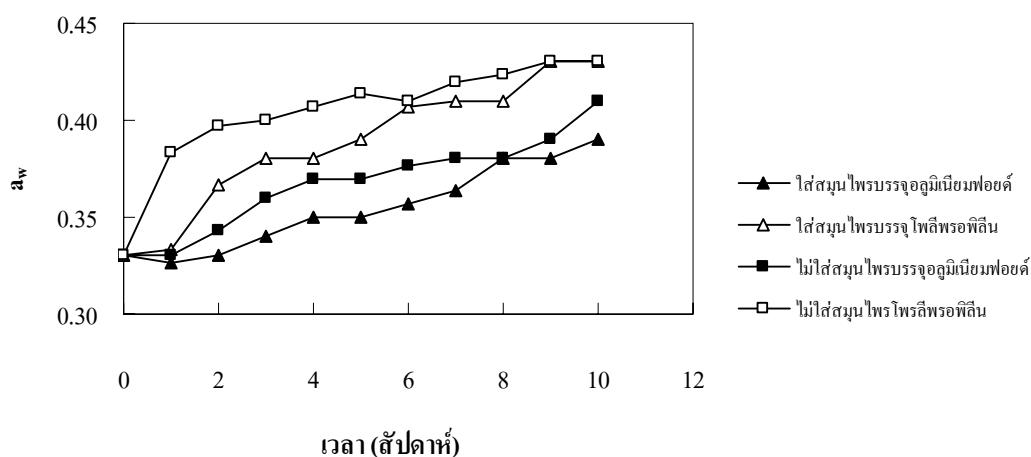
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของค่าสี b^* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลือง พบว่าค่า b^* มีแนวโน้มลดลง ในระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับค่า L^* และ a^* แสดงดังภาพที่ 9 โดยผลิตกัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าผลิตกัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสีน้ำตาลของอบเชย และสีเหลืองจากขมิ้นชันที่เป็นองค์ประกอบในผลิตกัณฑ์ เมื่อเก็บไว้นาน 10 สัปดาห์ ผลิตกัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตมีค่า b^* เปลี่ยนแปลง จาก 27.84 เป็น 23.08 และผลิตกัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีนมีค่า b^* เปลี่ยนแปลงจาก 27.82 เป็น 22.62 ตามลำดับ สำหรับผลิตกัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และบรรจุในโพลีพรอพิลีน โดยมีค่า b^* เปลี่ยนแปลงจาก 23.24 เป็น 19.22 และ 23.42 เป็น 19.26 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาคผนวก จ)



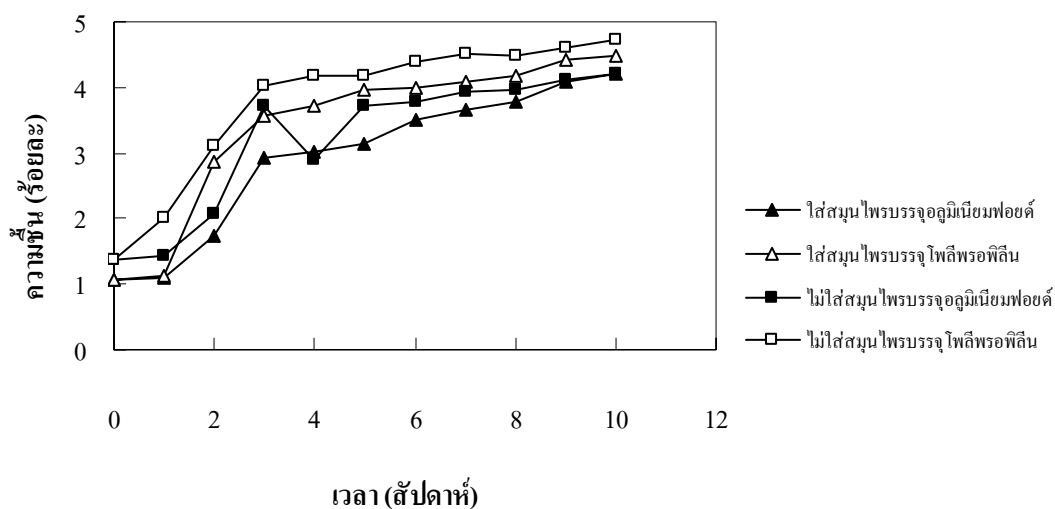
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ความเป็นสีเหลือง (b^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลของการวัดค่า a_w ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 10 โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่า a_w ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในโพลีพรอพิลีนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่า a_w ต่ำที่สุด โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.33 - 0.39 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรและบรรจุในโพลีพรอพิลีนให้ค่า a_w สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.33 - 0.43 ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการส่งถ่ายความชื้นที่เป็นไปได้มากขึ้นแตกต่างกันในแต่ละภาชนะบรรจุ ทั้งนี้เพราะถุงพลาสติกโพลีพรอพิลีนมีอัตราการต้านทานการซึมผ่านน้ำ (WVTR) เท่ากับ 8-10 กรัม / ตารางเมตร / 24 ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ที่มีค่า WVTR เท่ากับ 0 กรัม / ตารางเมตร / 24 ชั่วโมง จึงส่งผลให้ความชื้นจากภายนอกแพร่เข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่า (Moreira *et al.*, 1999)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าออเตอร์แอคทีวิตี้ ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และ และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นค่าความแข็งมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 67.48 เป็น 46.30 นิวตันในผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และเปลี่ยนแปลงจาก 58.64 เป็น 11.04 นิวตัน ในผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีน ค่าความแข็งเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ต่างกันจากการเพิ่มสมุนไพรลงไป ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีนมีค่าความแข็งลดลงมากที่สุด โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 29.32 เป็น 8.10 นิวตัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 59.12 เป็น 22.83 นิวตัน แสดงดังภาพที่ 11 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุออลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุโพลีพรอพิลีนในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องมาจากคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำที่สูงกว่านั่นเอง



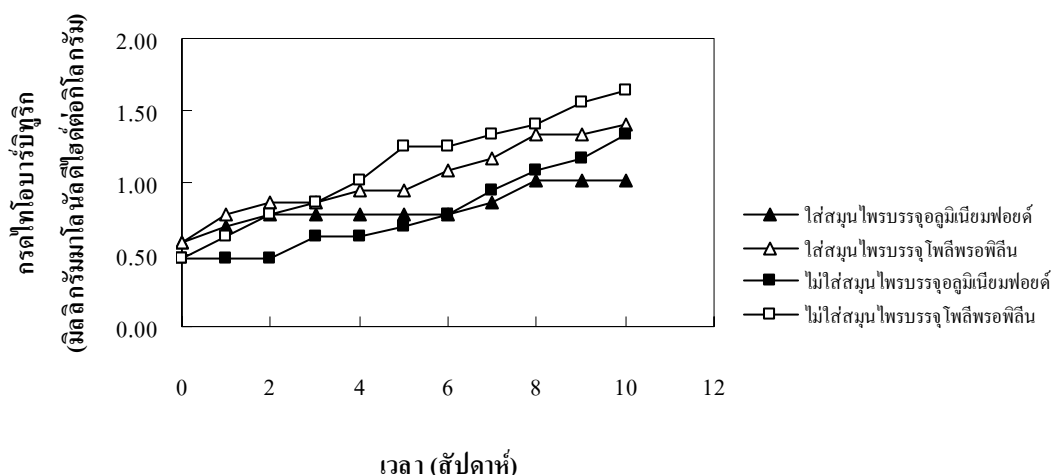
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นเริ่มต้นต่ำจึงเกิดการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ง่าย ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุก็มีผลเช่นเดียวกัน เนื่องจากพลาสติกพอลิเมอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการบรรจุอาหารมีระดับการยอมให้ความชื้นผ่านได้บางส่วน (รุ่งนภา, 2549) ซึ่งจากการป้องกันการซึมผ่านความชื้นของโพลีพรอพิลีนยังไม่ดีเท่ากับพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้โพลีพรอพิลีนเชื่อมติดได้ยาก (ณัฏฐา, 2547) และมีอัตราในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำ(WVTR) เท่ากับ 8-10 กรัม / ตารางเมตร / 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าออลูมิเนียมฟอยล์ที่มีค่า WVTR เท่ากับ 0 กรัม / ตารางเมตร / 24 ชั่วโมง (Moreira *et al.*, 1999) โพลีพรอพิลีนมีคุณสมบัติเด่นที่จุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารขณะร้อน นอกจากนี้ยังใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมันซึ่งอายุการเก็บรักษาไม่สูง เช่น คุกกี้ ถั่วทอด เป็นต้น และมีราคาถูกจึงเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ (ปุ่น และสมพร, 2540)

การเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก Pearson (1976) กล่าวว่า ค่าปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความหืนของอาหารได้ Tarladgis *et al.* (1962) กล่าวว่า อาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันและน้ำมันที่มีการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะพบ

ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอนุพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึงอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากการสัมผัสกับออกซิเจนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวด้วย (Allen, 1996) จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 13 พบว่า ค่าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรในวันที่ 0 มีปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพร เนื่องจากสมุนไพรมีสมบัติเป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชัน (Prooxidant) อย่างอ่อนด้วย (Bonanni *et al.* 2007) สอดคล้องกับการทดลองของ Frutos and Hernandez-Herrero (2005) ศึกษาการเติมสารสกัดจากโรสแมรี่ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0, 2, 4, 6 กรัมต่อลิตร) ในเครื่องแต่งกลิ่นรสต่อความคงตัวในขนมปัง พบว่าค่าเริ่มต้นในวันที่ 0 ของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกในขนมปังที่มีการเติมสารสกัดจากโรสแมรี่ 6 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุด โดยปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น เนื่องจากผลของการเป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดโรสแมรี่ กระบวนการเร่งการเกิดออกซิเดชันนี้มักเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสมุนไพรหรือสารสกัดจากสมุนไพร (Herrmann, 1981) จากการทดลองตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร พบว่าปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ มีค่า a_w ในช่วง 0.30 - 0.40 ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2545) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพร มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรเมื่อเปรียบเทียบกับภาชนะบรรจุที่เป็นอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนท ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.47 เป็น 1.33 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพร มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.58 เป็น 1.01 ของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เนื่องจากสมุนไพรที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชันจึงมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกที่ต่ำกว่า ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกนี้ สอดคล้องกับสมการในตารางที่ 21 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนทมีค่าความชันต่ำที่สุด ($y = 0.03x + 0.67$) แสดงว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีนนั้น สมการให้ค่าความชันสูงที่สุด ($y = 0.12x + 0.29$) แสดงว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

Mathew (2006) ศึกษาการต้านการเกิดออกซิเดชันของเปลือกอบเชย พบว่าการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกอบเชย มีคุณสมบัติเป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging) ทำให้ต้านการเกิด 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical



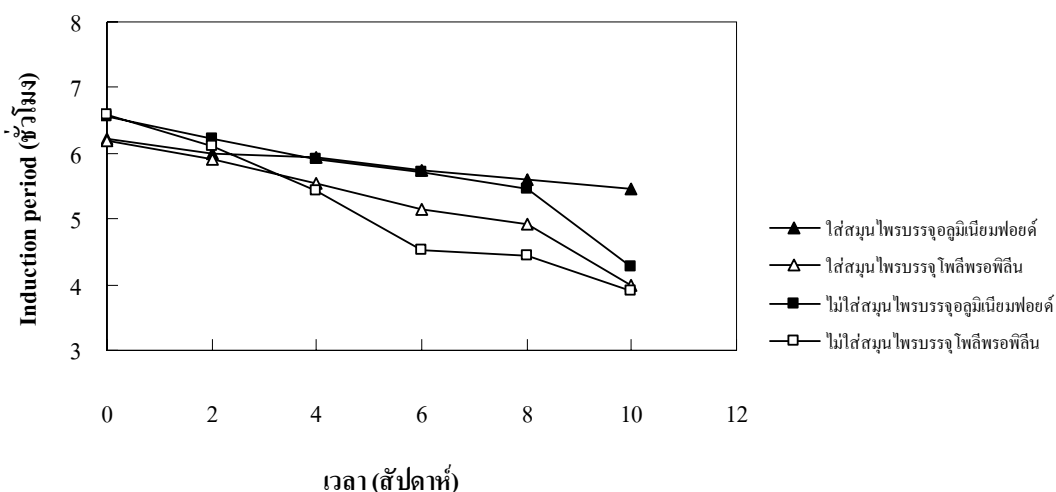
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง จากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 21 สมการแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA) จากภาพที่ 13

สิ่งทดลอง	สมการความสัมพันธ์	R ²
ใส่สมุนไพรบรรจุถุงนิย่มฟอยด์	$y = 0.0345x + 0.6700$	0.85
ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	$y = 0.0938x + 0.2964$	0.96
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุถุงนิย่มฟอยด์	$y = 0.0716x + 0.6782$	0.96
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	$y = 0.1157x + 0.2941$	0.96

หมายเหตุ : y คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก, x คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา, R² = ค่าสัดส่วนของความแปรปรวน

ส่วน Hydroxyl และ Superoxide radical จะถูกกำจัดโดยสารประกอบจากออบเชยจะยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ ซึ่งแหล่งของสารต้านการเกิดออกซิเดชันตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นพืชไม้ที่มีสารประกอบฟีนอลิก เนื่องจากฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นสารลดหรือกำจัดอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกมักพบตามทุกส่วนของพืช เช่น ผัก ผลไม้ ถั่ว เมล็ด ใบ ราก และเปลือก ในขณะที่รงควัตถุที่สำคัญของสาหร่ายสาหร่ายน้ำจืดคือ C-phyocyanin β -carotene และ Chlorophyll C-phyocyanin ซึ่งเป็นโปรตีนสีน้ำเงินที่ละลายน้ำได้ มีสมบัติที่สำคัญ คือการต้านออกซิเดชัน (Belay, 2002) Cousins *et al.* (2007) ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นตัวต้านออกซิเดชันโดยทำการรากของขมิ้นสดด้วยเมทานอล พบว่าสารสกัดจากรากของขมิ้นสดมีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันที่ดี



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของสารต้านออกซิเดชัน (Induction period) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบภาชนะบรรจุที่ใช้ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่ และไม่ใช่สมุนไพรบรรจุในโพลีเอทิลีนทาร์เปต มีปริมาณกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่และไม่ใส่สมุนไพรที่บรรจุในโพลีเอทิลีน เนื่องจากภาชนะบรรจุดังกล่าวมีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันแสง และการสัมผัสกับออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งการเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัว ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิฟต์ หรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (นิธิยา, 2545) ถูกลดอนุมูลอิสระโดยมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการทำภาชนะบรรจุอาหารว่าง

เนื่องจากป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี มีความมันวาว และน้ำหนักเบากว่ากระป๋องแก้ว และโลหะ แต่มีข้อเสียคือในขณะขนส่งเกิดรอยยับได้ง่าย (มยุรี, 2536)

ตารางที่ 22 สมการแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของสารเกิดออกซิเดชัน (Induction period) จากภาพที่ 14

สิ่งทดลอง	สมการความสัมพันธ์	R ²
ใส่สมุนไพรบรรจุอูมิเนียมฟอยด์	$y = -0.0743x + 6.1881$	0.99
ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	$y = -0.2056x + 6.3129$	0.95
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุอูมิเนียมฟอยด์	$y = -0.198x + 6.6833$	0.88
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	$y = -0.2784x + 6.5605$	0.97

หมายเหตุ : y คือ การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของสารเกิดออกซิเดชัน, x คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา, R² = ค่าสัดส่วนของความแปรปรวน

ผลจากการวัดค่าความคงตัวของน้ำมันที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพร และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรทุก 2 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นค่า Induction period ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 14 สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกที่มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกเพิ่มขึ้น และค่าความคงตัวของสารเกิดออกซิเดชันลดลง จากภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่าค่าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรมีค่า Induction period ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพร สอดคล้องกับค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกที่มีค่าเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรสูงกว่าไม่ใส่สมุนไพร ดังภาพที่ 13 เนื่องจากสมุนไพร และเครื่องเทศมีสมบัติในการเป็นตัวต้านการเกิดออกซิเดชันในขณะเดียวกันก็เป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชัน (Prooxidant) อย่างอ่อนด้วย (Bonanni *et al.*, 2007) ซึ่งจะเกิดในช่วงแรกของการเก็บรักษา โดยอัตราการลดลงของค่า Induction period ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรและบรรจุในโพลีพรอพิลีนในระหว่างการเก็บรักษามีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 6.60 เป็น 3.90 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับสมการในตารางที่ 22 พบว่ามีค่าความชันสูงที่สุด ($y = -0.28x + 6.56$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรและบรรจุในอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีอัตราการลดลงของค่า Induction

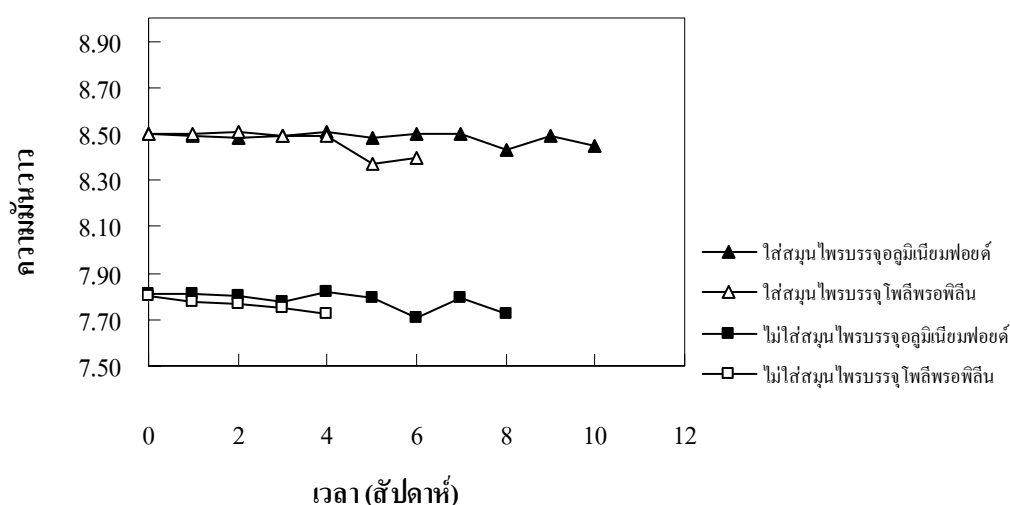
period ต่ำที่สุด โดยมีค่า Induction period เปลี่ยนแปลงจาก 6.21 เป็น 5.45 ชั่วโมง สอดคล้องกับสมการในตารางที่ 22 พบว่ามีค่าความชันต่ำที่สุด ($y = -0.07x + 6.19$)

7.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

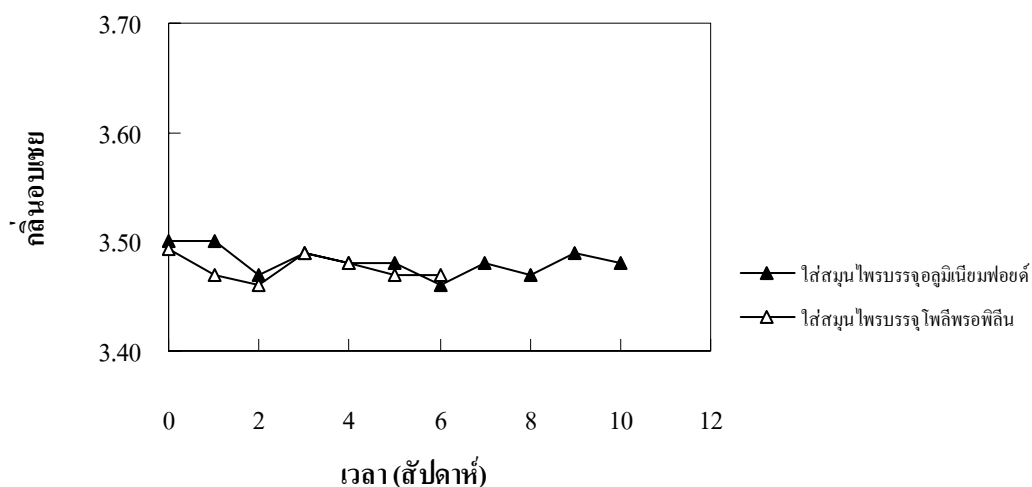
ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ใส่และไม่ใส่สมุนไพร ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทุก 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง $0.50 \times 10^2 - 1.50 \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม โดยประมาณ ปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมโดยประมาณ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกรอบจากธัญชาติ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคซึ่งสามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีค่า a_w สูงกว่า 0.85 (McSwane *et al.*, 2000) และอาหารที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.50-0.60 เชื้อจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Esse and Saari, 2004) จุลินทรีย์ประเภทราจะหยุดการเจริญเมื่อ a_w น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.70 และยีสต์จะเริ่มเจริญได้เมื่ออาหารมี a_w อยู่ในช่วง 0.70 - 0.80 (นิริยา, 2545) ทั้งนี้ต้องมีการควบคุมสภาวะให้เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งนอกจากค่า a_w ที่บ่งบอกปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ยังมีสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อีกด้วย ได้แก่ สารประกอบชินนามาลดีไฮด์ในอบเชย (Nikos, 2006) มีสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มีการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกอบเชยที่ใช้ในอาหารและเครื่องดื่ม มีประสิทธิภาพในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนือเน่าเสีย และมีคุณสมบัติด้านการเจริญของรา ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. nidulans* และ *A. flavus* (Palmer, 2001) และ Valero and Salmeron (2006) ได้ใส่น้ำมันหอมระเหย ซึ่งสกัดจากอบเชย 5 มิลลิตรลงในซูปแครอท 100 มิลลิตร พบว่าช่วยป้องกันการเติบโตของ *B. cereus* ได้อย่างน้อย 60 วัน และสารประกอบ Turmerone ในขมิ้น สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ และยีสต์ ได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้น แบคทีเรียแกรมบวก 2 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* แบคทีเรียแกรมลบ 3 ชนิด ได้แก่ *Shigella flexneri* type 2a, *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* และยีสต์ 1 ชนิด คือ *Candida albicans* (โศภณ และคณะ, 2530)

7.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความเข้มจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยคุณภาพด้าน ความมันวาว กลิ่นรส ออเบซ กลิ่นหืน การเกาะตัวกันของส่วนผสม และความแข็ง ร่วมกับการทดสอบการยอมรับโดยวิธี Overall quality rating พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความเข้มเฉลี่ยทางด้านความมันวาวของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลีพรอพิลีนนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลีพรอพิลีน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยความเข้มเฉลี่ยด้านความมันวาวของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพร และไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลีพรอพิลีนอยู่ในช่วง 8.40 – 8.50 และ 7.81 – 7.72 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 15



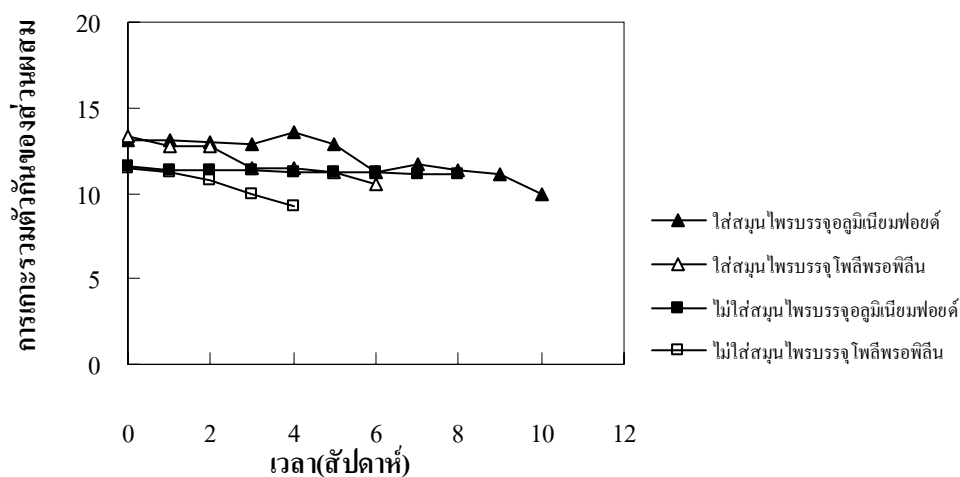
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านความมันวาวของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา



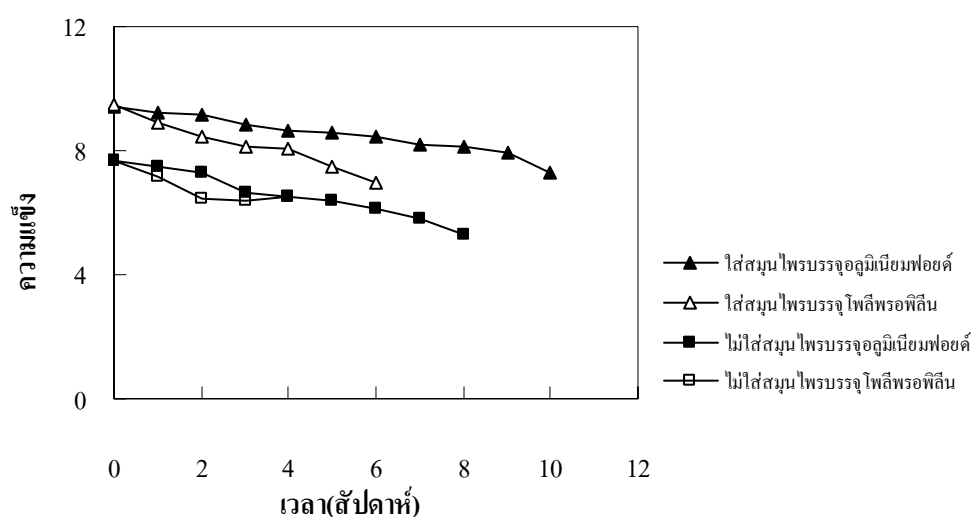
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกัณอบเชยของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

กัณรสอบเชย ของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลิพรอพิลีน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษาโดยความชื้นเฉลี่ยด้านกัณอบเชยของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และโพลิพรอพิลีน อยู่ในช่วง 3.47 – 3.50 และในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรไม่มีกัณของอบเชยจึงไม่พบว่ามีกัณนี้ แสดงดังภาพที่ 16 ส่วนระดับความชื้นเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสม และความแข็งเมื่อเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ระดับความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 17 และ 18 ตามลำดับ สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพด้านความแข็งที่มีค่าลดลงตลอดระยะเวลา การเก็บรักษา โดยผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกันเปลี่ยนแปลงจาก 13.14 เป็น 9.98 และความชื้นเฉลี่ยด้านความแข็งจาก 9.45 เป็น 7.30 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในถุงโพลิพรอพิลีน มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกันเปลี่ยนแปลงจาก 13.30 เป็น 10.50 และความชื้นเฉลี่ยด้านความแข็งจาก 9.46 เป็น 6.96 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกันเปลี่ยนแปลงจาก 11.55 เป็น 11.10 และความชื้นเฉลี่ยด้านความแข็งจาก 7.68 เป็น 5.30 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลิพรอพิลีน มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านการเกาะตัวกัน เปลี่ยนแปลงจาก 11.51 เป็น 9.26 และความชื้นเฉลี่ยด้านความแข็งจาก 7.68 เป็น 6.50 ตามลำดับ (แสดงดังในภาคผนวก จ) ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์

ลามิเนท และโพลีพรอพิลีน แตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับใน สัปดาห์ที่ 8 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 และสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30

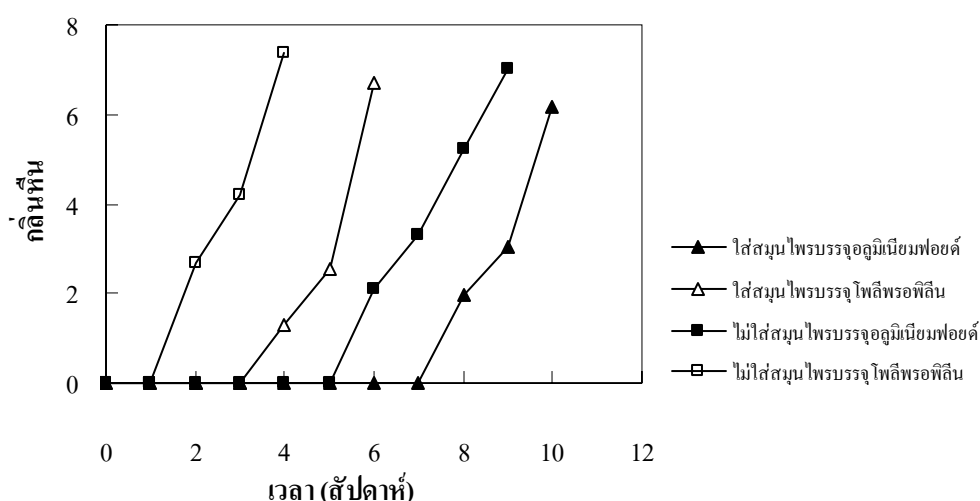


ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านการเกาะรวมตัวกันของส่วนผสมของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความเข้มข้นทางด้านกลิ่นหืนมีระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 19 โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีนนั้นผู้ทดสอบสามารถให้คะแนนความเข้มข้นทางด้านกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าความเข้มข้นด้านกลิ่นหืนเปลี่ยนแปลงจาก 2.66 ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา เป็น 7.39 ในสัปดาห์ที่ 4 และมีกลิ่นหืนจนไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 4 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 1.01 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และค่า Induction period เท่ากับ 5.44 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีนมีความเข้มข้นทางด้านกลิ่นหืนเปลี่ยนแปลงจาก 1.30 ในสัปดาห์ที่ 4 เป็น 6.69 และไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 6 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 1.09 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และค่า Induction period เท่ากับ 5.15 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในออลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตนั้น มีค่าความเข้มข้นด้านกลิ่นหืนเปลี่ยนแปลงจาก 2.11 ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา เป็น 7.03 ในสัปดาห์ที่ 8 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 1.09 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และค่า Induction period เท่ากับ 5.47 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในออลูมิเนียมฟอยด์ ผู้ทดสอบสามารถให้คะแนนความเข้มข้นทางด้านกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นได้ช้าที่สุด คือ มีค่าความเข้มข้นด้านกลิ่นหืนเปลี่ยนแปลงจาก 1.97 ในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา เป็น 6.16 ในสัปดาห์ที่ 10 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 1.01 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และค่า Induction period เท่ากับ 5.45 ชั่วโมง



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นหืนของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่าในสัปดาห์ที่ 10 ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และสัปดาห์ที่ 6 ในผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรบรรจุในโพลีพรอพิลีน มีคุณภาพแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 และ 3.60 ตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน เนื้อสัมผัสนุ่มลง และมีการเกาะตัวกันน้อย ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุในอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต และบรรจุในโพลีพรอพิลีน มีคุณภาพแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 และ 2.70 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาคผนวก จ) ดังนั้นกล่าวได้ว่า ภาชนะบรรจุอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรได้นานกว่าภาชนะบรรจุโพลีพรอพิลีน 1.80 เท่า และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรได้ 2.30 เท่า

จากการทดลองทางประสาทสัมผัส พบว่าเกณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง พบว่ามีค่าคะแนนความเข้มข้นของกลิ่นหืน อยู่ในช่วง 6.0-7.0 และมีค่าคุณภาพทางเคมีของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกอยู่ในช่วง 1.01-1.09 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และค่า Induction period อยู่ในช่วง 5.15-5.47 ชั่วโมง

ตารางที่ 23 ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก และค่า Induction period ณ วันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม)	Induction period (ชั่วโมง)
ใส่สมุนไพรบรรจุอลูมิเนียมฟอยด์	9	1.01	5.45
ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	5	1.09	5.54
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุอลูมิเนียมฟอยด์	7	1.09	5.47
ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน	3	1.01	5.44

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้พิจารณาคุณภาพทุกคุณภาพที่ประเมิน ทั้งคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส โดยจะพิจารณาคุณภาพที่เสื่อมเสียก่อนใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยคุณภาพทางกายภาพด้านความแข็ง และ

กลิ่นหืน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร จากผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างกันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยวิธี Overall quality rating พบว่าการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุอุณหภูมิเย็มฟอยด์ลามิเนท ในสัปดาห์ที่ 10 ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่แข็งน้อยเกินไป การเกาะตัวกันของส่วนผสมน้อยลง และมีกลิ่นหืน ดังนั้นอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุอุณหภูมิเย็มฟอยด์ลามิเนท จึงมีอายุการเก็บได้ 9 สัปดาห์ ผลการศึกษาอายุการเก็บอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุโพลีพรอพิลีน พบว่ามีอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุอุณหภูมิเย็มฟอยด์ลามิเนท และโพลีพรอพิลีน พบว่ามีอายุการเก็บรักษา 7 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุอุณหภูมิเย็มฟอยด์ ลามิเนทมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เนื่องจากมีสมุนไพรที่เป็นตัวต้านการเกิดออกซิเดชันจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและภาชนะบรรจุชนิดอุณหภูมิเย็มฟอยด์ลามิเนท สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี จึงช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด ได้แก่ ข้าวแต่น พบว่า ข้าวแต่นที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีพรอพิลีน มีอายุการเก็บรักษา 1 เดือน ดังนั้นอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีพรอพิลีน สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าโดยมีอายุการเก็บรักษา 1.50 เดือน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ได้แก่ การเตรียมข้าวพอง และถั่วลิสงคั่ว พบว่า การอบแห้งข้าวกล้องข้าวเหนียวหุงสุกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด และนำมาทอดที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที ให้ค่าอัตราการพองตัวของข้าวพองสูงที่สุด และการเตรียมถั่วลิสงคั่วที่เหมาะสมได้แก่ ทำการคัดเลือกถั่วที่สมบูรณ์ นำไปคั่วที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วทำการบดหยาบให้มีขนาดอยู่ในช่วง 5-7 mesh และจากการทดสอบความชอบด้านเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า ผู้ทดสอบมีความชอบเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่มมากกว่าแบบกรอบร่วน

การศึกษาชนิดและปริมาณสมุนไพรที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยจัดตั้งทดลองแบบ (3x2) Factorial in CRD ศึกษาปริมาณอบเชย 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50, 1.50, 2.50 และสำหรับสไปรูลิना 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50 และ 1 โดยมีปริมาณขมิ้นคงที่เท่ากับ ร้อยละ 0.50 ลักษณะทั่วไปของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร มีสีน้ำตาลจากอบเชย สีเขียวจากสาหร่าย สไปรูลิना และสีเหลืองจากขมิ้น สำหรับกลิ่นรสสมุนไพรพบว่า กลิ่นรสของอบเชยและขมิ้นเด่นชัด แต่สาหร่ายสไปรูลิनाไม่ให้กลิ่นรสที่ชัดเจน พบว่าชนิดและปริมาณสมุนไพรมีอิทธิพลต่อค่าสี โดยเมื่อปริมาณอบเชยเพิ่มขึ้นค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อสาหร่ายสไปรูลิनाเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสัดส่วนสมุนไพรที่มีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยสูงสุด คือ อบเชย ร้อยละ 0.50 ขมิ้น ร้อยละ 0.50 และสาหร่ายสไปรูลินำ ร้อยละ 1

จากการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความหวาน วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ กลูโคสไซรัป ไฮฟรุคโทส ไซรัป และซูโครส ร้อยละ 0-100 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 8 สิ่งทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี Response surface methodology (RSM) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (Linear model) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับปริมาณสารให้ความหวานแต่ละชนิด พบว่า สิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของไฮฟรุคโทสไซรัปต่อกลูโคสไซรัปต่อซูโครส เท่ากับ 0:100:0 มีความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 50.10

นิวตัน สัดส่วนของไฮฟรุกโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 100:0:0 ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถคงรูปเป็นแท่งได้ และสิ่งทดลองที่มีสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 0:0:100 เป็นสิ่งทดลองที่มีปริมาณซูโครสที่มากเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร้อนมากจนไม่สามารถขึ้นรูปแท่งได้ที่อุณหภูมิห้อง และสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครสที่เหมาะสม คือ สิ่งทดลองที่มีไฮฟรุกโทสไשרิป ร้อยละ 57.15 กลูโคสไשרิป ร้อยละ 28.57 และซูโครส ร้อยละ 14.30 หรือมีสัดส่วนเท่ากับ 4:2:1 และอัตราส่วนของแห้งต่อปริมาณน้ำเชื่อม เท่ากับ 1:1.50 นั้น มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านความแข็ง และความชอบรวมมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 7.20 และ 7.30 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเท่ากับ 14.60 นิวตัน และมีค่า a_w เท่ากับ 0.40

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องที่เสริมคุณค่าจากสมุนไพรที่พัฒนาได้ ประกอบด้วยส่วนผสมข้าวพองจากข้าวกล้องข้าวเหนียว ร้อยละ 59 ถั่วลิสงคั่ว ร้อยละ 13 สตรอเบอร์รี่อบแห้ง ร้อยละ 13 งาขาว ร้อยละ 13 งาดำ ร้อยละ 13 อบเชย ร้อยละ 0.50 ขมิ้น ร้อยละ 0.50 สาหร่ายสาไปรูลิน่า ร้อยละ 1 และน้ำเชื่อมที่มีสัดส่วนของไฮฟรุกโทสไשרิปต่อกลูโคสไשרิปต่อซูโครส เท่ากับ 4:2:1 มีกรรมวิธีการผลิตโดยนำวัตถุดิบมาผสมให้เข้ากันพร้อมทั้งให้ความร้อน จากนั้นนำมาขึ้นรูปอัดแท่งขนาด 2.5x9.5x1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร และนำไปอบในตู้อบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w เท่ากับ 0.36 และค่าความแข็งเท่ากับ 64.0 นิวตัน อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้ มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณประกอบไปด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.08, 7.80, 22.07, 1.88, 1.76 และ 65.41 ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 250 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์ และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติ

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.10) ผู้บริโภค ร้อยละ 89.20 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บ 9 สัปดาห์ เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่า Induction period ลดลง ในขณะที่ความชื้น a_w ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก และกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น โดยสมุนไพรที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านการเกิดออกซิเดชันทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บ

และภาชนะบรรจุอลูมิเนียมพอยด์ตามีนสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใส่สมุนไพรได้นานกว่าภาชนะบรรจุโพลีพรอพิลีน 1.80 เท่า และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่สมุนไพรได้ 2.30 เท่า

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรว่ามีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ในกระบวนการทอดข้าวพองทำให้ผลิตภัณฑ์มีไขมันมากและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็ว ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นควรมีการพัฒนาข้าวพองด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น และจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ
2. ในกระบวนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรพบว่า การดูดความชื้นทำให้สูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส และการเกิดกลิ่นหืน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นหากนำวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศมาใช้ เป็นการดึงออกซิเจนออกไป ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ แจ่มชัด, อนุวัตร แจ่มชัด และประชา บุญญศิริกุล. 2547. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจาก ข้าวผสมผลไม้โดยวิธีเอกซ์ทรูชัน, น.61-72. ใน การใช้ประโยชน์จากข้าวในการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการส่งออก. กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2542. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี. ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กรุงเทพธุรกิจ. 2548. Food for beauty เทรนด์นี้มาแรง “กินให้สวย ครรลองวิถีธรรมชาติ”. **Food Biz** แหล่งที่มา: www.bangkokbizweek.com, 3 ธันวาคม 2548.

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

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2550. ขมิ้น. สมุนไพรที่ใช้ในสาธารณสุขมูลฐาน. แหล่งที่มา: <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/index.html>, 28 กุมภาพันธ์ 2550.

_____. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง, น. 203-206. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คำรบ สมวรรณนะ. 2546. ผลของเจลาตินในเซชันและรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี .2531 .คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง, น. 94-105. ใน การปรับปรุงคุณภาพข้าว ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จริยา คุณะวิภากร. พ.ศ. 2542. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวพองที่ทำจากข้าวกล้องหัก
หอมมะลิผสมเนยถั่วลิสง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2534. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นุชจรินทร์ เกตุนิล. 2545. อุตสาหกรรมข้าวแปรรูปของไทยกับความสามารถในการแข่งขัน
กับประเทศคู่แข่ง. วารสารสถาบันอาหาร. 26: 16 -29.

บิสิเนสไทย. 2548. วินเนอร์กรู๊ปจับตลาดสุขภาพใช้ CRM สร้างแบรนด์สินค้า. **Brand Power** .
แหล่งที่มา: http://www.bcm.arip.co.th/content.php?data=406623_Brand%20Power, 3
ธันวาคม 2548.

พิทยา สรวมศิริ. 2529. พืชเครื่องเทศ (Spice). ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 243 น.

มยุรี ภาคลำเจียก. 2536. ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุหีบห่ออาหารว่าง. วารสารพลาสติก.
10 (3): 4.

ศิริลักษณ์ สันทวาลัย และกมลวรรณ แจ่มชัด. 2544. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการทำขนม
อบ, น. 45-52. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วรคามิน. 2547. สหราชอาณาจักรของอนาคต. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์สามเจริญพาณิชย์
(กรุงเทพฯ) จำกัด, กรุงเทพฯ.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2541. อาหารป้องกันโรค: ข้าวกล้องและรำข้าว. วารสารอุตสาหกรรม
เกษตร. 9 (2): 38-41.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2540. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์เลียงเชียง.
กรุงเทพฯ.

สุพจน์ คิตานเกสัช. 2543. สมุนไพรเครื่องเทศและพืชปรุงแต่งกลิ่นรส. พิมพ์ครั้งที่1.
สำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น จำกัด, กรุงเทพฯ.

สุวรรณ สุกิมารส. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและชอคโกแลต, น. 15-37. สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนม
อบกรอบจากธรรมชาติ. มอก. 1534-2541.

นฤศันส์ วาสิกคิลก. 2541. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2540. บรรจุภัณฑ์อาหาร. แพคเมทส์,
กรุงเทพฯ. 234 น.

เปรมฤทัย เข้มบรรจง. 2542. ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวข้าวที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเม่า.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. น. 106-128. ใน รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์
มานิต, บรรณาธิการ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชัย หลุทัยธนาสันต์, จวงจันทร์ ดวงพัตรา, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ อมรา ชินภูติ. เอกสาร
ประกอบการฝึกอบรม. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปถั่วลิสงปลอดสารพิษ
Aflatoxin. โครงการวิจัยและถ่ายทอดงานวิจัยสู่ประชาชน ณ.สถาบันคั่นคว้าและพัฒนา
ผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2546-
2547.

- วรรณภา วงศ์แสงธรรม. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพชนิดแท่งจากกล้วยข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2541. สมุนไพรน้ำรู้. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิมลศิริ ชนะสูติ. 2539. การพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Adams, M.A. 1985. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Alexander, R.J. 1998. **Sweeteners: Nutritive**. The American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota.
- Allen, J. St. Angelo. 1996. Lipid oxidation in Foods. **Critical Review in Food Science and Nutrition**. 36 (3): 175-224.
- Anon. 1997. New generation gelatins present opportunities for cereal bars. **Confectionery Production**. 63 (7): 14.
- A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis of A.O.A.C International**, 17th ed. A.O.A.C. International, Gaithersburg, Maryland.
- Belay, A. 2002. The Potential Application of Spirulina (Arthrospira) as A Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management. **J. American Nutraceutical Association**. 5: 27-48.

Belkina LM, Arkhipenko IuV, Dzhaparidze LM, Saltykova VA and FZ, Meerson. **Effect of vitamin E deficiency on the development of cardiac arrhythmias as affected by acute ischemia.** Biull Eksp Biol Med 1986; 102 (11): 530-2.

Bonanni A., Campanella L., Gatta T., Gregori E and M, Tomassetti. 2007. Evaluation of the antioxidant and prooxidant properties of several commercial dry spices by different analytical methods. **J. of Food Chemistry.** 102: 751-758.

Cagampang. G.B. Perez. C.M. and B.O. Juliano. 1973. A Gel Consistency 1 est. for Eating Quality of Rice. **J. Food Agr.** 24: 1589-1594.

Case, S.E., D.D. Hamann and S.J. Schwartz. 1992. Effect of starch gelatinization of physical properties of extruded wheat and corn based products. **Cereal Chem.** 69 (4): 401-404.

Chen, J.J., S. Lu and C.Y. Lii. 1999 Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. **Cereal Chem.** 76 (5):796-799.

Cousin, M., J., Adelberg, F., Chen and J. Rieck. 2007. Antioxidant capacity of fresh and dried rhizomes from four clones of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown in vitro. **Industrial crops and products.** 25: 129-135

Dahl, S.R. and R. Voillota. 1991. Twin-screw extrusion texturization of acid and alkaline denature soy protein. **J. Food Sci.** 556 (6): 1002-1007.

Esse, R. and A. Saari. 2004. Shelf-life and moisture management, pp. 24-41. In R. Steele, ed. **Understanding and Measuring the Shelf-life of Food.** Woodhead publishing limited Cambridge England.

- Fellow, P.J. 1990. **Food Processing Technology : principle and practice**. Ellis Horwood Limited. 505 p.
- _____. 2000. **Food Processing Technology : principle and practice**. Ellis Horwood Limited. 563 p.
- Frank, R.A., S.J.S. Mize and R Carter. 1989. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Frank, R.A., Mize. S.J.S., Kennedy, L.M., H.C. Santos and S.J. Green. 1993. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Frutos, M.J. and J.A. Hernandez-Herrero. 2005. Effects of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) on the stability of bread with an oil, garlic and parsley dressing. **J. Food Sci.** 38: 651-655.
- Gordon, B.R. 1990. **Snack Food**. AVI Publishing, New York. 401 p.
- Gordon, J. and E.A. Davis. 1998. Biochemical process: Carbohydrates instability, pp. 105-124. In I.A. Taub, ed. **Food Storage Stability**. CRC Press, USA.
- Hallfrisch, J., Daniel J. Scholfield and Kay M. Behall. 2003. Blood pressure reduce by whole grain diet containing barley or whole wheat and brown rice in moderately hypercholesterolemic men. **Nutrition Research**, 23: 1631-1642.

- Hanaa, H. and El-Baky. 2003. Overproduction of Phycocyanin in Pigment in Blue Green Algae *Spirulina* sp. And it's Inhibitory Effect on Growth of Ehrlich Ascites Carcinoma Cell. **J. Medical Science**. 3 (4): 314-324.
- Herrmann, K. (1981). Über die antioxidative Wirkung von Gewuren. **Deutsche Lebensmittel-Rundschau**, 77: 134-139.
- Hirata, T., M. Tanaka, M. Oooike, T. Tsunimura and M. Sakaguchi. 2000. Antioxidant activities of phycocyanobilin prepared from *Spirulina platensis*. **J. Applied Phycology**. 12: 435-439.
- Harper, J.M. 1981. **Extrusion of Foods**. CRS Press, Inc. Boca Roton, New York. 174 p.
- Hibi, Y., S. Kitamara and T. Kuge. 1990. Effect of lipid on the retrogradation of cooked rice. **Cereal Chem**. 67 (1): 7-10.
- Hoover, R. 1998. **Starch-Lipid Interactions**, pp. 227-257. In R.H. Walter. Polysaccharide association Structures in Food. Marcel Dekker, New York.
- Hoseney, R.C. 1986. **Principle of Cereal Science and Technology**. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota. 327 p.
- Hui, Y.H. 1996. **Bailey's industrial oil and fat products Vol.2**. Edible oil and fat products oil and oil seed 5th ed. A Wiley interscience publication. 708 p.
- Huang, T. C., Fu, H.Y., Ho C.T., D., Haung., Y., T., and M.H. Pan. 2006. Induction of apoptosis by cinnamaldehyde from indigenous cinnamon *Cinnamomum osmophloeum* Kaneh through reactive oxygen species production, glutathione depletion, and caspase activation in human leukemia K562 cells. **J. of Food Chemistry**.

Huxsoll CC, Cerrito E, Homnick DN, inventors; Assigned to the United States of America as represented by the Secretary of Agriculture. 1973 July 10.

Preparation of prefried food products. U.S. Patent 3, 745, 019.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. **Cereal Sci Today**. 16: 334-338, 340, 360.

_____. 1972. **Rice Chemistry and Technology**. Deptment of Cereal Chemistry International Rice Research Institute Los Banos Laguna Philippines. 773 p.

Joslyn, A. 1970. **Method in Foods Analysis**: Physical, Chemical and Instrumental Methods of Analysis. 2nd ed. Academic, New york. 845 p.

Joslyn. M.A. and J. L. Heid. 1964. **Food Processing Operation** Vol.3. The AVI Publishing Company, Inc., Westport Connecticut. 556 p.

Kadan RS, Champagne ET, Ziegler Jr GM. And OA. Richard. 1997. Amylose and protein contents of rice cultivars as related to mixture of rice-based fries. **J. Food Sci** . 62 (4): 701-703.

Kamen, J. 1959. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.

Katz, E.E. and T.P. Labuza. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. **J. Food Sci**. 46 (2): 403-409.

Kim, J.O., W, S, Kim and M.S. Shin. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gel by DSC, x-ray and α -amylase method. **Starch/Starke**. 49 (2): 71-75.

- Kochhar, S.P. 2001. The composition of frying oils, pp. 87-114. In J.B. Rossell, ed.
Frying Improving quality. Woodhead publishing limited Cambridge England. 369 p.
- Kotler, P. 1997. **Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control, 9th ed.** Prentice-Hall, Inc., New jersey. 789 p.
- La Bell, F. 1989. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257.
Cited by M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application.** Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Lawless, H.T. 1998. **Sensory Evalution of food:** Principles and Practices. Chapman & Hall, Inc., New York. 819 p.
- Leszkowiat, M.J., V. Barichello, R.V. Yada, R.H. Coffin, E.C. Loughheed and D.W. Stanley. 1990. Contribution of sucrose to nonenzymatic browning in potato chips.
J. Food Sci. 55 (1): 281-282, 284.
- Lima, I. and R.P. Singh. 1993. Objective measurement of retrogradation in cooked rice during storage. **J. of Food quality.** 16: 321-337.
- Lindley, M.G. 1984 Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application.** Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Luh, B.a. 1991. **Rice Vol.I: Production.** Van Nostrsrd Reinhold, New York. 439 p.
- Mathlouthi, M. and P. Reiser. 1995. **Sucrose Properties and Applications.** Blackie Academic and Professional, London. 294 p.

- Mathew, S. and T.E. Abraham. 2006. Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. **J. of Food Chemistry**, 94: 520-528.
- Maltz, S.M. 1984. **Snack Food Technology**. 2nd ed. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 415 p.
- Manoj, G., L.V. Venkataraman and L. Srinivas. 1992. **Antioxidant properties of *Spirulina* (*Spirulina platensis*)**, pp. 48-154. In C.V. Seshadri and N. Jeeji Bai. *Spirulina Etta* National Symposium. MCRC, Photosynthesis and Energy Division, Tharamani, Madras, India.
- McSwane, D., N. Rue and R. Linton. 2000. **Essentials of Food Safety and Sanitation**. 2nd ed. Prentic - Hall, Inc., New Jersey
- Moreira, R.G., X. Sun and Y. Chen. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. **J. Food Eng.** 31: 485-498.
- Nadakarni , K.M., **Indian Medica**, Vol.1 , Popular Prokashan, Bombay, India, 1976. 442 p.
- Nikos, G.T. 2006. **Maintaing postharvest quality of fresh produce with volatile compounds**. Innovative Food Science and Emerging Technologies.
- Noomhorm, A., N. Kongseree and M. Apintanapong. 1997. Effect of aging on the quality of glutinous rice cracker. **Cereal Chem.** 74 (1): 12-15.
- Palmer, A.S., J. Stewart and L. Fyfe. 2001. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. **J. of Food microbiology**. 18: 463-470.

- Partanen, T. 1988. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Prabhavat, S. 1989. Production of Rice Mill. In **Document for Training Course on Processing of Rice and Products**. Bangkok: FAO.
- Rice, R. 1990. Health food snacks, pp. 285-300. In R.G. Booth, ed. **Snack Food**. An A VI Book, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Romay, C., J. Armesto, D Remirez, R. Gonzalez, N. Ledon and I. Garcial. 1998. Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue green algae. **Inflammatory Research**. 47: 36-41.
- Schoch, T.J. 1984. Swelling power and Solubility of granular Starch, pp. 106-109. In R.L. Whistler, ed. **Method in Carbohydrate chemical Vol. IV**. Academic Press, New York.
- Schott, A. 2001. Function of gelatine in food applications. **Cereal Food World**. 46 (9): 414-416.
- Shobana, S., and K.A. Naidu. 2000. **Antioxidant activity of selected Indian spices**. Prostaglandins, Leukomenes and Essential Fatty Acids, 62 (2): 107-110.
- Shyu, S. and L.S. Hwang. 2001. Effect of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Research International**, 34: 133-142.
- Stephens NG, Parsons A, Schofield PM, Kelly F, Cheeseman K and MJ. Mitchinson. **Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease : Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS) [see comments]**. Lancet 1996; 347 (9004): 781-6.

- Stone, R. and S.M. Oliver. 1969. Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods, p. 257. *Cited by* M.A. Godshall. **Sucrose Properties and Application**. Blackie Academic and Professional, London. 294 p.
- Tarlidgis, B.G., A.M. Pearson and L.R. Dugan Jr. 1962. The Chemistry of the 2-Thiobarbituric acid Test for the Determination of Oxidative Rancidity in Foods. **J. Am. Oil Chemists Soc.** 39: 34-39.
- Tasi, M.L., C.F. Li and C.Y. Lii. 1997. Effect of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chem.** 74: 750-757.
- Tester, R.F. and W.R. Morrison. 1990. Swelling and gelatinization of cereal, I. Effect of amylopectin, amylase and lipids. **Cereal Chem.** 67: 551-557.
- Van Tilburg, R. 1985. Enzymic isomeration of corn starch-based glucose syrup, pp. 175-236. In G.M.A. van Beynum, and J.A. Role, eds. **Starch Conversion Technology**. Marcel Dekker Inc., New York.
- Vijayanand P., Yadav A.R., Balasubramanyam and Narasimham. 2000. Storage Stability of Guava Fruit Bar Prepared Using a New Process. **Central Food Technological Research**, 33: 132-137.
- Yayalayan VA. 1997. Classification of the Maillard reaction: a conceptual approach. **Trends Food Sci. Technol.** 8: 13-18.
- Roos H. Yrjo. 1995. Phase transitions in foods. **Food Science and Technology**, pp. 112-119. Academic Press, New york.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

**แบบสอบถามสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค
และแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค**

แบบสอบถาม

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจพฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คำชี้แจง : แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ของ น.ส. ปาริสุทธิ สงทิพย์ นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมา จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย / ในวงเล็บ () หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() 10 – 19 ปี

() 20 – 29 ปี

() 30 – 39 ปี

() 40 ปีขึ้นไป

3. การศึกษาสูงสุด

() ต่ำกว่าปริญญาตรี

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- () นิสิต/นักศึกษา () ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
 () พนักงานบริษัทเอกชน () ธุรกิจส่วนตัว
 () อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

- () น้อยกว่า 10,000 บาท () 10,000 – 20,000 บาท
 () 20,001 – 30,000 บาท () สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

6. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวบ่อยเพียงใด

- () มากกว่า 5 ครั้ง/สัปดาห์ () 4 – 5 ครั้ง/สัปดาห์
 () 2 – 3 ครั้ง/สัปดาห์ () 1 ครั้ง/สัปดาห์
 () น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ () อื่น ๆ โปรดระบุ.....

7. ในโอกาสใดบ้างที่ท่านจะรับประทานอาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () เวลาดูหนังสื่อ () ระหว่างชมภาพยนตร์/โทรทัศน์
 () ระหว่างมื้ออาหาร () เมื่อรู้สึกอยากรับประทาน
 () เมื่อรู้สึกหิว () ระหว่างเดินทาง
 () รับประทานแทนอาหารมื้อหลัก () อื่น ๆ โปรดระบุ.....

8. ท่านชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยวที่มีรสชาติอย่างไร

- () รสเค็มนำ () รสหวานนำ
 () มีทั้งรสเค็มและรสหวาน () รสเผ็ดแบบเครื่องเทศ
 () อื่นๆ โปรดระบุ.....

9. ท่านซื้ออาหารขบเคี้ยวด้วยตัวเองหรือไม่

- () ซื้อเอง () ผู้อื่นซื้อให้ (กรุณาข้ามไปตอบข้อ 14)

10. สถานที่ในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () ซูเปอร์มาร์เก็ต (เช่น ท็อปส์, ฟู๊ดโลออนส์)
- () ซูเปอร์สโตร์ (เช่น โลตัส, บิ๊กซี, คาร์ฟูร์)
- () ร้านสะดวกซื้อ (เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น, เฟรชมาร์ท)
- () ร้านโชห่วย (ร้านขายของชำ)

11. เหตุผลในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () สะดวกในการรับประทาน
- () หาซื้อง่าย
- () ต้องการคุณค่าทางอาหาร
- () รสชาติดี อร่อย
- () รับประทานแล้วอิ่ม
- () อื่น ๆ โปรดระบุ.....

12. ท่านซื้ออาหารขบเคี้ยวต่อครั้งปริมาณเท่าใด

- () 1 ห่อเล็ก (10-30 กรัม)
- () 1 ห่อกลาง (31-50 กรัม)
- () 1 ห่อใหญ่ (51-70 กรัม)
- () 1 ห่อใหญ่พิเศษ (71 กรัมขึ้นไป)

13. ในการซื้ออาหารขบเคี้ยวต่อครั้งคิดเป็นจำนวนเงินเท่าไร

- () 5-10 บาท
- () 11-20 บาท
- () 20-30 บาท
- () 30 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 3 : ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

14. ท่านรู้จักผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากรัฐพิชหรือไม่

- () รู้จัก
- () ไม่รู้จัก

15. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากรัฐพิชหรือไม่

- () เคย
- () ไม่เคย

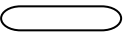
16. หากมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ท่านสนใจหรือไม่

- () สนใจ
- () ไม่สนใจ

17. สมุนไพร ชนิดใดที่ท่านต้องการให้มีในอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | |
|-----------------------------------|---|
| ☐ มะกรูด | ☐ จิง |
| ☐ ขมิ้นชัน | ☐ กระเพรา |
| ☐ อบเชย | ☐ สาหร่ายสาไปรุลิน่า |
| ☐ กระชาย | ☐ ใบบัวบก |

18. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรควรมี รูปร่าง อย่างไร

- | | |
|--|---|
| ☐ แท่งวงกลม  | ☐ แท่งสี่เหลี่ยม  |
| ☐ อื่นๆ โปรดระบุ | |

19. ท่านคิดว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ควรมี สี ใด

- | | |
|---|------------------------------------|
| ☐ สีเหลืองทอง | ☐ สีนํ้าตาล |
| ☐ สีธรรมชาติของวัตถุดิบ (สีของข้าวกล้องและสมุนไพร) | |
| ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... | |

20. ท่านคิดว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ควรมี รสชาติ ใด

- | | |
|--|---|
| ☐ รสหวานนำ | ☐ รสเค็มนำ |
| ☐ มีทั้งรสเค็มและรสหวาน | ☐ รสชาติแบบเครื่องเทศ |
| ☐ รสของสมุนไพร | ☐ อื่นๆ โปรดระบุ |

21. ท่านคิดว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ควรมี เนื้อสัมผัส แบบใด

- | | |
|-----------------------------------|---|
| ☐ กรอบร่วน | ☐ นุ่มเหนียว |
| ☐ กรอบแข็ง | ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ..... |

22. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ควรบรรจุอยู่ในภาชนะ แบบใด

- | | |
|---|---|
| ☐ ซองอูมิเนียมฟลอยด์ | ☐ ซองพลาสติกใส |
| ☐ กล่องกระดาษแข็งทรงกระบอก | ☐ กระป๋องทรงกระบอก |
| ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ..... | |

23. ท่านให้ความสำคัญกับปัจจัยที่ทำให้ท่านตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร (โปรดทำเครื่องหมาย / ตรงช่องที่ท่านต้องการ)

ปัจจัย	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
คุณค่าทางโภชนาการ					
ภาวะบรรจุ					
อายุการเก็บ					
ราคา					
ขนาดบรรจุ					
ความสะดวกในการซื้อ					

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นการวิจัยเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของ น.ส. ปาริสุทธิ์ สงทิพย์ นิสิตปริญญาโทสาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในหัวข้อเรื่อง “การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร” จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านทำการทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม และขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัยในการบริโภคความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้

คำอธิบาย

อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกติดตัว ตอบสนองกับการดำเนินชีวิตประจำวันที่เร่งรีบ แต่ยังคงคุณค่าเพื่อสุขภาพอุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตที่สะอาด มีการพัฒนาคุณภาพเพื่อคงคุณค่าทางโภชนาการ ยืดอายุการเก็บ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ และต้องการผลิตภัณฑ์ที่รับประทานแล้วมีประโยชน์ต่อร่างกาย

ขอขอบพระคุณ
ปาริสุทธิ์ สงทิพย์
ผู้วิจัย

คำแนะนำ: กรุณาใส่เครื่องหมาย✓ในวงเล็บ () ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() หญิง

() ชาย

2. อายุ

() 18-25 ปี

() 26-33 ปี

() 34-41 ปี

() 42-49 ปี

() ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

() ต่ำกว่าปริญญาตรี

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา

() ข้าราชการ

() รัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว

() อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

() น้อยกว่า 10,000 บาท

() 10,000 - 20,000 บาท

() 20,001- 30,000 บาท

() สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 การศึกษาความชอบและการยอมรับของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

1. กรุณาทดสอบอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรแล้วทำเครื่องหมาย✓ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
กลิ่นรสสมุนไพร									
รสชาติ									
ความแข็ง									
ความชอบรวม									

ข้อเสนอแนะ.....

2. ท่านยอมรับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรหรือไม่

() ยอมรับ เพราะ.....

() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

3. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร
บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ขนาดบรรจุ 22.5 กรัม (ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เนสวีต้า ขนาด 22
กรัม ราคา 10 บาท และฟิคแอนฟิว ขนาด 28 กรัม ราคา 19 บาท)

- () น้อยกว่าท้องตลาด โปรดระบุราคา.....บาทต่อชิ้น
- () เท่ากับท้องตลาดคือ 10-20 บาทต่อชิ้น
- () มากกว่าท้องตลาด โปรดระบุราคา.....บาทต่อชิ้น

4. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่เพราะเหตุใด

- () ซื้อ เนื่องจาก (โปรดระบุ).....
.....
- () ไม่ซื้อ เนื่องจาก (โปรดระบุ).....
.....
- () ไม่แน่ใจเนื่องจาก (โปรดระบุ).....
.....

๕๐ ขอขอบคุณค่ะ ๕๑

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการทดสอบ Hedonic Scaling test

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่.....

ตัวอย่าง : ข้าวพอง

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกที่ท่านมีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรณียบวนปากระหว่างตัวอย่าง

สเกลความชอบ

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = เข้มปานกลาง | 5 = เฉยๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก | 9 = ชอบมากที่สุด |

คุณลักษณะ	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
ลักษณะปรากฏ				
สี				
ความแข็ง				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

ใบรายงานผลการทดสอบ Hedonic Scaling test

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่.....

ตัวอย่าง : อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง

คำแนะนำ : ทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามคำอธิบาย

สเกลความชอบ

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

คุณลักษณะ	รหัส	รหัส
ลักษณะปรากฏ		
เนื้อสัมผัส		
ความชอบรวม		

ข้อเสนอแนะ.....

ใบรายงานผลการทดสอบ Hedonic Scaling test

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่.....

ตัวอย่าง : อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกที่ท่านมีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรณียบันทึกไว้ระหว่างตัวอย่าง

สเกลความชอบ

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

คุณลักษณะ	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
สี						
กลิ่นสมุนไพร						
กลิ่นรสสมุนไพร						
ความหวาน						
ความชอบรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

ใบรายงานผลการทดสอบ Hedonic Scaling test

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่.....

ตัวอย่าง : อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกที่ท่านมีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรณบบั่วนากระหว่างตัวอย่าง

สเกลความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

สเกลความรู้สึกรู้สึก

1 = อ่อนมาก

2 = อ่อนปานกลาง

3 = พอดี

4 = เข้มปานกลาง

5 = เข้มมาก

คุณลักษณะ	รหัส		รหัส		รหัส	
	ความชอบ	ความรู้สึกรู้สึก	ความชอบ	ความรู้สึกรู้สึก	ความชอบ	ความรู้สึกรู้สึก
สี						
ปริมาณ						
สตรเบอรรี						
รสหวาน						
ความชอบรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

ตารางผนวกที่ ข1 ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบเชิงพรรณนาปริมาณ

คุณลักษณะ	ตัวอย่างอ้างอิง	ค่าระดับคะแนน
ความมันวาว	ข้าวแตน	3.0
	ถั่วกระจก	13.0
	ตัวอย่างควบคุม A	8.5
	ตัวอย่างควบคุม B	8.4
	ตัวอย่างควบคุม C	7.5
	ตัวอย่างควบคุม D	7.8
กลิ่นรสอบเขย	ชิมผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสอบเขยน้อย (อบเขย ร้อยละ 0.25)	1.0
	ชิมผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสอบเขยมาก (อบเขย ร้อยละ 1.5)	10.0
	ตัวอย่างควบคุม A	3.5
	ตัวอย่างควบคุม B	3.3
	ตัวอย่างควบคุม C	0
	ตัวอย่างควบคุม D	0
กลิ่นหืน	ดมกลิ่นอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้อง และสมุนไพรที่เก็บรักษานาน 1 วัน มีค่า TBA เท่ากับ 0.58	0
	ดมกลิ่นอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้อง และสมุนไพรที่เก็บรักษานาน 3 เดือน มีค่า TBA เท่ากับ 1.64	10.0
	ตัวอย่างควบคุม A	0
	ตัวอย่างควบคุม B	0
	ตัวอย่างควบคุม C	0
	ตัวอย่างควบคุม D	0

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ตัวอย่างอ้างอิง	ค่าระดับคะแนน
การเกาะรวมตัวกันของส่วนผสม	ใช้น้ำมันพืชกึ่งแข็งกึ่งเหลวของตัวอย่างจนแตก	
	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ยี่ห้อ Cereal mix	3.0
	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ยี่ห้อ Pik&fill	14.0
	ตัวอย่างควบคุม A	13.1
	ตัวอย่างควบคุม B	13.3
	ตัวอย่างควบคุม C	11.5
	ตัวอย่างควบคุม D	11.0
ความแข็ง	ใช้ฟันกรามกัด 1 ครั้ง สังเกตแรงที่ใช้ในการกัด	
	ตัวอย่างจนแตก	
	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ยี่ห้อ Gussen	3.0
	อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ยี่ห้อ Pik&fill	12.0
	ตัวอย่างควบคุม A	9.2
	ตัวอย่างควบคุม B	9.4
	ตัวอย่างควบคุม C	7.7
	ตัวอย่างควบคุม D	7.7

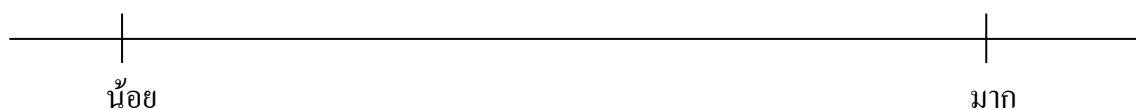
หมายเหตุ ตัวอย่างควบคุม A หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไส้สมุนไพรมะนาวในอูมิเนียมฟอยด์ วันที่ 0
 ตัวอย่างควบคุม B หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไส้สมุนไพรมะนาวในโพลีพรอพิลีน วันที่ 0
 ตัวอย่างควบคุม C หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไส้สมุนไพรมะนาวในอูมิเนียมฟอยด์ วันที่ 0
 ตัวอย่างควบคุม D หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไส้สมุนไพรมะนาวในโพลีพรอพิลีน วันที่ 0

**แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความเข้ม
อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา**

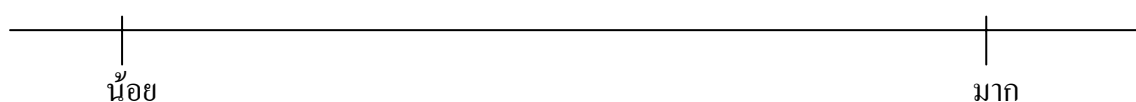
ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทดสอบ.....

คำแนะนำ: กรุณาให้คะแนนความเข้มในแต่ละคุณลักษณะของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าว
กล้องและสมุนไพร โดยทำเครื่องหมาย / บนเส้นที่ซึ่งตรงกับความรู้สึกของท่าน บ้วนปากทุกครั้ง
ก่อนการประเมินตัวอย่างถัดไป

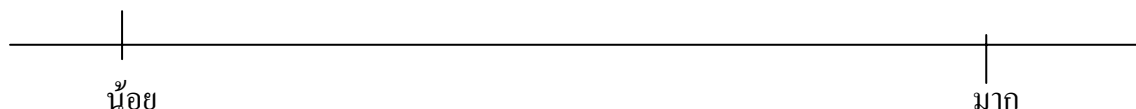
ความมันวาว



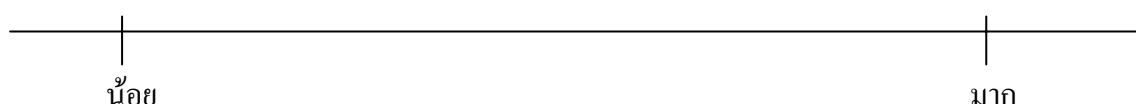
กลิ่นรสอบเขย



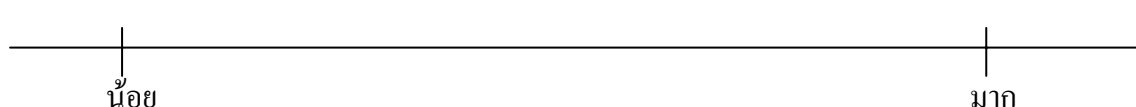
กลิ่นหืน



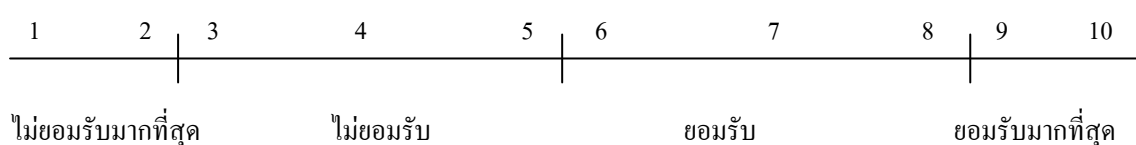
การเกาะรวมตัวกันของส่วนผสม



ความแข็ง



การยอมรับ



ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid number (TBA)

อุปกรณ์

1. เครื่องให้ความร้อนขณะกวน (Heating mantle)
2. เครื่องแก้วที่ใช้สำหรับการกวน
3. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สารเคมี

1. Thiobarbituric acid reagent (TBA Reagent)

เตรียมโดยการละลายกรด Thiobarbituric 2.883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90 แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90

2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 M

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที แล้วเทใส่ขวดสำหรับกวน ตั้งเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่นจำนวน 47.50 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตรเพื่อปรับให้มี pH ต่ำถึง 1.5 เติม Anti-foaming และ Glass bead
3. นำไปกวนโดยให้ความร้อนด้วยเครื่อง Heating mantle กวนจนได้ของเหลวปริมาตร 50 มิลลิลิตร
4. ปิเปตของเหลวที่กวนได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA reagent 5 มิลลิลิตร ปิดฝา เขย่าแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาที
5. ทำ Blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง
6. หลังจากต้มในน้ำเดือดครบ 35 นาที แล้วนำหลอดไปทำให้เย็นภายใน 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร และคำนวณหาค่า TBA

วิธีคำนวณ

TBA number (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) = $7.8 \times \text{OD}$

OD = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในการศึกษา
อายุการเก็บของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

คุณภาพทางกายภาพ แสดงดังตารางผนวกที่ 1-35

ตารางผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าว
กล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30
องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	48.68±0.62 ^b	48.44±0.46 ^b	59.12±0.66 ^a	59.24±0.52 ^a
1	48.09±0.58 ^c	47.97±0.67 ^d	58.85±0.47 ^a	57.85±0.80 ^b
2	47.77±0.56 ^b	47.89±0.52 ^b	57.42±0.75 ^a	57.85±0.55 ^a
3	47.56±0.88 ^c	47.74±0.65 ^c	56.91±0.23 ^b	57.75±0.63 ^a
4	47.54±0.56 ^b	47.66±0.65 ^b	56.61±0.82 ^a	56.66±0.86 ^a
5	47.23±0.6 ^c	47.55±0.52 ^c	54.71±0.63 ^b	56.10±0.53 ^a
6	47.13±0.73 ^b	47.26±0.62 ^b	55.46±0.59 ^a	55.54±0.74 ^a
7	47.05±0.59 ^c	46.66±0.48 ^d	55.17±0.51 ^a	54.85±0.57 ^b
8	46.66±0.89 ^c	46.39±0.78 ^c	52.78±0.38 ^b	54.12±0.7 ^a
9	45.99±0.66 ^c	45.65±0.53 ^c	52.68±0.65 ^b	53.69±0.68 ^a
10	44.86±0.70 ^c	44.62±0.60 ^c	51.76±0.8 ^b	52.02±0.62 ^a

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ๓2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจาก
ข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	-0.55±0.46 ^b	-0.58±0.44 ^b	3.96±0.62 ^a	3.88±0.47 ^a
1	-0.57±0.78 ^b	-0.64±0.65 ^b	3.93±0.74 ^a	3.73±0.65 ^a
2	-0.59±0.74 ^c	-1.12±0.58 ^d	3.37±0.30 ^b	3.68±0.75 ^a
3	-0.64±0.70 ^b	-1.23±0.55 ^c	3.27±0.69 ^a	3.17±0.68 ^a
4	-0.66±0.70 ^b	-1.34±0.68 ^c	3.16±0.65 ^a	3.12±0.37 ^a
5	-1.48±0.31 ^b	-1.53±0.14 ^b	3.07±0.81 ^a	2.92±0.55 ^a
6	-1.68±0.10 ^b	-1.67±0.69 ^b	2.72±0.50 ^a	2.76±0.70 ^a
7	-1.71±0.31 ^b	-1.70±0.47 ^b	2.58±0.37 ^a	2.73±0.64 ^a
8	-1.93±0.74 ^c	-1.73±0.59 ^b	2.47±0.41 ^a	2.62±0.38 ^a
9	-2.48±0.59 ^c	-2.12±0.46 ^b	2.39±0.59 ^a	2.59±0.43 ^a
10	-2.68±0.40 ^d	-2.48±0.56 ^c	2.27±0.60 ^b	2.42±0.80 ^a

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน
หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง
จากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน
ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	27.84±0.46 ^a	27.82±0.62 ^a	23.24±0.51 ^b	23.42±0.28 ^b
1	27.62±0.54 ^a	27.21±0.60 ^a	22.88±0.46 ^c	23.32±0.69 ^b
2	27.50±0.55 ^a	25.27±0.86 ^a	22.50±0.73 ^c	23.20±0.84 ^b
3	25.79±0.54 ^a	25.21±0.61 ^a	21.98±0.48 ^c	23.12±0.56 ^b
4	25.16±0.59 ^a	25.13±0.90 ^a	21.96±0.35 ^c	22.60±0.37 ^b
5	24.93±0.25 ^a	24.77±0.79 ^a	21.93±0.64 ^b	22.03±0.62 ^b
6	24.74±0.82 ^a	24.72±0.59 ^a	21.55±0.56 ^b	21.63±0.74 ^b
7	24.52±0.91 ^a	24.70±0.26 ^a	20.40±0.30 ^c	21.35±0.79 ^b
8	24.39±0.91 ^a	24.01±0.70 ^a	20.30±0.42 ^b	20.45±0.53 ^b
9	23.12±0.67 ^a	23.46±0.40 ^a	19.86±0.65 ^b	19.81±0.63 ^b
10	23.08±0.52 ^a	22.62±0.62 ^a	19.22±0.34 ^b	19.26±0.56 ^b

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

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าว
กล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	0.32±0 ^b	0.32±0 ^b	0.33±0 ^a	0.33±0 ^a
1	0.32±0 ^c	0.33±0 ^b	0.33±0 ^b	0.38±0 ^a
2	0.33±0 ^d	0.37±0 ^b	0.34±0 ^c	0.39±0 ^a
3	0.34±0 ^d	0.38±0 ^c	0.36±0 ^b	0.40±0 ^a
4	0.35±0 ^d	0.38±0 ^b	0.37±0 ^c	0.40±0 ^a
5	0.35±0 ^d	0.39±0 ^b	0.37±0 ^c	0.40±0 ^a
6	0.36±0 ^d	0.41±0 ^b	0.37±0 ^c	0.41±0 ^a
7	0.36±0 ^c	0.41±0 ^a	0.38±0 ^b	0.42±0 ^a
8	0.38±0 ^c	0.41±0 ^b	0.38±0 ^c	0.42±0 ^a
9	0.38±0 ^d	0.43±0 ^b	0.39±0 ^c	0.43±0 ^a
10	0.39±0 ^c	0.43±0 ^a	0.41±0 ^b	0.43±0 ^a

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน
หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง
และ ข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30
องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	67.48±0.32 ^a	58.64±0.35 ^b	59.12±0.62 ^b	29.32±0.44 ^c
1	67.24±0.33 ^a	58.20±0.25 ^b	58.09±0.75 ^b	28.39±0.60 ^c
2	64.47±0.38 ^a	49.32±0.57 ^c	57.87±0.95 ^b	22.6±0.40 ^a
3	63.58±0.81 ^a	46.89±0.73 ^c	54.49±0.79 ^b	17.26±0.97 ^d
4	63.32±0.75 ^a	42.88±0.88 ^b	39.94±0.81 ^c	17.01±0.74 ^d
5	61.66±0.33 ^a	38.92±0.38 ^b	37.74±0.96 ^b	16.09±0.31 ^c
6	59.11±0.27 ^a	32.55±0.62 ^{bc}	33.85±0.46 ^b	13.59±0.80 ^d
7	55.90±0.69 ^a	27.31±0.70 ^c	33.23±0.70 ^b	12.38±0.49 ^d
8	55.84±0.86 ^a	19.54±0.47 ^c	24.08±0.34 ^b	10.62±0.34 ^d
9	48.57±0.35 ^a	13.07±0.60 ^c	23.58±0.90 ^b	9.84±0.41 ^d
10	46.30±0.42 ^a	11.04±0.50 ^c	22.83±0.60 ^b	8.10±0.32 ^d

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน
หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางเคมี แสดงดังตารางผนวกที่ ๖-๖8

ตารางผนวกที่ ๖ การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และ ข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	1.08±0.02 ^c	1.08±0.04 ^c	1.40±0.07 ^b	1.40±0.07 ^a
1	1.10±0.02 ^c	1.11±0.04 ^c	1.43±0.07 ^b	2.00±0.18 ^a
2	1.72±0.12 ^d	2.86±0.07 ^c	2.10±0.16 ^b	3.10±0.03 ^a
3	2.93±0.09 ^c	3.57±0.11 ^b	3.72±0.11 ^b	4.02±0.04 ^a
4	3.03±0.03 ^c	3.71±0.08 ^b	2.89±0.08 ^c	4.17±0.23 ^a
5	3.13±0.07 ^d	3.95±0.12 ^{ab}	3.716±0.09 ^c	4.17±0.23 ^a
6	3.51±0.26 ^d	3.98±0.167 ^b	3.78±0.21b ^c	4.39±0.09 ^a
7	3.66±0.10 ^c	4.09±0.08 ^b	3.94±0.07 ^b	4.52±0.07 ^a
8	3.77±0.08 ^d	4.19±0.04 ^b	3.97±0.03 ^c	4.48±0.07 ^a
9	4.09±0.11 ^c	4.43±0.08 ^b	4.11±0.06 ^c	4.61±0.09 ^a
10	4.21±0.01 ^c	4.48±0.07 ^b	4.22±0.06 ^c	4.72±0.18 ^a

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) ของอาหารขบเคี้ยว
ชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บ

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	0.58±0 ^a	0.58±0 ^a	0.47±0 ^b	0.47±0 ^b
1	0.70±0 ^b	0.78±0 ^a	0.47±0 ^d	0.62±0 ^c
2	0.78±0 ^b	0.86±0 ^a	0.47±0 ^c	0.78±0 ^b
3	0.78±0 ^b	0.86±0 ^a	0.62±0 ^c	0.86±0 ^a
4	0.78±0 ^c	0.94±0 ^b	0.62±0 ^d	1.01±0 ^a
5	0.78±0 ^c	0.94±0 ^b	0.70±0 ^d	1.25±0 ^a
6	0.78±0 ^c	1.09±0 ^b	0.78±0 ^c	1.25±0 ^a
7	0.86±0 ^d	1.17±0 ^b	0.94±0 ^c	1.33±0 ^a
8	1.01±0 ^d	1.33±0 ^b	1.09±0 ^c	1.40±0 ^a
9	1.01±0 ^d	1.33±0 ^b	1.17±0 ^c	1.56±0 ^a
10	1.01±0 ^d	1.40±0 ^b	1.33±0 ^c	1.64±0 ^a

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน
หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของกาเกิดออกซิเดชัน (Induction period) ของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	6.21±0.7 ^b	6.20±0.8 ^b	6.57±0.6 ^a	6.60±0.7 ^a
2	5.99±0.4 ^b	5.91±0.6 ^b	6.21±0.5 ^a	6.12±0.4 ^a
4	5.93±0.6 ^a	5.54±0.3 ^b	5.91±0.4 ^a	5.44±0.6 ^c
6	5.73±0.8 ^a	5.15±0.6 ^b	5.72±0.7 ^a	4.52±0.7 ^c
8	5.59±0.7 ^a	4.91±0.5 ^c	5.47±0.6 ^b	4.43±0.4 ^d
10	5.45±0.4 ^a	4.00±0.6 ^c	4.28±0.6 ^b	3.90±0.6 ^c

หมายเหตุ a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางผนวกที่ 9-ง14

ตารางผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มข้นความมันวาวของอาหารขบเคี้ยวชนิด
แท่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิด
กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	8.50±0.30 ^a	8.50±0.43 ^a	7.81±0.39 ^b	7.80±0.29 ^b
1	8.49±0.24 ^a	8.50±0.20 ^a	7.81±0.19 ^b	7.78±0.30 ^b
2	8.48±0.24 ^a	8.51±0.20 ^a	7.80±0.19 ^b	7.77±0.30 ^b
3	8.49±0.16 ^a	8.49±0.25 ^a	7.78±0.18 ^b	7.75±0.24 ^b
4	8.51±0.17 ^a	8.49±0.16 ^a	7.82±0.40 ^b	7.72±0.44 ^b
5	8.48±0.19 ^a	8.37±0.28 ^a	7.79±0.28 ^b	-
6	8.50±0.13 ^a	8.40±0.22 ^a	7.71±0.27 ^b	-
7	8.50±0.21 ^a	-	7.79±0.21 ^b	-
8	8.43±0.16 ^a	-	7.72±0.22 ^b	-
9	8.49±0.22 ^a	-	-	-
10	8.45±0.16 ^a	-	-	-

หมายเหตุ a - b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านกลิ่นรสอบเชยของอาหารขบเคี้ยว
ชนิดแท่งข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิด
กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	3.50±0.27 ^a	3.49±0.35 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
1	3.50±0.47 ^a	3.47±0.43 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
2	3.47±0.42 ^a	3.46±0.21 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
3	3.49±0.17 ^a	3.49±0.22 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
4	3.48±0.38 ^a	3.48±0.33 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
5	3.48±0.24 ^a	3.47±0.28 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
6	3.46±0.26 ^a	3.47±0.23 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
7	3.48±0.42 ^a	-	0.00 ^b	0.00 ^b
8	3.47±0.21 ^a	-	0.00 ^b	0.00 ^b
9	3.49±0.23 ^a	-	0.00 ^b	0.00 ^b
10	3.48±0.20 ^a	-	0.00 ^b	0.00 ^b

หมายเหตุ a - b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

0.00 หมายถึง ไม่พบกลิ่นรสอบเชยเนื่องจากตัวอย่างไม่ใส่สมุนไพร

ตารางผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มข้นด้านกลิ่นหืนของอาหารขบเคี้ยวชนิด
แท่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิด
กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยด์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
1	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
2	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	2.66±0.27 ^a
3	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	4.21±0.39 ^a
4	0.00 ^c	1.30±0.38 ^b	0.00 ^c	7.39±0.44 ^a
5	0.00 ^b	2.55±0.34 ^a	0.00 ^b	-
6	0.00 ^c	6.69±0.54 ^a	2.11±0.33 ^b	-
7	0.00 ^b	-	3.29±0.46 ^a	-
8	1.97±0.24 ^b	-	5.25±0.61 ^a	-
9	3.02±0.42 ^b	-	7.03±0.29 ^a	-
10	6.16±0.55 ^a	-	-	-

หมายเหตุ a - c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านการเกาะตัวกันของส่วนผสมของ
อาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ
ในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บ
รักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	13.14±0.18 ^a	13.30±0.25 ^a	11.55±0.38 ^b	11.51±0.44 ^b
1	13.11±0.47 ^a	12.79±0.33 ^b	11.40±0.57 ^c	11.27±0.37 ^c
2	12.97±0.46 ^a	12.77±0.35 ^a	11.36±0.38 ^b	10.71±0.37 ^c
3	12.92±0.69 ^a	11.43±0.67 ^b	11.30±0.63 ^b	9.98±0.50 ^c
4	13.53±0.58 ^a	11.51±0.47 ^b	11.26±0.38 ^c	9.26±0.65 ^d
5	12.90±0.68 ^a	11.26±0.69 ^b	11.28±0.39 ^b	-
6	11.27±0.56 ^a	10.50±0.48 ^b	11.27±0.42 ^a	-
7	11.74±0.54 ^a	-	11.12±0.58 ^b	-
8	11.39±0.47 ^a	-	11.10±0.53 ^a	-
9	11.10±0.65 ^a	-	-	-
10	9.98±0.66 ^a	-	-	-

หมายเหตุ a - c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางผนวกที่ 13 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มด้านความแข็งแรงของอาหารขบเคี้ยวชนิด
แท่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุ ในภาชนะต่างชนิด
กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	9.45±0.62 ^a	9.46±0.22 ^a	7.68±0.57 ^b	7.68±0.48 ^b
1	9.24±0.64 ^a	8.88±0.58 ^b	7.47±0.76 ^c	7.17±0.51 ^c
2	9.14±0.38 ^a	8.44±0.29 ^b	7.28±0.65 ^c	6.47±0.45 ^d
3	8.86±0.60 ^a	8.11±0.51 ^b	6.64±0.76 ^c	6.41±0.65 ^c
4	8.62±0.68 ^a	8.05±0.47 ^b	6.53±0.60 ^c	6.50±0.58 ^c
5	8.58±0.79 ^a	7.51±0.70 ^b	6.38±0.45 ^c	-
6	8.44±0.64 ^a	6.96±0.78 ^b	6.16±0.59 ^c	-
7	8.21±0.54 ^a	-	5.78±0.35 ^b	-
8	8.11±0.58 ^a	-	5.30±0.23 ^b	-
9	7.95±0.5 ^a	-	-	-
10	7.30±0.74 ^a	-	-	-

หมายเหตุ a - c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน

หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางผนวกที่ 14 คะแนนการยอมรับแบบ Overall quality rating ของอาหารขบเคี้ยวชนิด
แท่งจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องและสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิด
กัน ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ อลูมิเนียมฟอยล์	ไม่ใส่สมุนไพรบรรจุ โพลีพรอพิลีน
0	7.50±0.53 ^a	7.50±0.53 ^a	7.38±0.52 ^a	7.38±0.52 ^a
1	7.30±0.48 ^a	7.30±0.58 ^a	7.30±0.48 ^a	7.30±0.51 ^a
2	7.10±0.32 ^a	6.90±0.38 ^b	6.80±0.45 ^c	5.90±0.32 ^b
3	6.89±0.33 ^a	6.67±0.50 ^a	6.78±0.44 ^a	5.11±0.62 ^c
4	6.72±0.68 ^a	6.40±0.52 ^b	6.60±0.52 ^a	2.70±0.48 ^c
5	6.50±0.53 ^a	6.00±0.47 ^b	6.50±0.50 ^a	-
6	6.40±0.64 ^a	3.60±0.78 ^b	6.20±0.59 ^a	-
7	6.10±0.32 ^a	-	5.70±0.48 ^b	-
8	6.00±0.00 ^a	-	3.30±0.23 ^b	-
9	5.50±0.63 ^a	-	-	-
10	3.90±0.74 ^a	-	-	-

หมายเหตุ a - c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน
หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
- หมายถึง ไม่ทำการทดสอบเนื่องจากตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ภาคผนวก จ

การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร

สูตรอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรที่พัฒนาได้ประกอบด้วย ส่วนผสม (ของแห้ง) ได้แก่ ข้าวพอง ร้อยละ 36 ถั่วลิสงคั่ว ร้อยละ 7.7 งาขาว ร้อยละ 3.9 งาดำ ร้อยละ 3.9 สตอร์เบอร์รี่อบแห้ง ร้อยละ 7.7 อบเชย ร้อยละ 0.3 ขมิ้นร้อยละ 0.3 และสาหร่ายสไปรูลิน่า ร้อยละ 0.6 และน้ำเชื่อม ได้แก่ ไฮฟรุคโทส ไชรัป กลูโคส ไชรัป น้ำตาลทราย เกลือ เนย ร้อยละ 16, 8, 4, 0.6, และ 11 ตามลำดับ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ 5 ชิ้น (คิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ)

โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดมีรายละเอียดของราคาดังต่อไปนี้ (ราคาเมื่อเดือนเมษายน 2550)

ข้าวพอง คิดจาก ข้าวกล้อง (ข้าวเหนียว พันธุ์ กข 6) 1000 กรัม ราคา 27 บาท และน้ำมันรำข้าว ตรากิง 1 ลิตร ราคา 36.5 บาท ดังนั้น ข้าวพอง 45.5 กรัม ราคาเท่ากับ 1.40 บาท

ถั่วลิสง ตราไร้ทิพย์ 500 กรัม ราคา 35 บาท ดังนั้น ถั่วลิสง 9.75 กรัม ราคาเท่ากับ 0.68 บาท

งาขาว ตราไร้ทิพย์ 500 กรัม ราคา 35 บาท ดังนั้น งาขาว 4.88 กรัม ราคาเท่ากับ 0.34 บาท

งาดำ ตราไร้ทิพย์ 500 กรัม ราคา 35 บาท ดังนั้น งาดำ 4.88 กรัม ราคาเท่ากับ 0.34 บาท

สตอร์เบอร์รี่อบแห้ง ตราดอยคำ 1000 กรัม ราคา 500 บาท ดังนั้น สตอร์เบอร์รี่อบแห้ง 9.75 กรัม ราคาเท่ากับ 4.87 บาท

ไฮฟรุคโทส ไชรัป บริษัทเจ้าคุณเกษรพืชผล จำกัด 5000 กรัม ราคา 185 บาท ดังนั้น ไฮฟรุคโทส ไชรัป 20 กรัม ราคาเท่ากับ 0.74 บาท

กลูโคส ไชรัป ตราเฟรนด์ชิป 480 กรัม ราคา 15 บาท ดังนั้น กลูโคส ไชรัป 10 กรัม ราคาเท่ากับ 0.31 บาท

การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร (ต่อ)

น้ำตาลทราย ตราวังขนาย 1000 กรัม ราคา 17 บาท ดังนั้น น้ำตาลทราย 5 กรัม ราคาเท่ากับ 0.08 บาท

เกลือ ตราปรุทิพย์ 500 กรัม ราคา 5 บาท ดังนั้น เกลือ 0.8 กรัม ราคาเท่ากับ 0.008 บาท

เนย ตราออร์คิด 227 กรัม ราคา 35 บาท ดังนั้น เนย 14 กรัม ราคาเท่ากับ 2.16 บาท

อบเชย ตรามือที่หนึ่ง 45 กรัม ราคา 18 บาท ดังนั้น อบเชย 0.38 กรัม ราคาเท่ากับ 0.15 บาท

ขมิ้น ตรามือที่หนึ่ง 45 กรัม ราคา 18 บาท ดังนั้น ขมิ้น 0.38 กรัม ราคาเท่ากับ 0.15 บาท

สาหร่ายสไปรูลิน่า บริษัทสยามแอลจี จำกัด 500 กรัม ราคา 900 บาท ดังนั้น สาหร่ายสไปรูลิน่า 0.75 กรัม ราคาเท่ากับ 1.35 บาท

รวมราคาคำนวณวัตถุดิบของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร จำนวน 5 ชิ้น มีราคาเท่ากับ 12.57 บาท ดังนั้นราคาคำนวณการผลิตต่อ 1 ชิ้น มีค่าเท่ากับ 2.51 บาท

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปาริสุทธิ์ สงทิพย์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 มกราคม พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วทบ. สาธารณสุขศาสตร์ (อาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยมหิดล
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี การศึกษา 2549 ทุนผู้ช่วยสอน จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2548-2549